



TESINA DE LICENCIATURA

Título: Interacción tangible en aplicaciones educativas. Diseño e implementación de un prototipo basado en este paradigma de interacción orientado al aprendizaje colaborativo.

Autores: Artola Verónica

Director: Sanz Cecilia, Giacomantone Javier

Codirector:

Asesor profesional:

Carrera: Licenciatura en Sistemas

Resumen

La presente tesina hace foco en el área de Interacción Persona-Ordenador (IPO), en particular estudia aspectos vinculados con la Interacción Tangible y sus posibilidades en el escenario educativo. Se llevó adelante una revisión bibliográfica que permitió analizar: diferentes paradigmas de IPO, el concepto de Interacción Tangible, antecedentes en relación a su uso en el ámbito educativo, entre otros. En particular, se puso especial énfasis en el estudio de superficies horizontales aumentadas computacionalmente (tabletops). Se abordó una necesidad educativa vinculada a experimentar el trabajo colaborativo para alumnos de postgrado de esta Facultad. Se inició, luego, el diseño y desarrollo de un prototipo basado en interacción tangible sobre una tabletop. De esta manera, se logró la aplicación de los conocimientos teóricos estudiados y la realización de un aporte a una asignatura específica. El desarrollo realizado, denominado ITCOL, implementa un juego de detectives que debe ser resuelto de manera colaborativa por un equipo. Propone, a través del uso de objetos cotidianos, la interacción con un software que plantea una serie de interrogantes a resolver, y vincula al equipo con las características de una actividad educativa colaborativa. Se llevó adelante una evaluación de ITCOL. Se presentan aquí resultados, conclusiones y trabajos futuros.

Palabras Claves

Interacción Persona-Ordenador, Interacción Tangible, Tabletop, Aprendizaje y Trabajo Colaborativo en contextos educativos,

Conclusiones

A través de las evaluaciones realizadas en el marco de la tesina, es posible vislumbrar que la Interacción Tangible (IT) ofrece oportunidades para el desarrollo de actividades educativas colaborativas, dado que permite que el grupo se concentre en el objetivo a cumplir y la tecnología no resulte un distractor. El diseño y desarrollo de ITCOL constituye un primer paso en la utilización de IT en el contexto del seminario de postgrado para el cual se implementó. Este permite que se registre lo ocurrido en una sesión de trabajo.

Trabajos Realizados

- Revisión bibliográfica sobre IPO, Interacción Tangible y sus antecedentes en el área educativa.
- Puesta a punto de la tabletop usada para la tesina.
- Estudio sobre temas relacionados con el aprendizaje colaborativo. Entrevistas con docentes de la asignatura de postgrado con la que se vinculó esta investigación aplicada.
- Diseño e implementación de un prototipo de interacción tangible (ITCOL).
- Evaluación de ITCOL. Análisis de resultados.

Trabajos Futuros

Se proponen modificaciones al prototipo desarrollado tales como: Incluir un ranking de performance de los diferentes equipos que participan, mejorar el feedback de algunas acciones y recuperar una sesión previa. Por otra parte se implementará una aplicación complementaria que tome los registros de la sesión y ofrezca información estadística a los docentes. Finalmente, se continuará en esta investigación con desarrollo de una herramienta de autor para la creación de actividades educativas similares a ITCOL.

Agradecimientos

A mi familia, por su apoyo incondicional y en especial a mis padres por darme la oportunidad de estudiar.

A Nicolás, por su paciencia y colaboración en todo momento.

A mis directores, Cecilia Sanz y Javier Giacomantone, por permitirme realizar la tesina de grado bajo su dirección y por los conocimientos brindados, indispensables para el desarrollo del presente trabajo.

A las personas que colaboraron en las pruebas realizadas, ya que sin ellas hubiese sido imposible evaluar el trabajo.

A los miembros del III-LIDI que han aportado su granito de arena y al instituto, por facilitarme el acceso a los recursos necesarios para realizar este trabajo.

A Franco, por su ayuda en distintas instancias de la tesina.

A todos ellos, GRACIAS.

Tabla de contenido

Capítulo 1 – Introducción. Objetivos y motivación	7
1. Introducción	8
2. Objetivos	8
2.1. Objetivo General	8
2.2. Objetivos Específicos	8
3. Motivación	9
4. Desarrollos propuestos	12
5. Estructura del trabajo	13
Capítulo 2 – Interacción Persona–Ordenador. Conceptos introductorios.....	15
1. Introducción	16
2. Definición de interacción persona–ordenador	16
3. Aportes relevantes en la historia de IPO	18
3.1. Hitos en la interacción persona–ordenador	19
3.2. Otros avances en el área de IPO	23
4. Paradigmas de Interacción Persona – Ordenador	26
4.1. Concepto de paradigma.....	26
4.2. Clasificaciones de paradigmas de Interacción Persona– Ordenador ...	28
5. Conclusión.....	35
Capítulo 3 – Interacción Tangible. Conceptos introductorios	36
1. Introducción	37
2. Interfaz de usuario Tangible (TUI: Tangible User Interface).....	37
3. Clasificación de las TUIs.....	41
3.1. Clasificación de las TUIs por grado de coherencia	41
3.2. Clasificación de las TUIs por contenedores, tokens y herramientas ..	42
3.3. Clasificación de las TUIs por nivel de tangibilidad	42
4. TUIs y tabletops en el ámbito educativo	43

4.1. Reflexiones generales sobre el uso de TUI en educación	43
4.2. Tabletops en las aulas	45
4.3. Experiencias de utilización de tabletops en Educación	46
5. Conclusión.....	49
Capítulo 4 – Tabletops y el diseño de VisionAR	51
1. Introducción	52
2. Fiduciales y su detección utilizando ReactIVision.....	52
2.1. ReactIVision 1.4	53
3. Descripción del modelo de Nikvision.....	59
4. Armado de la tabletop VisionAR.....	60
5. Resumen.....	66
Capítulo 5 – Caso de Estudio. Diseño de un prototipo de Interacción Tangible	67
1. Introducción	68
2. Aprendizaje colaborativo	68
2.1. Tipos de colaboración.....	73
3. Caso de estudio: necesidad educativa que da origen al diseño de prototipo.....	74
4. ITCOL	78
4.1. Puesta a prueba del juego sin mediación digital.....	79
5. Diseño del prototipo de Interacción Tangible: ITCOL.....	81
5.1. Decisiones generales vinculadas a la dinámica del ITCOL.....	82
5.2. Etapas	83
6. Resumen.....	91
Capítulo 6 – ITCOL. Implementación del prototipo.....	92
1. Introducción	93
2. Aspectos técnicos de la implementación de ITCOL	93
2.1. Biblioteca TUIO-AS3	94
2.2. Simulador para pruebas	96

3. Implementación del prototipo	97
4. Resumen.....	110
Capítulo 7 – Experiencias de uso del prototipo. Resultados obtenidos	111
1. Introducción	112
2. Metodología de desarrollo de las experiencias	112
2.1. Sesiones informales de prueba del prototipo en evolución.....	114
3. Sesiones formales programadas.....	117
3.1. Sesión 1.....	117
3.2. Sesión 2.....	120
3.3. Sesión 3.....	121
3.4. Sesión 4.....	123
4. Resultados más importantes	125
5. Resumen.....	126
Capítulo 8 – Conclusiones y trabajos futuros.....	128
1. Introducción	129
2. Principales conclusiones	129
3. Trabajo futuro	131
Bibliografía	133

Índice de Figuras

Capítulo 2 – Interacción Persona–Ordenador. Conceptos introductorios

Figura 2.1 – Ciencias que se relacionan con el HCI	17
Figura 2.2 – Evolución de las formas de interacción a través de manipulación de objetos gráficos, uso de mouse y uso de ventanas.	22
Figura 2.3 – Comparación de paradigmas de interacción	32

Capítulo 3 – Interacción Tangible. Conceptos introductorios

Figura 3.1 – Transición de la HCI	39
---	----

Figura 3.2 – Interacción Tangible de usuario	40
Figura 3.3 – Modelo de interacción de la Interfaz de Usuario Tangible	41
Figura 3.4 – En esta imagen se muestra el uso de TinkerLamp, basada en Interacción Tangible	47
Capítulo 4 – Tabletops y el diseño de VisionAR	
Figura 4.1– ReactTable desarrollada por el Music Technology Group	53
Figura 4.2 – Marcadores fiduciales de ReactIVision	54
Figura 4.3 – Esquema de uso de las aplicaciones TUIO	55
Figura 4.4 – Fotograma convertido a blanco y negro	56
Figura 4.5 – Menú de configuración de ReactIVision 1.4	57
Figura 4.6 – Imagen capturada por la cámara	58
Figura 4.7 – Imagen captura por la cámara	59
Figura 4.8 – Arquitectura de la tabletop Nikvision.	60
Figura 4.9 – Estructura de VisionAR	61
Figura 4.10 – VisionAR armada	61
Figura 4.11 – Cámara PS3 Eye	62
Figura 4.12 – Barra de leds infrarrojos.....	62
Figura 4.13 – Interior de la mesa VisionAR armada con los leds colocados cerca de la superficie de la mesa	63
Figura 4.14 – Imagen tomada por la cámara con leds colocados en los laterales de la mesa.....	63
Figura 4.15 – Mesa VisionAR	64
Figura 4.16 – Utilización del lápiz	64
Figura 4.17 – Usuarios utilizando el lápiz	65
Figura 4.18 – Fiduciales desgastados por el uso	65
Capítulo 5 – Caso de Estudio. Diseño de un prototipo de Interacción Tangible	
Figura 5.1 – Esquema de los jugadores en la mesa en el inicio de una etapa	82

Figura 5.2 – Esquema de un jugador ubicado frente a la mesa con el video de presentación del caso	83
Figura 5.3 – Esquema de un jugador ubicado frente a la mesa en la primer etapa	84
Figura 5.4 – Esquema de un jugador ubicado frente a la mesa y un objeto apoyado en el área de interacción	85
Figura 5.5 – Esquema de los jugadores ubicados frente a la mesa en la segunda etapa interactuando con un objeto token	86
Figura 5.6– Esquema de los jugadores ubicados frente a la mesa en la segunda etapa.....	87
Figura 5.7 – Esquema de los jugadores ubicados frente a la mesa en la segunda etapa interactuando con un objeto de pista extra.....	88
Figura 5.8 – Esquema de los jugadores ubicados frente a la mesa en la segunda etapa solicitando información sobre la relación de dos objetos .	88
Figura 5.9 – Esquema la última etapa	89
Figura 5.10 – Esquema de pedido de confirmación de la respuesta otorgada con dos objetos colocado como respuesta	90
Figura 5.11 – Esquema de respuesta a la conclusión del equipo.	91
Capítulo 6 – ITCOL. Implementación del prototipo	
Figura 6.1 – Estructura de la biblioteca TUIO-AS3	94
Figura 6.2 – Ejemplo de uso de TuioManager	96
Figura 6.3 – Ejemplo de información ofrecida por la clase TuioDebug	96
Figura 6.4 – TUIOSimulator	97
Figura 6.5 – Estructura del archivo xml utilizado para configurar el juego..	98
Figura 6.6 – Objeto tangible	99
Figura 6.7 – Inicio de la primera etapa de la aplicación.....	100
Figura 6.8 – Primera etapa de la aplicación	101
Figura 6.9 – Primera etapa de la aplicación. Interacción con un objeto pista	102
Figura 6.10 – Objeto usado en una sesión	102

Figura 6.11 – Inicio de segunda etapa de la aplicación	103
Figura 6.12 – Segunda etapa de la aplicación	104
Figura 6.13 – Segunda etapa de la aplicación. Interacción con pista extra	104
Figura 6.14 – Segunda etapa de la aplicación. Interacción con dos objetos buscando relaciones	105
Figura 6.15 – Segunda etapa de la aplicación. Interacción con token	106
Figura 6.16 – Uso del objeto token	106
Figura 6.17 – Inicio de tercera etapa de la aplicación	107
Figura 6.18 – Tercera etapa de la aplicación	107
Figura 6.19 – Resultado de partida	108
Figura 6.20 – Solución del caso	110
Capítulo 7 – Experiencias de uso del prototipo. Resultados obtenidos	
Figura 7.1 – Desarrollo de la primer etapa del juego durante la primer prueba formal	118
Figura 7.2 – Desarrollo de la segunda etapa en la primer prueba formal .	119
Figura 7.3 – Desarrollo de la segunda prueba formal	121
Figura 7.4– Desarrollo de la tercera prueba formal.	123
Figura 7.5 – Desarrollo de la cuarta prueba formal	125

Índice de tablas

Tabla 1 – Matriz referida a la clasificación de procesos colaborativos según las dimensiones tiempo y espacio	74
Tabla 2 – Cálculo de calificación del equipo	109

Capítulo 1

Introducción

Objetivos y motivación

1. Introducción

En este capítulo se dará una breve introducción sobre los temas que se abordarán en esta tesina, comenzando por los objetivos y la motivación que generó la vinculación con esta temática, y concluyendo con un repaso sobre la estructura de la tesina.

Se presenta un desarrollo de investigación aplicada, el cual se basa en un prototipo de aplicación educativa para una mesa de Interacción Tangible.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Investigar las posibilidades de las interfaces de Interacción Tangible en el marco del ámbito educativo.

2.2. Objetivos Específicos

Estudiar diferentes paradigmas de IPO (Interacción Persona–Ordenador)

Analizar las posibilidades que ofrecen las interfaces de Interacción Tangible específicamente en aplicaciones del ámbito educativo. Generar un análisis de antecedentes en este sentido.

Diseñar y desarrollar un prototipo de software educativo basado en interfaces tangibles como resultado de las investigaciones previas, que se oriente a mejorar la naturalidad de la interacción para el grupo destinatario seleccionado. En particular, se diseñará un juego para abordar la temática de aprendizaje colaborativo, en el marco de un curso de postgrado en el que participan profesionales de diferentes disciplinas.

3. Motivación

En la actualidad los sistemas informáticos se han extendido prácticamente a todos los ámbitos. Sin embargo, muchas personas aún muestran cierta reticencia a su uso debido al manejo poco natural que presentan. Las dificultades se acentúan en mayor medida en los niños más pequeños (3-6 años) y en las personas adultas. Las limitaciones en sus capacidades hacen que el usuario tenga que dedicar tiempo al aprendizaje del uso de estos dispositivos, lo que provoca una ruptura en la fluidez de las actividades y una disminución de la motivación en utilizar este tipo de tecnología (Marco, 2010) (Sánchez, 2011). Al mismo tiempo, las tendencias actuales de ofrecer una interacción cada vez más transparente, donde la computadora en sí misma pierda el foco de atención y se vuelva una herramienta a través de la cual el usuario trabaja, invisible a su conciencia, hacen hablar hoy día del "ordenador invisible" (Norman, 1998). En trabajos grupales resulta necesario optimizar la idea de que la tecnología con la que se trabaja no resulte un obstáculo para el grupo. Es decir, no se debiera obstaculizar la tarea con el uso de herramientas informáticas que resulten poco naturales y dispersen la atención del grupo.

El uso de dispositivos con interfaces tangibles puede suponer un cambio en la actitud de las personas frente a las nuevas tecnologías. El objetivo detrás de las interfaces tangibles es permitir la interacción con las computadoras a través de objetos familiares, combinando la experiencia del usuario en el mundo táctil con el poder de la tecnología (Ishii, 1997).

A principios de los años 90', la llegada de dispositivos como las computadoras portátiles y asistentes personales digitales (PDA), marcó el inicio de la era que Mark Weiser¹ llamó "computación ubicua" (Weiser, 1991). Se previó entonces la aparición de computadoras que podrían ser desde grandes paneles en una pared, a pequeños dispositivos de bolsillo para tomar notas. Planteó una nueva forma de interacción con la tecnología, donde las computadoras no están vinculadas al escritorio sino integrados en todos los aparatos y aspectos de nuestras vidas; y las personas se relacionan con ellos de forma

¹ Mark Weiser (Chicago – Illinois, 23 de julio de 1952 – 27 de abril de 1999) director del Laboratorio de Ciencias de la Computación de Xerox Palo Alto y profesor en la Universidad de Maryland. Adquirió reconocimiento mundial en 1991 con el trabajo "The Computer for the 21st Century"

transparente. Esta tendencia ha continuado en los últimos tiempos, y se mantiene vigente en nuestros días con la aparición de los teléfonos inteligentes, así como las netbooks, entre otros (Müller, 2010).

El contexto de la computación ubicua puede enriquecerse con las tabletops. Las tabletops son superficies horizontales aumentadas computacionalmente. El término tabletop fue utilizado por primera vez en la literatura de investigación en el año 2001 por Dietz y Leigh (Dietz, 2001) y Tandler et al (Tandler, 2001). Así como las computadoras de escritorio y las portátiles resaltan la ubicación de la computadora o de la pantalla, las tabletops se distinguen por proporcionar una orientación horizontal de la pantalla permitiendo apoyar sobre ellas objetos físicos. Las tabletops son adecuadas para realizar interfaces grupales de acceso igualitario, donde los usuarios interactúan directamente con la información digital sin necesidad de un teclado o mouse.

Las mesas forman parte de nuestra vida cotidiana. Las usamos en nuestras casas y en el trabajo, para jugar y comer, y para realizar tareas de manera colaborativa. Dada la ubicuidad de una de las formas más antiguas del mundo de los muebles, los investigadores han previsto la integración de las computadoras en las mesas. Después de casi dos décadas de investigación, desarrollo y diseño de productos, la tecnología interactiva de visualización horizontal ha llegado a un alto nivel de madurez (Müller, 2012).

Los beneficios de los sistemas tangibles se observan en una gran diversidad de áreas. Existen enormes posibilidades en la educación (O'Malley, 2004) (Marshall, 2007), creatividad (Ryokai, 2007) (Fontijn, 2005), trabajo colaborativo y relación social (Rizzo, 2007) (Soler, 2009). Actualmente se están mostrando enormes potencialidades en el ámbito educativo, y es en este aspecto, donde nos proponemos enmarcar esta tesis. En particular, nos centraremos en aplicaciones para el escenario educativo, que permitirán evaluar nuevas formas de participación y de acceso a herramientas de apoyo para el aprendizaje.

Las teorías del aprendizaje y la cognición ofrecen una fundamentación adecuada para el valor de la Interacción Tangible en el apoyo del aprendizaje (O'Malley, 2004) (Antle, 2007) (Price, 2003), siendo compatible con las teorías del aprendizaje (Bruner, 1973), la construcción de los modelos (Papert, 1980)

(Resnick, 1996); y la actividad colaborativa y transformadora de la comunicación (Pea, 1994). Las tabletops interactivas pueden ofrecer un beneficio significativo a las actividades educativas al combinar el estilo de interacción de trabajo tradicional, presencial, con las mejoras de los medios digitales abriendo posibilidades de acción en el ámbito educativo. La disposición de los usuarios alrededor de una mesa refuerza la interacción humana y el contacto visual entre alumnos y educadores. A su vez, el uso de entornos virtuales, animaciones y sonido son un importante estímulo para el alumno, reforzando su motivación durante la realización de las tareas. Por otro lado, las tabletops podrían ayudar a resolver el problema de tener un docente para muchos estudiantes. Cuando los estudiantes están trabajando en una actividad en grupos pequeños, el docente sólo puede ayudar a un grupo a la vez. Sin embargo, con la tecnología digital los grupos podrían recibir información sobre su progreso, incluso cuando el docente no se encuentre presente (Guisen, 2011) (Morris, 2005).

En los últimos años diferentes proyectos de investigación han diseñado y desarrollado tanto objetos como entornos tangibles que se centran en diferentes aspectos de la actividad del aprendizaje, por ejemplo, la narrativa (Annany, 2001), la exploración y la construcción (Raffle, 2006) (Zuckerman, 2006) (Marco, 2010), los modelos de los fenómenos (Moher, 2005), el diseño (Maher, 2006) y la interacción basados en patrones (Yonemoto, 2006). Entre las propuestas de la Interacción Tangible, las superficies activas están recibiendo especial atención por parte de diseñadores y educadores debido a las formas de control de aplicaciones informáticas, que se presentan de forma embebida en objetos de uso cotidiano y bien conocido por los usuarios (O'Malley, 2004).

Las propuestas de Interacción Tangible en dispositivos basados en superficies activas están contribuyendo a hacer más difusa la separación entre actividades de manipulación física, y la interacción con computadoras. El Grupo de Informática Gráfica Avanzada (GIGA) de la Universidad de Zaragoza² desarrolló

² El GIGA, Grupo de Informática Gráfica Avanzada de la Universidad de Zaragoza, nació a comienzos de los 90 de la mano del profesor Francisco Serón y es uno de los grupos fundadores del Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A).

una tabletop llamada NIKVision. NIKVision es esencialmente una superficie activa horizontal, en cuyo diseño se ha primado el bajo costo, la tecnología sencilla y resistente, que sea fácilmente montable y transportable, y robusta a diferentes condiciones de iluminación ambiental. El entorno en el que pretende innovar NIKVision es en el uso de tecnologías interactivas para reforzar el aprendizaje, la comunicación y la relación social. NIKVision permite el uso de juegos multimedia de computadora, con una interacción similar a la actividad que realizan los niños jugando físicamente con juguetes (Marco, 2010) (Sánchez, 2011). Estos antecedentes serán tomados como un punto de partida para la realización de esta tesina.

4. Desarrollos propuestos

En esta tesina se propone la realización del diseño y una primera versión de prototipo de una aplicación educativa basada en interfaces tangibles. Este prototipo será realizado en una tabletop similar a la propuesta por el grupo de NIKVision. La aplicación será diseñada en función de la revisión de antecedentes en la temática y la selección de un grupo destinatario específico. Además, para ello será necesario estudiar las herramientas de software específicas para el diseño de aplicaciones de Interacción Tangible, abordar el trabajo con la tabletop horizontal (analizar calibración de la cámara, puesta a punto de los diferentes componentes), diseñar y desarrollar la aplicación, y realizar los procedimientos de verificación posteriores pertinentes.

Se propone específicamente desarrollar un juego que estimule procesos de colaboración entre un grupo de adultos para resolver un problema. El juego será utilizado en el marco de un seminario de postgrado de esta facultad, en el que se aborda la temática de aprendizaje colaborativo. Se utilizará como dinámica grupal movilizadora para iniciar el debate del tema de aprendizaje

A lo largo de estos años ha contribuido a la formación de especialistas y profesionales en el ámbito de la Informática Gráfica y ha participado en numerosos proyectos de transferencia y de colaboración con empresas e instituciones tanto aragonesas como nacionales e internacionales. Se trata de un grupo de investigación multidisciplinar cuyo área inicial y fundamental de trabajo ha sido la Simulación Realista de la Iluminación, campo en el que tiene reconocido prestigio tanto a nivel nacional como internacional.

<http://giga.cps.unizar.es>

colaborativo, procesos de comunicación grupales y estrategias a poner en juego.

Se realizarán algunos testeos de la aplicación prototipo a desarrollar, previo a su utilización definitiva en el seminario mencionado.

5. Estructura del trabajo

A continuación se detalla la estructura de esta tesina.

Capítulo 2. Se abordarán algunos conceptos básicos. Se comenzará definiendo el concepto de interacción persona-ordenador, a partir de un análisis bibliográfico, para avanzar luego sobre su evolución, exponiendo los aportes más importantes en el área. Finalmente, se presentarán clasificaciones en relación a los diferentes paradigmas de interacción persona-ordenador.

Capítulo 3. Se introducirá la Interacción Tangible como una de las tendencias actuales en el área de IPO, foco de esta tesina. En este capítulo se mencionarán algunos usos de esta tecnología en el área de la educación, la opinión e investigación de algunos autores al respecto, y una recopilación de experiencias como antecedentes en este ámbito, orientando la revisión a las posibilidades en el aprendizaje colaborativo.

Capítulo 4. Se destinará este capítulo a la descripción de los aspectos más importantes referidos al armado y puesta a punto de la mesa interactiva (tabletop), sobre la cual se desarrollará el prototipo propuesto en esta tesina. Se describirá la tabletop NIKvision, que ha sido el modelo referente para este trabajo, detallando sus componentes y su funcionamiento. Finalmente, se presentará la versión de mesa desarrollada en el marco de un proyecto del III-LIDI, denominada VisionAR, cuyos ajustes y puesta a punto ha sido uno de los desafíos de esta tesina.

Capítulo 5. Inicialmente se dará una introducción a los conceptos de aprendizaje y aprendizaje colaborativo y se mostrará la estrategia utilizada para abordar estos conceptos en el marco de un curso de postgrado de la Facultad de Informática. Luego, a partir de la introducción de la necesidad educativa, que da origen al prototipo a desarrollar en esta tesina, se

analizarán los requerimientos detallando aspectos importantes referidos al diseño y desarrollo del sistema.

Capítulo 6. Se presentará el prototipo desarrollado, denominado ITCOL: Interacción Tangible para la Colaboración. Inicialmente, se explicarán los aspectos técnicos de la implementación de ITCOL. Se introducirán las descripciones pertinentes de la tecnologías utilizadas y se mostrará el prototipo a partir de la presentación de pantallas, abordando los detalles de su funcionamiento.

Capítulo 7. Se expondrá el proceso de evaluación realizado. Se detallará cada una de las experiencias y sesiones de prueba llevadas a cabo. Se describirán los resultados obtenidos y mejoras introducidas posteriormente.

Capítulo 8. Finalmente, se presentarán conclusiones y trabajos futuros, en relación a la temática de la tesina.

Capítulo 2

Interacción Persona- Ordenador

Conceptos introductorios

1. Introducción

En este capítulo se abordarán algunos de los conceptos necesarios vinculados a la temática de este trabajo, de manera tal de dar contexto para el lector, y establecer las bases teóricas específicas.

Se comienza por definir el concepto de interacción persona-ordenador, a partir del análisis bibliográfico realizado. Luego, se avanza sobre la presentación evolutiva de los aportes más importantes para el área. Finalmente, se presentan distintas clasificaciones posibles relacionadas con los diferentes paradigmas de interacción persona-ordenador.

De esta manera, se introduce el concepto de Interacción Tangible como una de las tendencias actuales en esta disciplina, foco de esta tesina.

2. Definición de Interacción Persona-Ordenador

El área de Interacción Persona-Ordenador (IPO o HCI: Human Computer Interaction), es la disciplina que se enfoca en el estudio de la interacción entre las personas y los sistemas computacionales. Su objetivo principal es mejorar esta interacción haciendo que los sistemas computacionales sean más usables, de manera que aumente la productividad de las personas al trabajar con ellos. La ACM³ (ACM, 2012) define IPO como: “La disciplina encargada del diseño, evaluación e implementación de sistemas computacionales interactivos para uso humano y del estudio de lo que los rodea”.

La IPO es una disciplina científica que analiza los aspectos: humano y computadora, en conjunto. Esta es una de las razones primordiales por lo que es estudiada con un enfoque distinto dependiendo del punto de vista. Desde el contexto humano, es complementada por otras ciencias tales como: psicología, ciencias cognitivas, de la comunicación, de diseño gráfico e industrial, entre otras. En el contexto de computadoras y maquinaria comprende: gráficos por computadora, sistemas operativos, lenguajes de programación, y desarrollo de ambientes. En la Figura 2.1, se muestra estas disciplinas intervinientes en IPO o HCI.

³ Association for Computing Machinery

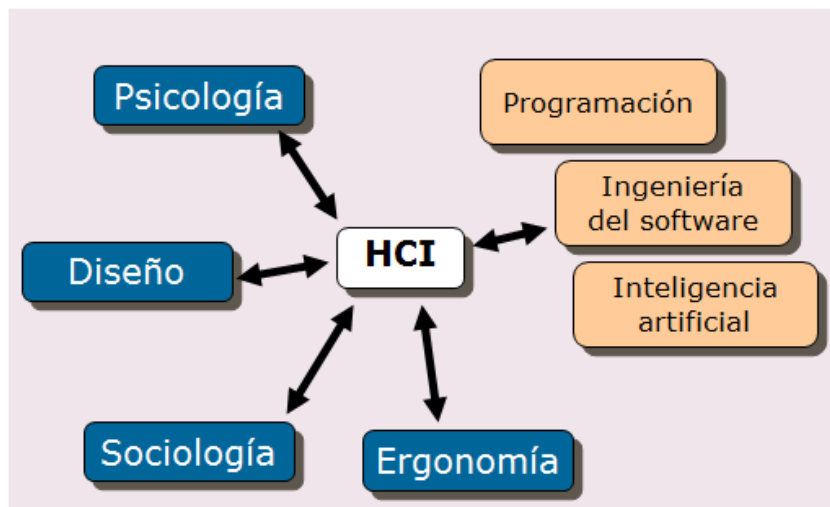


Figura 2.1 – Ciencias que se relacionan con el HCI

En (CSDL, 2008) se plantea el modelo conceptual de IPO que contempla cuatro elementos: (a) las personas; usuarios del sistema, (b) la tarea; diferentes pasos a realizar para llevar a cabo una o más actividades, (c) el ambiente; aspectos físicos, organizacionales y sociales del ambiente y, (d) la tecnología: cualquier artefacto con el cual se interactúa.

A diferencia de los aspectos del ambiente, y de la tarea, la interacción entre personas y tecnología se realiza por medio de un componente implícito: la Interfaz. Esta se conforma de varios componentes, entre estos se puede nombrar, Interfaces de hardware: teclado, mouse, touchpads, lápices e interfaces de software como la Interfaz Gráfica de Usuario (GUI: Graphical User Interface).

La AIPO (Asociación Interacción Persona–Ordenador), toma la definición de ACM ya citada, y sostiene que IPO es una disciplina relacionada con el diseño, implementación y evaluación de sistemas informáticos interactivos para uso de seres humanos y con el estudio de los fenómenos más importantes con los que están relacionados.

No se limita a la situación clásica de una persona sentada delante de un terminal, sino que intenta desarrollar o mejorar la seguridad, utilidad, efectividad, eficiencia y usabilidad de sistemas que incluyan computadoras.

Para hacer sistemas usables es preciso comprender los factores (psicológicos, ergonómicos, organizativos y sociales) que determinan cómo la gente trabaja

y hace uso de las computadoras, para esto, es necesario desarrollar herramientas y técnicas para ayudar a los diseñadores de sistemas interactivos y así conseguir una interacción eficiente, efectiva y segura.

Los usuarios no han de cambiar radicalmente su manera de ser, sino que los sistemas han de ser diseñados para satisfacer los requisitos del usuario.

Se espera que cada vez más, las computadoras sean utilizadas por gente menos preparada, por lo que es necesario centrar especial atención en el desarrollo de aplicaciones con una interacción que resulte lo más natural posible.

3. Aportes relevantes en la historia de IPO

La investigación en el área de interacción persona-ordenador, realizada tanto el mundo académico como en el empresarial, ha sido muy exitosa y ha cambiado fundamentalmente la Informática. Un ejemplo de esto lo constituyen las interfaces gráficas que revolucionaron las posibilidades de utilización de las computadoras. Hoy en día para el desarrollo de interfaces de software es posible utilizar bibliotecas y paquetes ya existentes, que facilitan la tarea de los desarrolladores, y acortan distancias entre lo que una persona desea hacer con una aplicación y lo que ésta ofrece. Incluso, el espectacular crecimiento de la *"World Wide Web"* (WWW) es un resultado directo de una investigación en IPO: aplicando hipertexto se permite cruzar el mundo a través de *"links"*, con un sólo clic del mouse.

En la evolución de la disciplina han influido diversos factores:

- La creatividad humana: especialmente en los inicios de la ciencia informática diversos visionarios realizaron proyecciones imaginarias sobre lo que podrían llegar a ser las computadoras.
- El estado del arte de la tecnología: a menudo actuando como límite al diseño.
- El mercado de las computadoras: directamente relacionado con el costo de los aparatos y que incide directamente tanto en el tipo de usuario como en el uso que hacen éstos.

Así, según Shackel (Shackel, 1997), en los primeros años (1950) las computadoras eran máquinas de investigación pensadas para matemáticos y científicos, cuyo primer requerimiento era la fiabilidad de los cálculos. En la década de los 60 y 70, aparecen las macrocomputadoras (mainframes) dirigidas a los profesionales de tratamiento de datos, pero sus usuarios secundarios (los gestores de las empresas) no estaban satisfechos con los costos, retardos y poca flexibilidad de los aparatos. Avanzados los años 70, aparecen las minicomputadoras para ingenieros y otros profesionales no informáticos que, tienen que realizar aún mucha programación sobre la máquina. Es hacia los 80, cuando las computadoras se popularizan y se dirigen al gran público, siendo entonces el principal requisito la usabilidad⁴. Durante la década siguiente aparecen nuevos dispositivos de pequeño tamaño: es la explosión de la informática móvil, dirigida a gran público pero a menudo en entornos móviles; la principal exigencia sigue siendo la usabilidad, que presenta nuevas dificultades para los profesionales e investigadores de la IPO (Ribera Turró, 2005).

En la sección 3.1, se presentan algunos hitos que marcaron avances en el área de interacción persona-ordenador.

3.1. Hitos en la Interacción Persona-Ordenador

Se presentan aquí tres grandes hitos en el área de interacción persona-ordenador. El primero de ellos, se vincula con la idea de manipular en forma directa objetos gráficos de la interfaz. Inicialmente, se utilizó un lápiz óptico, que luego derivó en la creación del mouse, que demarca otro de los hitos en el área. Finalmente, el concepto de ventanas revolucionó el trabajo con las interfaces de aplicaciones informáticas. Se describen a continuación estos tres hitos de evolución y los aportes de otros importantes autores que intervinieron en la temática.

1. Objetos gráficos de manipulación directa:

⁴ La usabilidad es una característica que permite analizar cuán bueno es un sistema como para satisfacer todas las necesidades y requerimientos de los usuarios.

Las actuales interfaces de manipulación directa, donde hay objetos visibles sobre la pantalla que son directamente manipulados con un dispositivo de puntero fueron, en principio, descritas por Ivan Sutherland, un estudiante del MIT (Massachusetts Institute of Technology), que en su tesis doctoral en 1963, crea el programa Sketchpad para hacer dibujos en la pantalla del ordenador mediante un lápiz apuntador, guardando en la memoria del ordenador pequeñas instrucciones para posteriormente manejar los dibujos, reutilizarlos y combinarlos.

Es de destacar que previamente hubo otros aportes que permitieron llegar a esta instancia, tales como las ideas de Bush (Bush, 1945), considerando a las computadoras como asistentes documentales, que permiten extender la capacidad de memoria humana, y que facilitan la relación y recuperación de la información. Así establece las bases conceptuales para lo que luego se conocería como hipertexto.

Licklider en 1960, trabaja con su grupo para permitir la interacción en tiempo real entre el usuario y la máquina durante la ejecución de un proceso, en contraposición al funcionamiento por lotes, que se utilizaba en su época (Licklider, 1990). Un discípulo de su trabajo, Doug Engelbart, experimenta con nuevos dispositivos para que el ordenador sirva como complemento a la mente humana. Sus aportes son varios: una pantalla en la que se pueden ver textos y gráficos simultáneamente, un dispositivo para apuntar (es el posterior inventor del ratón), una primera implementación del hipertexto. Además aporta ideas en relación a la gestión de ventanas y crea el primer procesador de textos con características básicas comunes a las actuales. Engelbart presenta todas estas ideas y creaciones en el sistema NLS ("oNLine System"), un revolucionario sistema de colaboración, en una conferencia sobre IPO (Engelbart, 1962) (Conferencia en Youtube, 2013).

Ya en los 70, Alan Kay impresionado con los trabajos de Engelbart y también los de Papert, quien ya había introducido el lenguaje Logo, proyecta en ordenador personal en su tesis doctoral en 1969 (Kay, 1969). Kay trabaja en el equipo fundador de investigadores de Xerox Palo Alto Research Center (PARC) y realiza dos grandes aportes: el entorno SmallTalk, que permite la programación incremental y la reutilización de

procedimiento, y la idea de conceptualizar las diferentes tareas del ordenador mediante ventanas solapadas.

2. El ratón o mouse:

El ratón fue desarrollado en 1965, con el objetivo de conseguir un reemplazo al lápiz óptico, utilizado hasta el momento. Se buscaba reemplazarlo por algo más económico. Mucho de los usos actuales del ratón fueron concebidos Engelbart como parte de NLS. El ratón se hizo famoso como un práctico dispositivo de entrada. El primero apareció comercialmente como parte de la Xerox Star (1981), la Three Rivers Computer Company de PERQ (1981) y en la Apple Macintosh (1984).

3. Las Ventanas:

Como ya se mencionó, Alan Key propuso la idea de superposición de ventana en su tesis Doctoral en 1969, y las primeras ventanas aparecieron en su sistema Smalltalk en 1974, en la Xerox Parc, y enseguida aparecieron en el sistema InterLisp⁵.

Algunos de los primeros usos comerciales de las ventanas fueron en la LMI (Lisp Machines Inc.) y en las Symbolics Lisp Machine en 1979.

La principal popularización comercial de los sistemas de ventanas fue la Xerox Star en 1981, luego la Apple Lisa en 1982, y la más importante, fue la Apple Macintosh en 1984. Las primeras versiones de la Star y Microsoft Windows, eran con ventanas mosaico, pero eventualmente se soportaba la superposición de ventanas como en Lisa y Macintosh.

Es de destacar que entre 1978 y 1988, se produjeron una serie de avances teóricos muy importantes en el campo de la IPO. Palo Alto se conformó como el nido de creación de futuras grandes empresas de Informática. Además, en 1982 se crea un grupo de especial interés para esta disciplina, el ACM Sigchi (Special INterest Group on Computer-Human Interaction). Se introducen, además en esta etapa, aportes desde la Psicología cognitiva, tales como los

⁵ Interlisp era un entorno de programación de una versión del lenguaje de programación Lisp. Su desarrollo comenzó en 1967 en Cambridge, Massachuset como BBN LISP. Se caracterizó por la integración de las herramientas de desarrollo interactivas, tales como un depurador, una herramienta de corrección automática de errores simples y herramientas de análisis.

involucrados en el modelo GOMS (Goals, Operators, Methods, and Selection Rules), que permiten establecer un modelo analítico para estimar la bondad de un sistema interactivo. Además se definen las bases teóricas de la usabilidad, como metodología para crear interfaces más fáciles de usar.

Schneiderman describe los principios de manipulación directa (Schneiderman, 1987), llevados a la práctica por Xerox, a través de su implementación en interfaces WIMP (Windows, Icons, Menus, Pointer), comercializadas por Apple y luego imitado por Microsoft.

No puede dejar de mencionarse que Negroponte también ha realizado aportes experimentales, a través de "Dataland" y "Put that there". Ambas aplicaciones utilizan reconocimiento del habla y de los gestos poniendo en práctica varios conocimientos sobre el funcionamiento de la memoria humana (Negroponte, 1978).

La figura 2.2 muestra gráficamente, parte de la evolución de estos hitos en la Interacción Persona-Ordenador, desde su concepción a su incorporación comercial.

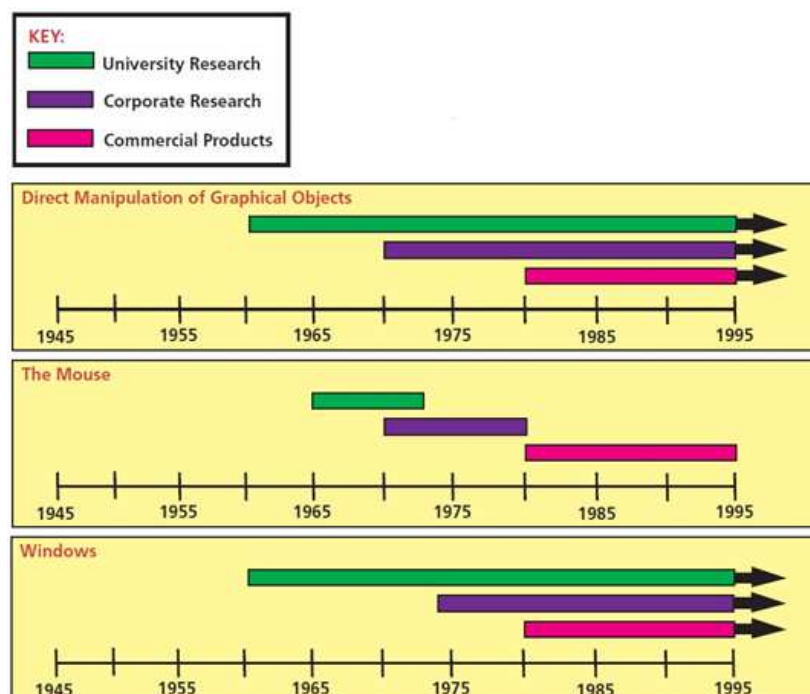


Figura 2.2 – Evolución de las formas de interacción a través de manipulación de objetos gráficos, uso de mouse y uso de ventanas. (Myers, 1998)

3.2. Otros avances en el área de IPO

Tanto el reconocimiento de gestos, que se ha utilizado en los sistemas comerciales de CAD (Computer Aided Design– Diseño Asistido por Ordenador) desde la década de 1970, y llegó a difundirse en el mundo entero con el Newton de Apple en 1992, como los avances en hipermedia, fueron de importancia en la IPO, constituyendo bases para las tendencias actuales.

En 1968 el proyecto FRESS de la Universidad Brown usaba múltiples ventanas, con textos y gráficos integrados. El proyecto de Documentos Gráficos interactivos de dicha universidad fue el primer sistema Multimedia (a diferencia del hipertexto) que utilizaba gráficos con tramas y textos, pero no videos (1979 – 1983) (Myers, 1998). Luego, otros proyectos añaden diversos formatos como voz, hojas de cálculo y vídeo.

Desde 1989 a la actualidad, se producen también nuevos y grandes avances difíciles de resumir, pero que se expondrán de una manera simplificada para permitir su descripción, y poder sentar las bases para esta tesina.

Uno de los avances de enorme impacto ha sido la WWW, donde la interfaz está centrada en el documento y no en la aplicación, y donde se rompen los límites entre la información local y la remota.

Por otra parte, como una continuación de los aportes teóricos ya mencionados, autores como Nielsen avanzan en los temas de usabilidad. Este último divulga los métodos de usabilidad, que resultan de impacto. (Nielsen, 2003)

Además con la consolidación de las redes, y en particular las inalámbricas, se avanza en el uso de dispositivos móviles y esto produce una explosión en el mercado.

Todo esto provoca replanteos, rupturas, avances en el área de IPO. Se habla incluso de la crisis de la disciplina. Se observa que el modelo WIMP no tiene igual utilidad en los nuevos dispositivos (Beaudoin–Lafon, 2004).

Autores como Norman sugieren nuevos principios de diseño, basándose en el concepto de “affordances” (las propiedades percibidas y reales de los objetos

que determinan sus posibles usos), tomado de Gibson (Norman, 1990) (Gibson, 1977).

En este contexto se comienza a hablar de la Computación Ubicua (Weiser, 1993) como un nuevo paradigma en el área de IPO, que rompe las presunciones en que se basaba gran parte del conocimiento y directrices de diseño.

Así, las computadoras pueden ser desde grandes paneles en una pared para trabajo colaborativo, hasta pequeños dispositivos para tomar notas, o sensores de presencia, entre otros.

Áreas como la inteligencia artificial también han impactado permitiendo nuevos canales de entrada. Así, el aprendizaje automático (como el que se da en programas de reconocimiento de voz, donde el usuario debe entrenar al ordenador con su particular dicción para mejorar así el índice de aciertos), la programación por objetivos y la representación informática del conocimiento son ejes fundamentales para avanzar en nuevos tipos de interacción.

La investigación en IPO debe crear nuevas interfaces adaptables a los dispositivos, al entorno y a los usuarios (Bertini, 2004).

Otros avances que vienen impactando el área de IPO son:

- Multimodalidad:

Consiste en que la interacción se sustenta en diversos canales de comunicación simultáneos: voz, teclado, tacto, y gesto. La multimodalidad, junto con la integración de los aspectos emocionales en la interacción, se ve como la evolución natural de las interfaces, cada vez más cercanas a las personas.

- Realidad Virtual y Realidad Aumentada:

El concepto de realidad virtual (VR) surgió en 1965, cuando en su artículo, Ivan Sutherland, dice que: “La pantalla es una ventana a través de la cual uno ve un mundo virtual. El desafío es hacer que ese mundo se vea real, actúe real, suene real, se sienta real”. Sería él el creador del primer casco visor de realidad virtual utilizando tubos de rayos catódicos (uno para cada ojo), y de un sistema mecánico de seguimiento. Posteriormente, en 1968, junto con

David Evans crearán el primer generador de escenarios con imágenes tridimensionales, datos almacenados y aceleradores.

La realidad virtual es una simulación por ordenador en la que se emplea el grafismo para crear un mundo que parece realista. Además este mundo no es estático sino dinámico y responde a las órdenes del usuario (gestos, voces, entre otros).

La realidad aumentada (RA) agrega información sintética a la realidad (Rekimoto, 1995). Es una tecnología que complementa la percepción e interacción con el mundo real y permite al usuario estar en un entorno real aumentado con información adicional generada por una computadora. Esta información puede ser texto, imágenes, videos, audio o una combinación de estas. Puede estar basada en el uso de marcadores o en la localización de la cámara que captura la escena real.

- Trabajo cooperativo y colaborativo asistido por computadora:

Doug Engelbart consideraba que la complejidad de los problemas enfrentados por el ser humano había crecido más rápido que la habilidad para resolverlos. Él visualizó la resolución de los problemas utilizando estaciones de trabajo asistidas por computadoras para aumentar la toma de decisiones.

El trabajo cooperativo y colaborativo asistido por ordenador pone en juego el compartir una misma aplicación entre varios usuarios, muchas veces de manera simultánea, dejando rastro y afectando lo que el otro ve o puede llegar a hacer. Conceptos como el de "*awareness*"⁶, coordinación, cooperación, comunicación y colaboración, resultan claves a la hora de diseñar este tipo de aplicaciones.

⁶ Awareness: No existe una única concepción de awareness, por lo que los autores han revisado cuatro categorías: Grupo, Espacio de Trabajo, Contextual y Periférica. Estas categorías no son excluyentes y algunos sistemas las combinan.

A grandes rasgos se puede definir como la percepción por parte de los usuarios de los elementos del sistema con respecto al espacio y tiempo. Requiere mantener siempre la información, que involucra a los usuarios, actualizada con respecto al espacio y tiempo. Esto permite a los usuarios, tener una percepción completa de lo que está ocurriendo dentro del sistema. *Definición propia generada a partir de revisión bibliográfica.*

Tanto la multimodalidad como la RV y RA, y el trabajo cooperativo y colaborativo mediado por ordenador, modifican las reglas de interacción más tradicionales y obligan a repensar y a profundizar en el área de IPO. Tal es así que algunos autores hablan de paradigmas de interacción persona-ordenador, e incluyen entre ellos a algunas de estas tendencias.

En la siguiente sección se presenta una breve revisión del concepto de paradigma, para luego presentar lo que algunos autores consideran paradigmas de interacción persona-ordenador.

4. Paradigmas de Interacción Persona-Ordenador

4.1. Concepto de paradigma

La palabra paradigma viene del latín *paradigma*, y éste del griego *parádeigma*, que quiere decir *ejemplo*⁷.

En la década de los años 60, y especialmente en la obra “Estructura de las revoluciones científicas”⁸, se ubica el comienzo de una discusión (que no termina) a propósito de qué son y cómo se transforman los paradigmas en el marco de los estudios científicos, aún cuando mucho antes, otros teóricos habían postulado algunas ideas sobre ello.

La obra de Kuhn (1962) determinó gran parte de las investigaciones realizadas desde las posiciones de la filosofía, la teoría y la sociología de la ciencia. Su objetivo era posibilitar una nueva forma de observación de la ciencia sobre la base del esquema del desarrollo histórico de las disciplinas ante la impronta del historicismo filosófico. Sus aportes sirven de puente entre los niveles individual y colectivo del proceso cognitivo.

Para delinear cómo el conocimiento científico se condiciona por supuestos más o menos conscientes, el autor propuso considerar una serie de etapas: una fase pre-paradigmática o de configuración inmadura de los elementos de

⁷ Definición extraída del diccionario de la RAE, vigésimo tercera edición. (Consultado por última vez en 2013) – <http://www.rae.es/>

⁸ Kuhn TS. *The structure of scientific revolutions*. Chicago: University of Chicago Press; 1962.

un marco de referencia, una fase de ciencia normalizada o de monopolio de un marco conceptual, y finalmente, una fase de revolución o de producción de marcos conceptuales alternativos.

Masterman (1970) distinguió múltiples inconsistencias conceptuales en la definición del paradigma kuhniano⁹; a estas se sumaron las críticas de varios investigadores en momentos posteriores. Ante esta repercusión, Kuhn (1970) sustituyó el concepto de paradigma por el de “matriz” disciplinar, que tiene como componentes: las generalizaciones simbólicas (afirmaciones formuladas como leyes), los modelos ontológicos (analogías y metáforas), los juicios de valor (exigidos a una solución) y los ejemplos–modelo (soluciones a problemas concretos)¹⁰.

A pesar de los debates y desacuerdos que generó, la obra de este autor ha influido de manera general en la ciencia y su propuesta se reconoce como un modelo para definir la consistencia o madurez de cualquier disciplina, teoría, enfoque o sistema, debido a que puede mostrar los estados donde se produce un enfrentamiento entre las nociones vigentes y otras que irrumpen o transforman las clásicas y en cuya resolución, cambiaría la orientación de las investigaciones, las opiniones y las perspectivas. Son los paradigmas una “constelación de creencias, valores, técnicas,..., compartidas por los miembros de una comunidad determinada”.

Es un tema muy controversial y algunos autores abordan otras definiciones, tales como la de Glazier y Grover (2002), quienes describen los paradigmas (o las matrices) como una armazón de presupuestos básicos en los cuales las percepciones y las relaciones se evalúan, delinear y aplican a una disciplina o profesión. Los autores abogan por una comprensión o una significatividad de la realidad de modo superindividual como resultado de la socialización del conocimiento, científico o de cualquier naturaleza; así como que distintos paradigmas suponen diferentes valores y metas en cualquier ámbito (Glazier, 2002).

⁹ Masterman M. The nature of a paradigm. Criticism and the growth of knowledge Cambridge: Harvard Press; 1970.

¹⁰ Kuhn TS. The structure of scientific revolutions. Chicago: University of Chicago Press; 1970.

Así, teniendo como supuestos estas definiciones, se enmarca la propuesta de varios autores del área de IPO de hablar de paradigmas de Interacción Persona-Ordenador.

Steven Heim, en su libro "The Resonant Interface: HCI Foundations for Interaction Design" (Heim, 2007), enuncia que un paradigma es un modelo o patrón de interacción persona-ordenador que abarca todos los aspectos de la interacción, incluyendo física, virtual, perceptivo y cognitivo.

Los paradigmas de interacción representan los ejemplos o modelos de los cuales se derivan todos los sistemas de interacción. La evolución de las interfaces y los estilos de interacción dieron lugar a diferentes paradigmas a lo largo de la historia (Royo, 2004) (Dix, 2005).

A continuación se presentan distintas clasificaciones de paradigmas de interacción.

4.2. Clasificaciones de paradigmas de Interacción Persona-Ordenador

La historia de la interfaz evoluciona diversificándose y especializándose con el tiempo. La especialización en el diseño de la interfaz avanza en paralelo a la evolución técnica. En la actualidad, tenemos un abanico de tipos de interfaces muy amplio, y muchas de ellas, modifican los modelos de interacción. Así muchos autores hablan de nuevos modelos de interacción que conforman nuevos paradigmas para el área de IPO. La interacción basada en soportes móviles, la basada en interfaces cooperativa y colaborativas, las de soporte multitouch, la realidad aumentada, la Interacción Tangible, entre otras. Cada una de estas con sus restricciones y ventajas, se adapta a distintos entornos (Ishii, 2006). Algunas conforman paradigmas de IPO según la visión de algunos autores. A continuación se presentan las clasificaciones de paradigmas de IPO, encontradas en algunos de los textos revisados en el marco de este trabajo.

Según Heim (Heim, 2007) se podrían clasificar 7 paradigmas de interacción:

1. Computación a gran escala:

La arquitectura de la computación en gran escala cuenta con un servidor principal, conocido como mainframe, al cual se acceden mediante terminales remotas alfanuméricas equipadas con teclados. Estas terminales se conocen como “terminales tontas”, dado que no realizan ningún procesamiento, sino que, lo derivan al servidor principal. La única función de estas terminales es la interacción con el usuario.

La computación a gran escala se utiliza para procesar grandes volúmenes de datos y se caracteriza por utilizar Servicios de tiempo compartido. Estos son esquemas que utilizan el tiempo de inactividad de un usuario para atender requerimientos de otro usuario.

Los servidores principales o mainframe son actualmente utilizadas en entornos informáticos empresariales como Wall Street.

2. Computación personal:

Una computadora personal está orientada al uso individual y se diferencia de una computadora mainframe, donde las peticiones del usuario final son filtradas a través del personal de operación o un sistema de tiempo compartido, en el cual un procesador grande es compartido por muchos individuos. Después del desarrollo del microprocesador, las computadoras personales llegaron a ser más económicas y se popularizaron.

3. Computación en red:

La computación en red surgió de la necesidad de compartir de recursos y el objetivo es hacer que todos los programas, el equipo y, en particular, los datos estén disponibles para todos los que se conecten a la red, independientemente de la ubicación física del recurso y del usuario.

Un ejemplo claro y muy difundido es el de un grupo de oficinistas que comparten una impresora.

Ninguno de los individuos necesita una impresora privada, y una impresora de alto volumen en red suele ser más barata, rápida y fácil de mantener que varias impresoras individuales.

4. Computación móvil:

Las tecnologías móviles de computación constituyen una muy diversa familia de dispositivos:

- Los ordenadores portátiles
- Tablet
- Players
- Reproductores de MP3
- PDAs
- Móviles

Por ejemplo, los dispositivos móviles pueden ser conectados a sistemas de posicionamiento global (GPS). Estos tienen pantallas táctiles e interacción de voz para aliviar problemas de atención visual durante la conducción, entre otros.

Los dispositivos móviles pueden ofrecer computación situacional que puede tomar ventaja de la información de ubicación específica, a través de servicios móviles basada en la ubicación. Por ejemplo, el uso de servicios basados en la ubicación puede ser beneficioso para los anuncios sensibles a la ubicación, anuncios de servicio público, las interacciones sociales e información educacional específicas de cada lugar.

5. Ambientes colaborativos:

Las redes permiten a los miembros de un grupo de interactuar con los demás miembros sobre los archivos compartidos y documentos. Esto crea un espacio virtual donde las personas pueden colaborar y trabajar de manera colectiva.

En este paradigma surge el concepto de groupware y de trabajo colaborativo.

La interacción entre los usuarios de una aplicación colaborativa mediada por computadora se puede dar de manera remota o “cara a cara”. A su vez, la interacción remota puede ser sincrónica (como en el caso de las salas de

chat o las video conferencia) o asincrónica (a través del correo electrónico, por ejemplo).

En la interacción “cara a cara” mediada por computadora puede utilizarse habitaciones inteligentes, utilizando proyectores y pizarras interactivas.

6. Realidad virtual:

La realidad virtual (VR) propone sumergir a los seres humanos en un mundo virtual. Puede ser dividido en dos grupos diferentes:

- Ambientes no inmersivos: basados en pantallas, impulsada por puntero, presentaciones gráficas tridimensionales (3D) que pueden involucrar retroalimentación háptica. Un ejemplo de una aplicación, es Second Life¹¹.
- Ambientes inmersivos: están diseñadas para crear la sensación de "estar" en un mundo poblado de objetos virtuales. Para crear una ilusión convincente, deben usar la mayor cantidad canales humanos de percepción, como sea posible. De esta manera se incorpora el uso de dispositivos especiales, tales como cascos de RV o guantes.

7. Realidad aumentada:

Como ya se mencionó con anterioridad, el objetivo de la RA es crear una integración perfecta entre objetos reales y virtuales de forma que aumenta la percepción y experiencia del usuario.

En el caso de la AIPO¹² (Asociación Interacción Persona–Ordenador) define sólo 4 paradigmas de interacción, entre los que se mencionan:

- Ordenador de sobremesa
- Realidad Virtual
- Realidad Aumentada
- Computación Ubicua

¹¹ <http://secondlife.com/>

¹² <http://www.aipo.es/libro/transpas.php>

Los tres primeros son similares a los mencionados por Heim. En la Figura 2.3, se muestra una comparación de los diferentes paradigmas anteriormente nombrados. A continuación se describen cada una de las imágenes presentadas en la Figura 2.3:

- a) En un ordenador de sobremesa (utilizando GUI) la interacción entre el usuario y el ordenador está aislada de la interacción entre el usuario y el mundo real.
- b) En la realidad virtual el ordenador cubre totalmente el usuario y la interacción entre el usuario y el mundo real desaparece.
- c) En la computación ubicua el usuario interactúa con el mundo real pero también puede interactuar con las computadoras de las que dispone en el mundo real.
- d) La realidad aumentada soporta la interacción entre el usuario y el mundo real utilizando la información aumentada del ordenador.

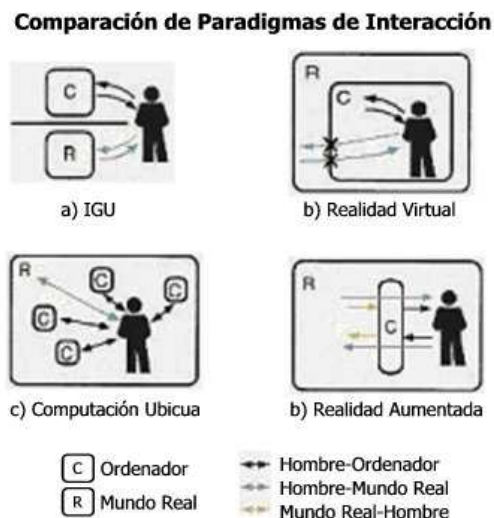


Figura 2.3 – Comparación de paradigmas de interacción¹³

Cabe destacar que el paradigma de la computación ubicua, fue presentado por Mark Weiser (Mark Weiser, 1991) definiendo un nuevo estadio en la era de la informática. De acuerdo con Weiser, la computación ubicua se caracteriza por

¹³ Tomado de <https://sites.google.com/site/seminario1les/contenido-de-la-asignatura/Unidad-N2/1-Paradigma-Interaccion-Persona-Ordenador/12-Comparacin-de-los-paradigmas-de-interaccion>

dos atributos principales: la ubicuidad y la transparencia. La ubicuidad se refiere a que las interacciones se dirigen hacia interfaces múltiples en lugar de a una sola computadora. La transparencia se refiere a que la tecnología está tan incorporada en la vida cotidiana, que es invisible para la gente. Weiser apunta que usualmente la computadora se vuelve el foco de atención, lejos de ser una herramienta de trabajo, invisible a nuestra conciencia (Weiser, 1991) (Weiser, 1993).

Algunos autores (Välkkynen, 2003) (Bowman, 1997) (Orama, 2010) (Canny, 2006) agregan alguno de los modelos como paradigmas de interacción:

1. Hipertexto e hipermedios

Este paradigma consiste en el uso de objetos, sean estos textos (hipertextos) y/o imágenes, videos y sonidos (hipermedios) que establecen enlaces hacia otros objetos relacionados. De esta manera se pueden ingresar los contenidos en una estructura relacional con el objetivo de lograr una navegación más fluida y dinámica.

2. Audio como medio de Interacción

Este paradigma toma como base el uso de sonidos como medio para dar o recibir instrucciones hacia y desde los sistemas computacionales. Está soportado por diferentes disciplinas: reconocimiento de diálogos, síntesis de diálogos, procesamiento de lenguaje natural y procesamiento de sonidos.

3. Trabajo Colaborativo respaldado por Computadora

Este paradigma realiza un análisis de todos los aspectos que rodean al trabajo colaborativo. Las herramientas disponibles dentro de este paradigma se ven divididas dependiendo de los factores que posibilitan el trabajo colaborativo: disponibilidad de las personas tanto en un lugar como en un momento dado.

4. Computación Vestible

El paradigma de computación vestible toma como las computadoras que se usan como prenda de vestir, con el objetivo de dar soporte a las personas mientras estas tienen sus sentidos ocupados con el ambiente físico.

5. Interfaz Cerebro Computadora

Este paradigma plantea la implementación de una vía de comunicación directa entre la actividad cerebral o nerviosa de un ser humano, animal o una red neuronal viva. Los sistemas que se rigen por este tipo de paradigma se ven divididos por la dirección que sigue el flujo de información. De esta forma, existen sistemas de una vía como de dos vías.

6. Interacción Tangible

En este modelo de interacción existe un fuerte acoplamiento entre la información digital y su representación tangible. A través de la manipulación física de las representaciones tangibles, la representación digital se altera. Las formas físicas sirven, al mismo tiempo, como representación y control de sus contrapartes digitales. De esta manera, constituyen un nuevo modo de comunicación con las computadoras que permite al usuario tocar directamente la información con sus manos y manipular literalmente los datos. (Dix, 2005) (Ishii, 2006)

7. Háptica y Teleháptica

En el campo de la tecnología, háptica se refiere al sistema que tiene como medio de interacción el tacto; esto incluye la aplicación de fuerzas, vibraciones y/o movimientos por parte del usuario. Por otro lado, teleháptica se refiere a la generación de impulsos sensibles al tacto por medio de una computadora. Por lo general, este tipo de impulsos generados por computadora se utilizan como un medio de retroalimentación de un sistema computacional hacia el usuario. Un ejemplo común, dentro de la industria de los juegos de video, puede ser la tecnología Dual Shock de Sony empleada en el Play Station. En esta plataforma la retroalimentación es causada por medio de pequeños motores colocados dentro del control de juego. Mientras el jugador interactúa con un juego, el juego está programado para que dependiendo de ciertos eventos: colisiones o explosiones, el motor gire haciendo vibrar el control en las manos del jugador. De esta forma, se hace que la experiencia de juego sea más inmersiva. En comparación a la háptica, la teleháptica no es tan aplicada. Con los recientes avances de la tecnología, se puede decir que es un campo que está en crecimiento.

Como puede deducirse, no hay un acuerdo en cuáles de estos modelos de interacción se consideran paradigmas y cuáles no. Sin embargo, se quiere rescatar que cada uno de ellos constituye un aporte significativo a las posibilidades de interacción persona-ordenador y nuevos caminos para un mundo conformado por personas diferentes, con capacidades y estilos distintos. Varios de estos modelos buscan centrar la atención en la tarea y no en la herramienta, conformando el sueño de muchos del “ordenador invisible”. En este trabajo se centrará la atención en los modelos de Interacción Tangible.

5. Conclusión

La Interacción Persona-Ordenador es una disciplina que estudia el diseño, evaluación e implementación de sistemas informáticos interactivos para uso humano y los principales fenómenos que los rodean. La interfaz se vuelve un elemento fundamental en el marco de esta disciplina y se ha vuelto un eje importante en el desarrollo de sistemas informáticos. Disciplinas como la Psicología Cognitiva, Diseño, Informática, realizan sus aportes para mejorar la naturalidad y las posibilidades de interacción entre las personas y las computadoras.

A lo largo de la historia de la Informática se han visto grandes avances en esta disciplina, tal es así que se habla incluso de paradigmas de interacción persona-ordenador. Más allá de que los autores del área no llegan a un acuerdo absoluto de cuáles son los paradigmas existentes, para este trabajo interesa rescatar los grandes avances en el área y destacar que hay una búsqueda por lograr la naturalidad en el uso de las computadoras, de manera tal que estos se vuelvan en cierta forma transparentes para la persona, y el foco de ésta pueda centrarse en la tarea a realizar y no en el ordenador que la está mediando.

En este sentido este trabajo busca ser un aporte para la utilización de sistemas informáticos interactivos en el área de Educación, de manera tal de dar naturalidad a su utilización, y focalizar la atención, por ejemplo, en una tarea a realizar colaborativamente entre alumnos.

Capítulo 3

Interacción Tangible

Conceptos introductorios

1. Introducción

En el presente capítulo se hará una introducción al tema central de esta tesina que es la Interacción Tangible.

Las interfaces tangibles de usuario han supuesto un importante cambio de paradigma en el diseño de interfaces de usuario, y el modo de interactuar con los sistemas informáticos (Ishii, 1997).

En la siguiente sección se brindará una definición de lo que se considera Interacción Tangible, también conocida como TUI por sus siglas en inglés Tangible User Interface.

Luego, se hará una clasificación de dicha tecnología, teniendo en cuenta diferentes aspectos mencionados por distintos autores.

Muchos de los trabajos realizados utilizando Interacción Tangible se soportan sobre una superficie horizontal que los autores llaman tabletop, por esto se presentará una breve definición de ésta. Sin embargo, este tema se abordará en forma más acabada en el siguiente capítulo.

Por último, se mencionarán algunos usos de esta tecnología en el área de la educación, la opinión e investigación de algunos autores al respecto, y una recopilación de experiencias como antecedentes de su aplicación en este ámbito. Se orientará la revisión más específicamente a las posibilidades en el aprendizaje colaborativo.

2. Interfaz de usuario Tangible (TUI: Tangible User Interface)

El desarrollo de la noción de una "interfaz tangible" está estrechamente vinculada a la motivación inicial para la Realidad Aumentada y Computación Ubicua. En 1993, una edición especial de las Comunicaciones de la ACM titulado "Back to the Real World" (Wellner, 1993) sostuvo que tanto las computadoras de escritorio y de realidad virtual alejan a los seres humanos de su "entorno natural". De esta manera se sugirió que en lugar de forzar a los

usuarios a introducirse en un mundo virtual, se debería aumentar y enriquecer el mundo real con funcionalidad digital.

Mientras que las ideas subyacentes de interfaces de usuario tangibles se habían discutido en el "Back to the Real World", transcurrieron un par de años para que estas ideas pudieran convertirse en un estilo de interacción.

El término Interfaz de Usuario Tangible fue acuñado por Hiroshi Ishii, científico y programador, director del proyecto "Bits Tangibles" (Tangible Bits), en funcionamiento desde el año 1995, en el Massachusetts Institute of Technology (MIT). En 1995, junto a Fitzmaurice (Fitzmaurice, 1995) introdujeron la noción de una interfaz aprehensible¹⁴. Unos años más tarde, en 1997, Ishii y sus estudiantes presentaron una visión más completa en su trabajo Tangible Bits (Ishii, 1997).

El cambio del término aprehensible por tangible marca como diferencia que "aprehensible" hace hincapié en la capacidad de tratar manualmente los objetos y "tangible" incluye percepción multisensorial.

El proyecto Tangible Bits busca volver tangible la información digital, asociando los bits con objetos físicos cotidianos y superficies arquitectónicas. El objetivo del proyecto consiste en reducir la brecha existente entre las personas, la información digital y el entorno, así como abordar las nociones de centro y periferia en las actividades humanas. El resultado es un nuevo tipo de interfaz que se encarna en el ambiente (Ishii, 1997).

Como ya se mencionó, en estas interfaces existe un fuerte acoplamiento entre la información digital y su representación tangible. A través de la manipulación física de las representaciones tangibles, la representación digital se altera. Las formas físicas sirven al mismo tiempo como representación y control de sus contrapartes digitales. De esta manera, constituyen un nuevo modo de comunicación con las computadoras que permite al usuario tocar directamente la información con sus manos, manipular literalmente los datos (Dix, 2005) (Ishii, 2006) (Ullmer, 2001).

Se puede decir que en las interfaces tangibles:

¹⁴ aprehender: Coger, asir, prender a alguien o bien algo. *Extraído de www.rae.es. Consultado por última vez en julio de 2013*

- Ocurre algún evento de entrada, que generalmente es una manipulación física realizada por una persona a través de la manipulación de un objeto cotidiano, ya sea moviéndolo, sacudiéndolo, apoyándolo, entre otros.
- Un sistema computacional es capaz de captar este evento de entrada y de alterar a partir de éste su estado.
- El sistema provee un *"feedback"* o devolución, ya sea a través de un cambio de estado en el mismo objeto (puede alterar su superficie de display, su tamaño, realizar un ruido, entre otros)

La figura 3.1 ilustra la transición de la IPO de la interfaz gráfica de usuario de PCs de escritorio a interfaces tangibles, donde el entorno se vuelve una interfaz (Ishii, 1997).

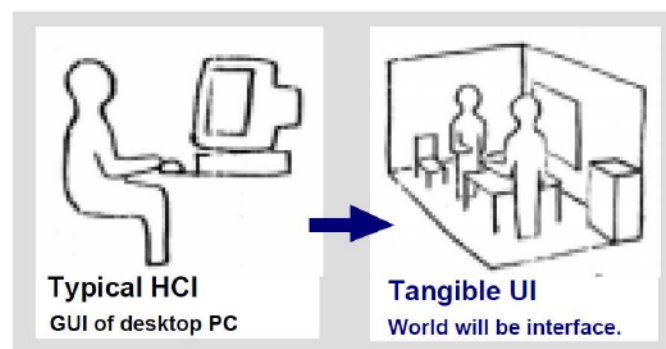


Figura 3.1- Transición de la HCl (Ishii, 1997)

Las características principales de las interfaces tangibles son:

- Las representaciones físicas están acopladas a la información digital.
- Las representaciones físicas incorporan mecanismos de control interactivo.
- Las representaciones físicas están perceptualmente acopladas de forma activa a las representaciones digitales.
- El estado físico de los objetos encarnan los aspectos clave del estado del sistema digital.

La GUI sirve como interfaz de propósito general, mediante la emulación de varias herramientas que utilizan los píxeles en una pantalla. En cambio, una TUI sirve como interfaz de propósito especial para una aplicación específica, utilizando formas físicas explícitas que pueden encajar perfectamente en el entorno físico de los usuarios. En comparación con los bits "maleables" de las GUIs, las representaciones físicas son extremadamente rígidas. Para complementar esta limitación de la rigidez, las TUIs pueden utilizar representaciones maleables tales como proyecciones de vídeo y sonidos para acompañar las representaciones tangibles, de esta forma se da una expresión dinámica de la información subyacente digital. De esta manera, demuestran una nueva forma de materializar la visión de Mark Weiser de Computación Ubicua de la tecnología digital: las computadoras deben adaptarse al entorno humano en vez de forzar a las personas a adaptarse a ellas (Ishii, 2006) (Smith, 1982).

Como se ve en la figura 3.2, una TUI hace que la información sea directamente aprehensible y manipulable con retroalimentación háptica. Una representación no tangible, como puede ser la proyección de un video puede complementar la representación tangible, logrando que ambas se sincronicen.

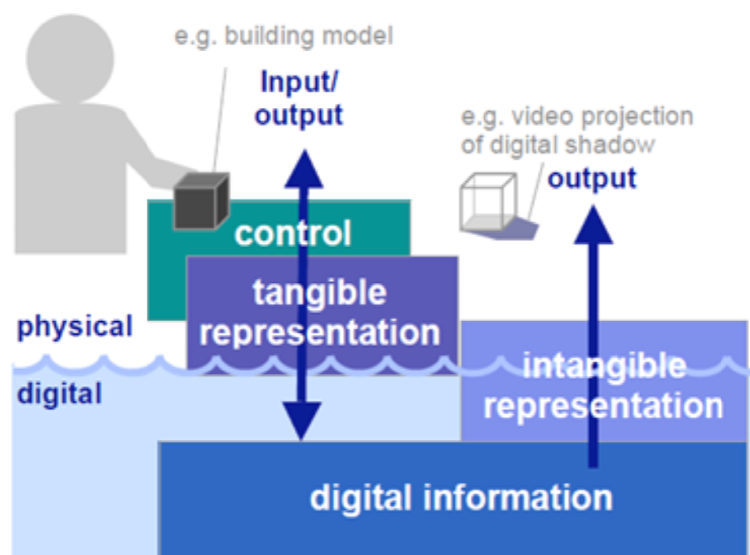


Figura 3.2 – Interacción tangible de usuario (Ishii, 2006)

Así como en las GUIs el modelo de interacción es el MVC (Model-View-Controller: Modelo-Vista-Control), en las TUIs el modelo de interacción es llamado MCRpd: Model-Control-Representation (physical and digital) (ver Figure 2b). En este modelo los componentes son los mismos que en el MVC pero se presenta al elemento vista, llamado representación, dividido en dos subcomponentes: rep-p (physical representations) y rep-d (digital representations). MCRpd muestra la integración de la representación física y el control (Ullmer, 2001).

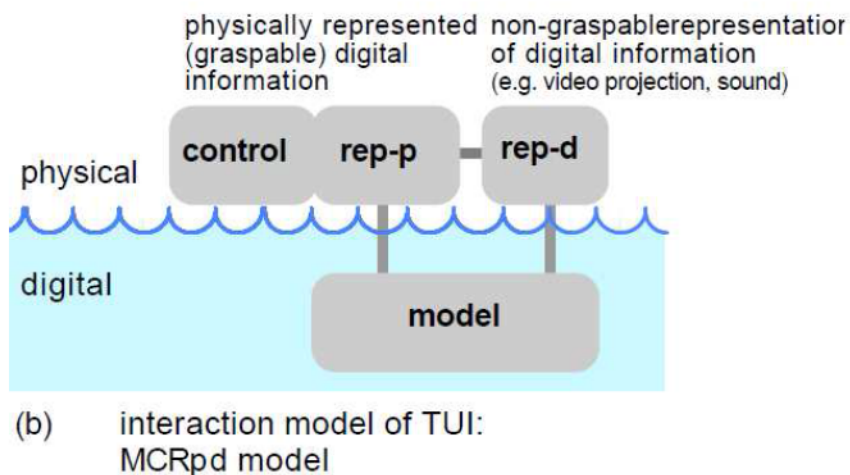


Figura 3.3 – Modelo de interacción de la TUI (Ishii, 2006).

3. Clasificación de las TUIs

Para describir o comparar los diferentes sistemas tangibles los investigadores han desarrollado clasificaciones donde se distinguen diferentes características.

3.1. Clasificación de las TUIs por grado de coherencia

Koleva et al (Koleva, 2003) han realizado una distinción entre diferentes tipos de interfaces tangibles en términos de "grado de coherencia", es decir, analizar si las representaciones físicas y las digitales son vistas como un objeto común que existe en los mundos físico y digital, o son vistas como objetos independientes, aunque interrelacionados temporalmente. El nivel más bajo de la coherencia en su esquema se ve en herramientas de uso

general, donde puede haber un objeto físico que se utiliza para manipular cualquier número de objetos digitales. Un ejemplo es el mouse, que controla varias funciones diferentes (por ejemplo, menús, barras de desplazamiento, ventanas, casillas de verificación) en diferentes momentos. En contraste, uno puede tener objetos físicos como dispositivos de entrada donde se dedica cada objeto a llevar a cabo una y solamente una función. El mayor nivel de coherencia (físico-digital de acoplamiento) en el esquema presentado en (Koleva, 2003) es donde existe la ilusión de que las representaciones físicas y digitales son el mismo objeto (O'Malley, 2004).

3.2. Clasificación de las TUIs por contenedores, tokens y herramientas

Otra clasificación de las tecnologías tangibles es proporcionada por Holmquist et al (Holmquist, 1999). Ellos distinguen entre los contenedores, tokens y herramientas. Se definen los contenedores como objetos genéricos que se pueden asociar con cualquier tipo de información digital. A pesar de que los contenedores tienen alguna analogía física en su funcionalidad, carecen de 'affordances' o topografías naturales (no reflejan necesariamente su función física ni su utilización). En contraste, los tokens son objetos que físicamente se asemejan a la información que representan de alguna manera. Finalmente, en el análisis Holmquist et al, las herramientas se definen como objetos físicos que se utilizan como representaciones de sus funciones. (O'Malley, 2004).

3.3. Clasificación de las TUIs por nivel de tangibilidad

En el trabajo de Fishkin (Fishkin, 2004), se aborda el dilema de refinar el concepto de interfaces tangibles, ya que con las definiciones generales se podría considerar a muchas de los diseños de la industria como interfaces tangibles. Por ejemplo, los controles para los asientos de un auto, ¿podrían ser interfaces tangibles? Para arrojar luz en este sentido, el autor propone dos dimensiones de análisis: "embodiment" o personalización y "metaphor" o metáfora. Fishkin afirma que cuanto mayor sea el grado de personalización y más cercana la metáfora de lo que se quiere representar más tangible será el sistema. Así define 'embodiment' como la distancia relativa entre la

representación física y digital. Si se incrementa el grado de personalización o "embodiment", se disminuye la distancia cognitiva entre el mecanismo de entrada y su resultado (O'Malley, 2004) (Price, 2008).

La segunda dimensión en el marco de Fishkin es la metáfora. En términos de interfaces tangibles, esto significa la medida en que las acciones del usuario son análogas a los efectos del mundo real en acciones similares y la medida en que su apariencia, es análoga a la apariencia física del objeto. De esta forma en un extremo de esta clasificación el sistema digital mapea completamente en la representación física, y se identificaría como "manipulación muy directa" (O'Malley, 2004).

Estas son algunas visiones de diversos autores que abordan la temática de TUIs, y se consideran de base y de importancia para quienes trabajan en el área, por esto han sido incluidas aquí. Al mismo tiempo, dado que el trabajo se enfoca a la aplicación de TUIs en el ámbito educativo, en la próxima sección se hace alguna revisión de antecedentes en este sentido.

4. TUIs y tabletops en el ámbito educativo

4.1. Reflexiones generales sobre el uso de TUI en educación

El diseño tangible se está convirtiendo cada vez más en una alternativa a la interfaz de usuario gráfica tradicional. Diferentes marcos de diseño se han aplicado al desarrollo de estos sistemas, abriendo la puerta a nuevas formas de relacionarse con el aprendizaje (Marshall, 2003) (Price, 2008).

El diseño tangible proporciona libertad para explorar, manipular y reflexionar sobre el comportamiento de los artefactos y sus efectos en el mundo digital. La teoría del aprendizaje y la cognición ofrece una justificación convincente para el valor de la Interacción Tangible en el aprendizaje. Esta justificación abarca conceptos teóricos que incluyen las prácticas de participación, la construcción de los modelos, la actividad colaborativa, entre otros. Entre los diversos argumentos que se han planteado se puede nombrar: el aumento de la flexibilidad, la generación metáforas, la posibilidad de centrar la atención

en la tarea y generar acciones, la concepción de un canal adicional para transmitir información, el razonamiento del mundo a través del descubrimiento y la participación, la mejora de la memoria a través de la acción física, la incitación a la interacción social y a la colaboración, por mencionar algunos. El aprendizaje mediado por objetos tangibles además tiene el potencial para permitir que los niños combinen y recombinen lo conocido y familiar en formas nuevas y desconocidas (Price, 2008) (Manches, 2010) (Price, 2003) (Marshall, 2007).

Hay una larga historia de uso de objetos físicos en la enseñanza. Existe una serie de proyectos de investigación que han diseñado y desarrollado objetos tangibles o entornos que se centran en diferentes aspectos de la actividad de aprendizaje, por ejemplo, la narrativa, la exploración y la construcción (Price 2008), (Marshall, 2007). Con respecto a las matemáticas y sus conceptos abstractos (y sobre todo en la educación de los primeros años) hay varios argumentos acerca de la utilidad de la manipulación de objetos concretos. Uno de ellos, es que el beneficio de los materiales físicos proviene del uso de las imágenes mentales formadas durante la exposición a los materiales. Estas imágenes mentales de las manipulaciones físicas podrán guiar la resolución de problemas. Investigaciones neurocientíficas sugieren que las áreas neuronales activadas durante el conteo con los dedos (una estrategia de desarrollo para el aprendizaje de las habilidades de cálculo) con el tiempo respaldan las habilidades de manipulación numéricas en los adultos. La evidencia sugiere que los niños pequeños (e incluso de adultos) pueden en algunos sentidos "conocer" las cosas sin ser capaz de expresar su comprensión a través del lenguaje verbal o sin ser capaces de reflexionar sobre lo que saben en un sentido explícito. (O'Malley, 2004)

Marshall, propone dos formas de clasificar a los sistemas tangibles en el aprendizaje: Expresivo y Exploratorio. Esta clasificación tiene sus raíces en los conceptos de Heidegger¹⁵ "readness-to-hand" y "present-to-hand". 'Readness-to-hand' se refiere a cuando trabajamos con una herramienta y la tratamos casi como si fuera invisible, esto significa que no nos centramos en la herramienta, sino en la tarea para la cual la estamos utilizando. De manera

¹⁵ Martín Heidegger (Filósofo alemán, 1889 -1976). Being and time.

opuesta, 'present-to-hand' significa que la atención se enfoca en la herramienta en sí misma (Marshall, 2003) (O'Malley, 2004).

Los sistemas tangibles expresivos son aquellos que permiten a la persona crear sus propias representaciones. Esto hará que salgan a la vista las inconsistencias, los conflictos y las asunciones incorrectas. La actividad expresiva representa o encarna el comportamiento del alumno (Marshall, 2003) (O'Malley, 2004).

Los sistemas tangibles exploratorios son aquellos en los que los alumnos se centran en la forma en la que trabaja el sistema en lugar de centrarse en las representaciones exteriores. Cuando el sistema no reacciona del modo esperado, el alumno debe dar un paso atrás tratando de entender por qué se han producido los fallos. Al hacerlo, se vuelven más reflexivos acerca de la tecnología que están utilizando. En la actividad exploratoria, el alumno estudia el modelo de la interfaz tangible proporcionada por el diseñador (Marshall, 2003) (O'Malley, 2004).

4.2. Tabletops en las aulas

Entre las propuestas de la Interacción Tangible, las superficies activas ya son una realidad habitual en muchas aulas, bien en forma de pizarras interactivas, o tabletops horizontales (Marco, 2010).

Las tabletops son superficies horizontales aumentadas computacionalmente. Las actividades educativas pueden beneficiarse significativamente de la tecnología de tabletops interactivas. Aquí solo se presenta escuetamente el concepto, pero en el siguiente capítulo de este trabajo, se detallará más en profundidad sobre este tipo de soportes. Las tabletops combinan el estilo de interacción de trabajo tradicional, presencial, con las mejoras de los medios digitales abriendo posibilidades de acción en el ámbito educativo. La disposición de los usuarios alrededor de una mesa refuerza la interacción humana y el contacto visual entre alumnos y educadores. A su vez, el uso de entornos virtuales, animaciones y sonido son un importante estímulo para el alumno, reforzando su motivación durante la realización de las tareas. En particular, las tabletops podrían contribuir con la tarea de dar "*feedback*" a los alumnos mientras realizan una actividad grupal. Cuando los estudiantes están

trabajando en una actividad en grupos pequeños, el docente sólo puede ayudar a un grupo a la vez. Sin embargo, con la tecnología digital los grupos podrían recibir información sobre su progreso (Guisen, 2011) (Morris, 2005).

4.3. Experiencias de utilización de tabletops en Educación

Varios son los autores que se encuentran investigando sobre el uso de las tabletops en el ámbito educativo. Algunos abordan el uso de interacción basada en tabletop multitouch y otros en Interacción Tangible a través de objetos. Tal como se expuso en reflexiones anteriores, este modelo de interacción resulta prometedor y ha arrojado interesantes resultados en diferentes experiencias que se han realizado.

La intención de este apartado es presentar algunas de tales experiencias. En particular, se hará foco en aquellas que se vinculen a tareas colaborativas que fomenten el aprendizaje y trabajo colaborativo, debido a la temática particular de esta tesina. Al mismo tiempo, se dividirán las experiencias en aquellas basadas en tabletops e interacción multitouch y las basadas en Interacción Tangible. Si bien este trabajo se orienta más específicamente al uso de Interacción Tangible, se cree de interés y oportuno abrir el panorama a otros usos de las tabletops.

Zufferey et al (Zufferey, 2009), presentan el proyecto TinkerSheets es una interfaz tangible que permite a los usuarios controlar una simulación a través de la manipulación física. La modalidad de interacción es a través de papeles donde se utilizan fichas físicas (por ejemplo, imanes) o lapiceras para interactuar con la aplicación. Las áreas de salida son aumentadas con textos o dibujos acorde al espacio donde se apoye el papel sobre la superficie de la Tinkertable actualizándose en tiempo real. TinkerSheets brinda a los usuarios, objetos tangibles para interactuar con el núcleo del modelo de una simulación y con los formularios de papel para controlar un número arbitrario de parámetros y de visualización de datos. Los autores presentan resultados interesantes del uso de esta aplicación en el ámbito educativo. Luego, Do-Lehn junto a otros autores, entre ellos Zufferey, han abordado el trabajo con TinkerLamp, basada en el uso de bloques y otros objetos para la construcción

colaborativa de un depósito (Figura 3.4). Realizaron un estudio comparativo del impacto de la utilización de la Interacción Tangible para los alumnos involucrados, respecto de realizar la tarea con lápiz y papel de una manera más tradicional. Los resultados obtenidos al momento, remarcan que los alumnos trabajando con TUI exploraron más alternativas de solución durante el desarrollo de la tarea, diseñaron depósitos con mayor calidad en su formato. Sin embargo, no encontraron evidencia significativa en los resultados de aprendizaje en uno y otro grupo. Por lo que dejan abierta la puerta para ahondar en estos estudios. Es de destacar estudios previos de Do-Lenh et al. (Do-Lenh, 2009) en los que investigaron acerca del efecto de las tabletops con interfaces tangibles para el aprendizaje colaborativo, y compararon la realización de un mapa conceptual sobre una computadora tradicional usando mouse y teclado como dispositivos de entrada versus el realizarla sobre una tabletop soportando Interacción Tangible.

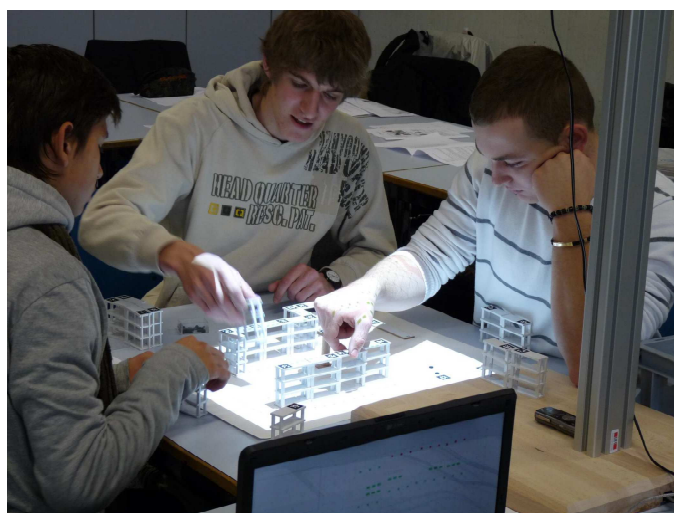


Figura 3.4 – En esta imagen se muestra el uso de TinkerLamp, basada en Interacción Tangible (Do-Lenh, 2009)

En el trabajo de Manches et al (Manches, 2010), se lleva a cabo un análisis de la importancia de la manipulación de objetos físicos en la enseñanza y aprendizaje de ciertos temas matemáticos. Comparan el rol de las representaciones físicas en tareas numéricas y se comparan con estrategias de utilización de materiales educativos digitales, en niños. Sostienen que la utilización de la Interacción Tangible permite combinar las ventajas de ambas estrategias.

El trabajo de Fernaeus et al (Fernaeus, 2005), también resulta un antecedente de interés para el uso de Interacción Tangible en educación. Presentan un espacio de programación tangible diseñado para la construcción colaborativa por parte de los alumnos, en un sistema interactivo basado en pantallas.

También AlgoBlocks, es un antecedente en este sentido, y los autores Suzuki et al (Suzuki, 1995), exponen varias de las ventajas de esta modalidad de interacción para la enseñanza de la programación en estudiantes jóvenes.

Colella et al (Colella, 1998), presentan en su artículo sobre el uso de objetos computacionales para aprender sobre sistemas dinámicos, el uso de etiquetas como objetos para mostrar, en la interacción de éstas, situaciones de simulación de sistemas dinámicos. Por ejemplo, mostrar cómo se podría ocasionar una epidemia a partir de agentes portadores de algún virus, entre otros.

Por otra parte, se estudiaron trabajos donde las tabletops tangibles han sido usadas en el ámbito de la educación especial. Por ejemplo, con niños con síndromes de relación social (Piper, 2006) (Veen, 2009); y con usuarios de comunicación aumentativa y alternativa, combinando en este último caso el uso de gráficos y recursos multimediales (Garzotto, 2010).

ACoTI (Augmentative Communication through Tangible Interaction) es una herramienta educativa que, como ayuda tecnológica, se orienta a asistir al desarrollo de competencias comunicacionales de alumnos con Necesidades Complejas de Comunicación (NCC) usuarios de Comunicación Aumentativa-Alternativa (CAA). Se basa en el paradigma de Interacción Tangible, y propone, mediante actividades de asociación simple y compleja, que el usuario relacione un objeto tangible (real o en miniatura) con su representación (signo gráfico) proyectada en una tabletop horizontal. Esta herramienta forma parte de los trabajos conjuntos realizados por el Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI) y el grupo de Informática Gráfica Avanzada de la Universidad de Zaragoza. Se ha puesto a prueba y evaluado esta herramienta con alumnos del ámbito de educación especial de España (Sanz, 2012) (Baldassarri, 2011).

Otros trabajos que han sido de interés como base para la presente tesina, se presentan a continuación. Estos utilizan tabletops, pero multitouch.

Linehan et al (Linehan, 2009), presentan el desarrollo de una experiencia de juego serio colaborativo mediado por una tabletop. Fundamentan su trabajo en la importancia de entrenar a las personas en el desarrollo de habilidades para la toma de decisiones grupales y colaborativas. Realizan un caso de estudio de su aplicación con un grupo de 24 estudiantes, obteniendo resultados positivos respecto de las metas que se han propuesto.

Rick et al (Rick, 2008), adaptaron una aplicación de escritorio (DigiQuilt) a una de ambiente basada en tabletop. De esta manera, enfocaron varios objetivos educativos tales como permitir diferentes perspectivas sobre la misma información, soportar el aprendizaje basado en la realización de tareas, y la colaboración.

Algunos autores como Schubert, Serna y George (Schubert, 2012), han presentado estudios sobre el uso de una tabletop para realizar una experiencia de trabajo colaborativo, en particular para la realización de una sesión de lluvia de ideas. Realizaron una comparación entre llevar adelante la sesión de lluvia de ideas de forma más tradicional y con la mediación de una tabletop con software específico, y uso de interacción "multitouch". Los resultados obtenidos marcan una tendencia favorable para el aprendizaje y transferencia de conocimiento por parte de los alumnos cuando han mediado su interacción con la tabletop.

Estos últimos trabajos interesan en el sentido de enfocarse a la colaboración y al aprendizaje colaborativo utilizando una tabletop en particular.

5. Conclusión

La Interacción Tangible soportada en tabletops resulta, acorde a las investigaciones y trabajos exploratorios presentados en este capítulo, un desafío y un camino para los desarrolladores de sistemas informáticos. En particular, según trabajos como el de Marshall, O'Malley, Do-Lehn, entre otros, sus posibilidades para el ámbito educativo son sustanciales, en particular, para aquellas actividades que involucran la colaboración entre personas.

Si bien hoy en día, también se ve una tendencia en el uso de tabletops multitouch, se cree que el uso de objetos cotidianos para la interacción proporciona ventajas complementarias. Este capítulo permite dar sustento al diseño del prototipo que se desarrollará como parte de esta tesina.

Capítulo 4

Tabletops y el diseño de VisionAR

1. Introducción

En este capítulo, se describirán los aspectos más importantes referidos al armado y puesta a punto de la superficie horizontal interactiva (tabletop), sobre la cual se desarrollará la aplicación propuesta en esta tesina.

En primer lugar, se presentará el concepto de fiducial, y la forma utilizada para su detección, a partir del uso de un software específico. Luego, se hará una pequeña presentación de la tabletop NIKvision, que ha sido el modelo referente para este trabajo. Se detallarán sus componentes y su funcionamiento. Finalmente, se presentará la versión desarrollada en el marco de un proyecto del III-LIDI, y cuyos ajustes y puesta a punto ha sido uno de los desafíos de esta tesina. La tabletop local se ha denominado VisionAR.

2. Fiduciales y su detección utilizando ReactIVision

El sistema propuesto en esta tesina se basa en la Interacción Tangible sobre una tabletop, que ha sido desarrollada en el III-LIDI, tomando como referencia el modelo presentado por NIKVision (Marco, 2010).

La Interacción Tangible utiliza una serie de marcadores o fiduciales que, a través de su reconocimiento, provocan determinados eventos y acciones dentro de la aplicación.

Un fiducial es una imagen o marcador que, situado en la base de un objeto físico, permite identificarlo mediante un sistema de detección visual. Este marcador puede dar información como identidad, posición y orientación. El diseño de los fiduciales suele ser simplista para que la CPU requiera de pocos recursos para poder identificarlos. Para la detección visual se suele utilizar el espectro infrarrojo para distinguir el marcador de la proyección, por lo que los fiduciales se construyen a partir de la agrupación de zonas de color blanco o negro.

En este caso, para la detección y reconocimiento de los fiduciales se utiliza ReactIVision 1.4 (Kaltenbrunner, 2007). En la próxima subsección se presenta una descripción de este framework.

En el proceso de captura de las imágenes, se trabaja con una cámara de infrarrojos y se requiere de un tipo de iluminación especial para poder lograr obtener la escena en forma adecuada. Todos estos aspectos se revisarán en la sección donde se presenta el modelo de NIKVision. En esta sección, se pone el foco en el framework utilizado para la detección de fiduciales y dedos.

2.1. ReactIVision 1.4

ReactIVision es un framework de visión por computadora, multiplataforma y de código abierto, para el seguimiento rápido y robusto de dedos y marcadores impresos (fiduciales). Este conjunto de herramientas permite un rápido desarrollo de interfaces tangibles (TUI) y superficies interactivas multi-táctiles.

ReactIVision fue desarrollado por los miembros del Music Technology Group, en la Universidad de Pompeu Fabra en Barcelona, España (Kaltenbrunner, 2007). Inicialmente, fue un componente de la ReactTable (Figura 4.1), una tabletop que funciona como un sintetizador de creación de música, generando sonidos dependiendo de los objetos ubicados sobre ella y de su posición.



Figura 4.1– ReactTable desarrollada por el Music Technology Group

Los fiduciales que ReactIVision interpreta (y proporciona) tienen forma de ameba (Figura 4.2). Han sido diseñados para una correcta detección de la cámara, usando círculos, que pueden ser concéntricos. Estos círculos proporcionan una orientación que puede ser usada en el procesamiento de la

información. La orientación se deduce debido a que los círculos negros siempre se colocan en el lateral opuesto a los círculos blancos. Sin estas marcas un fiducial carecerá de orientación (Kaltenbrunner, 2007).

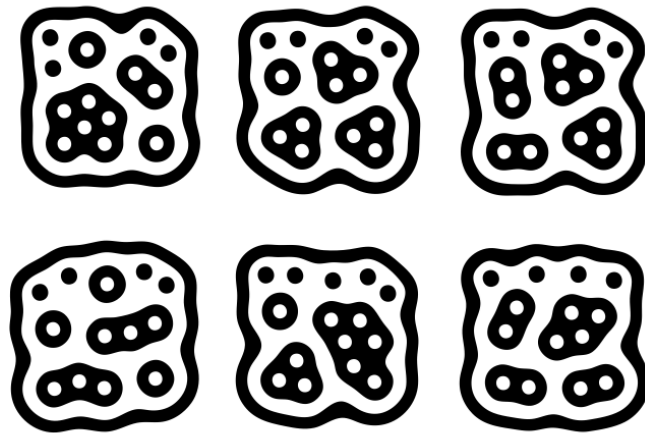


Figura 4.2 – Marcadores fiduciales de ReactIVision

El software reconoce la presencia de múltiples marcadores en la cámara e informa su posición, ángulo, velocidad de movimiento y rotación. Es una aplicación independiente que se comunica con cualquier aplicación cliente conectada, mediante mensajes TUIO, a través del puerto UDP¹⁶.

TUIO¹⁷ es un protocolo diseñado específicamente para cubrir las necesidades de comunicación que presentan los tabletops. Este protocolo define las propiedades comunes que presentan los objetos identificados con fiduciales, y los movimientos del dedo realizados por el usuario. Su función principal es el envío de la información extraída por las aplicaciones de reconocimiento a las

¹⁶ User Datagram Protocol (UDP) es un protocolo del nivel de transporte basado en el intercambio de datagramas (Encapsulado de capa 4 Modelo OSI). Permite el envío de datagramas a través de la red sin establecer previamente una conexión. El propio datagrama incorpora suficiente información de direccionamiento en su cabecera. Tampoco tiene confirmación de entrega o recepción, ni control de flujo, por lo que los paquetes pueden adelantarse unos a otros. Su uso principal es para protocolos en los que el intercambio de paquetes de la conexión/desconexión no son rentables con respecto a la información transmitida, así como para cuando no es posible realizar retransmisiones por los estrictos requisitos de retardo.

¹⁷ www.tuio.org

aplicaciones que vayan a usar esta información. TUIO se basa en OSC¹⁸ (Open Sound Control), un estándar emergente para entornos interactivos, diseñado en un principio para tabletops musicales. TUIO fue inicialmente implementado junto a ReactIVision para el proyecto Reactable (Kaltenbrunner, 2005).

ReactIVision incluye un conjunto de ejemplos de clientes TUIO en varios lenguajes de programación, los cuales sirven para el desarrollo de aplicaciones TUI. Alternativamente, este framework habilita el envío de mensajes MIDI¹⁹.

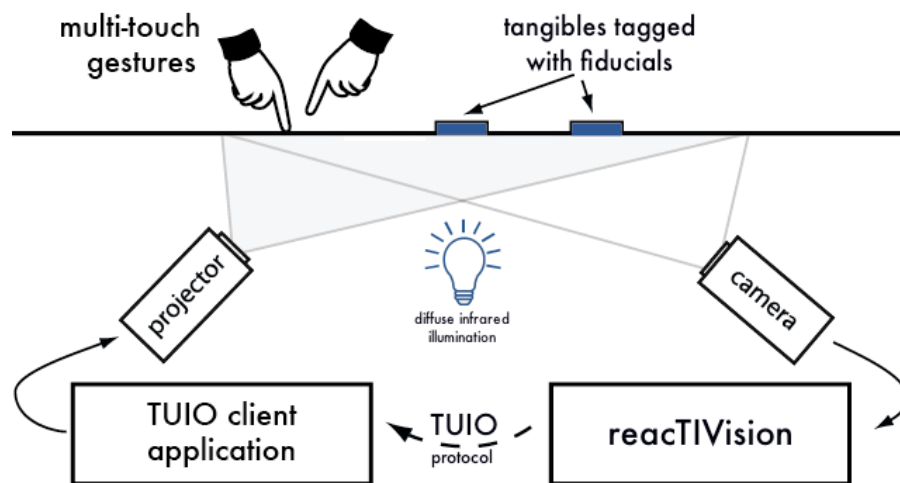


Figura 4.3 – Esquema de uso de las aplicaciones TUIO²⁰

Tanto ReactIVision como los clientes disponibles son libres bajo la licencia GPL²¹. Vale mencionar que, además, ofrecen una SDK comercial. El uso de los

¹⁸ Open Sound Control (OSC) es un protocolo de comunicación entre dispositivos y aplicaciones, optimizado para la transmisión de datos digitales vía red, pensado originalmente para el control de instrumentos musicales digitales como reemplazo al protocolo MIDI.

¹⁹ MIDI (Interfaz Digital de Instrumentos Musicales). Se trata de un protocolo de comunicación serial estándar que permite a las computadoras, sintetizadores, secuenciadores, controladores y otros dispositivos musicales electrónicos comunicarse y compartir información para la generación de sonidos.

²⁰ Tomado de www.tuio.org

²¹ Licencia GPL (General Public License) es una licencia de regulación de los derechos de autor de los programas de software libre. Esta licencia, promovida por la Free Software Foundation (FSF) en el marco de la iniciativa GNU, permite la distribución de copias de programas (e incluso

fiduciales es exclusivo de ReactIVision, y para utilizarlos con otra aplicación, es necesario adquirir la licencia.

El funcionamiento del sistema puede resumirse en las siguientes fases:

1. Obtención de la información de la cámara de infrarrojos.
2. Conversión de los fotogramas recibidos en imágenes en blanco y negro (B&W) con un algoritmo adaptativo (Figura 4.4).
3. Segmentación de las imágenes en B&W en un árbol que alterna las regiones blancas y negras codificadas en el marcador impreso.
4. Comparación con un diccionario previamente establecido para asignar un número de identificación único.

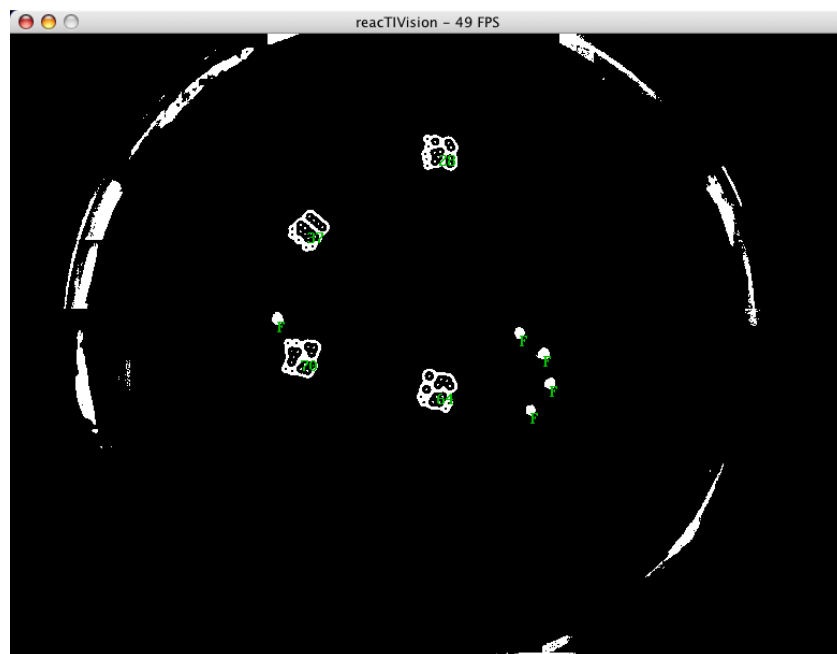


Figura 4.4 – Fotograma convertido a blanco y negro²²

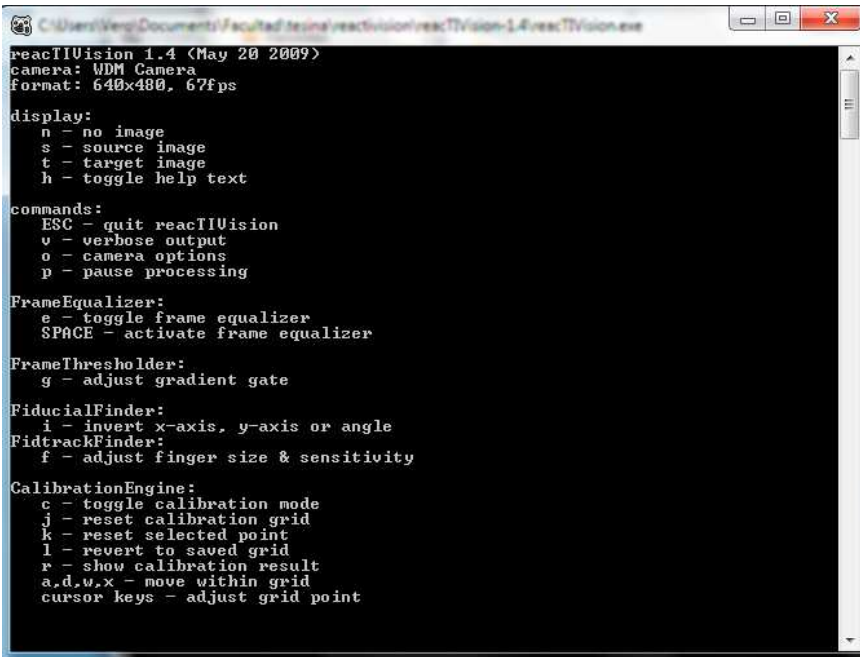
ReactIVision trabaja con un motor de tratamiento de superficies SDL²³ que se encarga de gestionar todo el proceso análisis de la imagen. El framework

cobrar por ello), así como modificar el código fuente de los mismos o utilizarlo en otros programas.

²² Tomado de www.tuio.org

posee varios procesadores de información que tienen la labor de operar con las imágenes procedentes de la cámara. Estos procesadores de información se añaden al motor de tratamiento para que éste gestione cuándo se realizarán las acciones de cada uno. Cada uno de estos procesadores se encarga de una tarea, como ser ecualización, umbralización, detección de fiduciales y dedos, calibración, entre otras. La configuración de los procesadores se guarda en un fichero XML de configuración.

La Figura 4.5 muestra el menú de ReactIVision con opciones de configuración de todos los procesadores. La configuración de la cámara que se usa es de 640x480, a 67 frames por segundo. Una vez que todo ha sido cargado se procede a ejecutar un bucle que lee la información que llega de la cámara, y la procesa para retornar información.



```
reactIVision 1.4 (May 20 2009)
camera: WDM Camera
format: 640x480, 67fps

display:
n - no image
s - source image
t - target image
h - toggle help text

commands:
ESC - quit reactIVision
v - verbose output
o - camera options
p - pause processing

FrameEqualizer:
e - toggle frame equalizer
SPACE - activate frame equalizer

FrameThresholder:
g - adjust gradient gate

FiducialFinder:
i - invert x-axis, y-axis or angle
FidtrackFinder:
f - adjust finger size & sensitivity

CalibrationEngine:
c - toggle calibration mode
j - reset calibration grid
k - reset selected point
l - revert to saved grid
r - show calibration result
a,d,w,x - move within grid
cursor keys - adjust grid point
```

Figura 4.5 – Menú de configuración de ReactIVision 1.4

²³ SDL (Simple DirectMedia Layer), es una biblioteca multimedia y multiplataforma diseñada para facilitar el acceso de bajo nivel a elementos tales como el audio, teclado, ratón, joystick; además de proporcionar soporte al hardware3D mediante OpenGL al buffer 2D de vídeo. La biblioteca se encuentra desarrollada en lenguaje C, aunque existen librerías para hacerla funcionar en otros lenguajes, como C++, Ada, etc.

Esta biblioteca normalmente es usada para la interfaz gráfica de los reproductores de MPEG, emuladores y videojuegos

La calibración de la imagen tomada por la cámara es un paso muy importante en todo el proceso. Esta fase consiste en una conversión entre las coordenadas reales y las obtenidas por la cámara estableciendo así una relación entre ellas. Esto es necesario ya que la cámara produce alteraciones ópticas, distorsionando la imagen respecto a la realidad, por lo que a la hora de representar elementos en unas coordenadas determinadas, este objeto puede no quedar situado en la posición esperada. Por lo tanto, es necesario corregir la imagen adquirida para un correcto funcionamiento del software. El calibrador puede activarse pulsando la tecla 'c'. Al hacerlo se muestra una grilla formada por líneas y puntos que se pueden mover por la pantalla. El desplazamiento y modificación de los puntos provoca que las zonas de la imagen dada por la cámara que coincidan con esos puntos, se deformen hasta los nuevos puntos establecidos. En las Figuras 4.6 y 4.7, se observa una imagen sin calibrar y el efecto que se produce al mover los puntos de la grilla para ajustarlos a la imagen real.

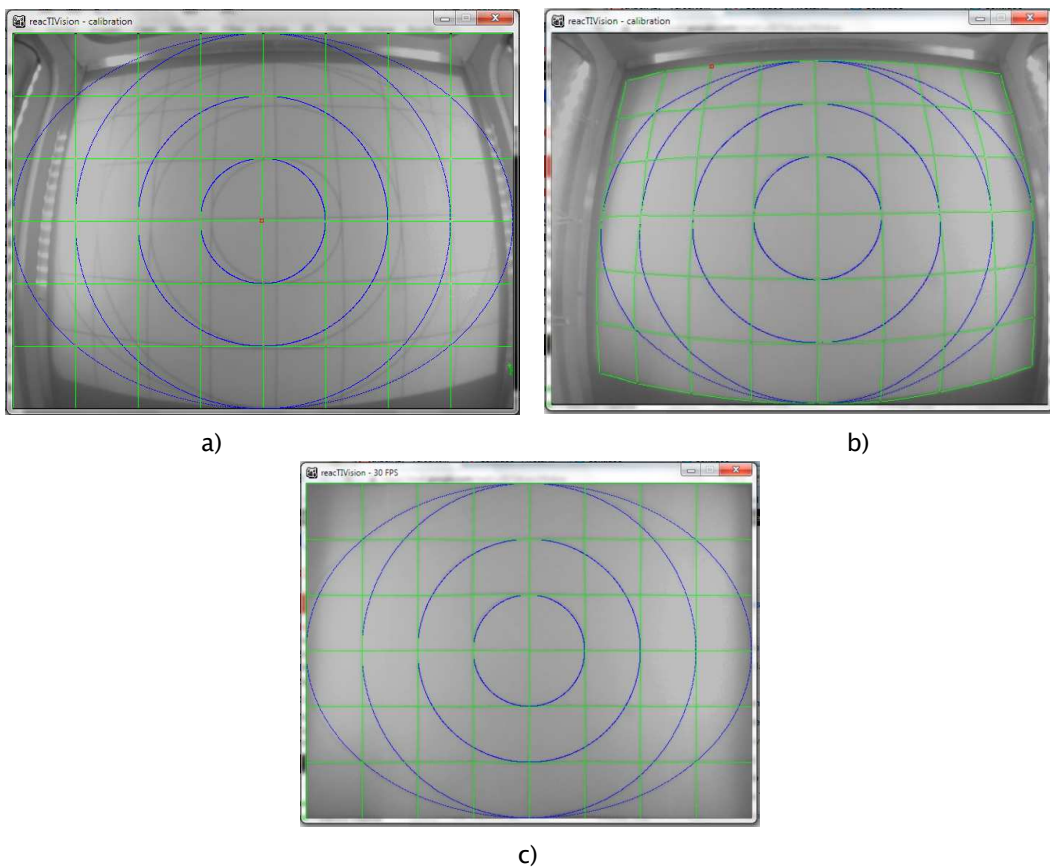


Figura 4.6 – Imagen capturada por la cámara a) Sin calibración b) con la malla adaptada a la grilla tomada por la cámara c) Imagen calibrada

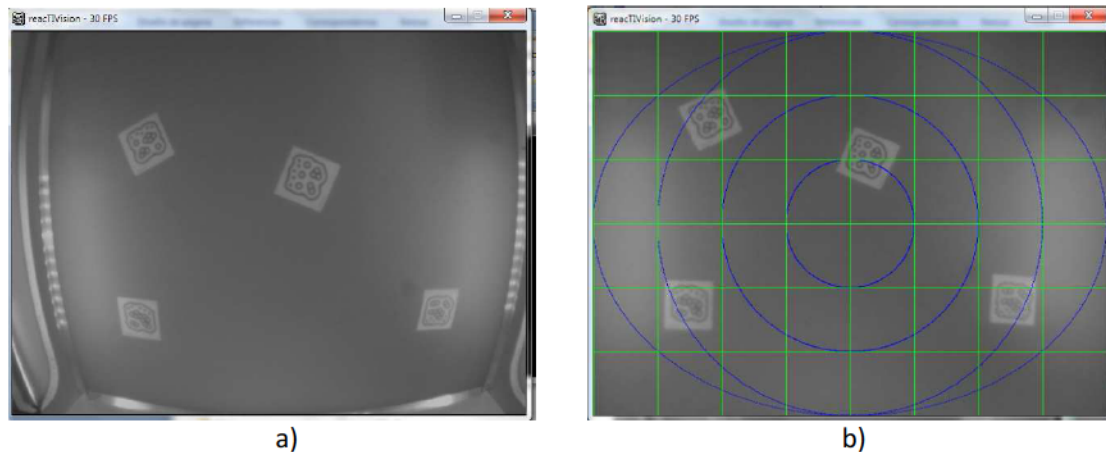


Figura 4.7 – Imagen captura por la cámara a) Sin calibración b) Calibrada

Como último paso, toda la información obtenida después del tratamiento se envía a las aplicaciones a través del protocolo TUIO, mencionado anteriormente.

3. Descripción del modelo de Nikvision

NIKvision es una tabletop diseñada por el Grupo de Informática Gráfica Avanzada (GIGA) de la Universidad de Zaragoza. El funcionamiento de NIKvision, se basa en el reconocimiento visual por medio de una cámara que se coloca debajo de una mesa para captar objetos que se sitúan en la superficie de la misma. Las imágenes, capturadas por la cámara, son enviadas a un software de reconocimiento, que se encarga de tratar las imágenes y extraer la información útil de éstas. Una vez extraída la información, es enviada al sistema. Finalmente, la respuesta del sistema es representada de forma gráfica a través de un proyector en la superficie de la mesa. De esta forma, la superficie es utilizada a modo de tablero de juego. La combinación de proyectores permite crear entornos de Realidad Aumentada. Opcionalmente, puede utilizarse un monitor como salida de información extra.

El sistema utiliza iluminación infrarroja difusa para independizar el reconocimiento visual de la iluminación ambiental, y al mismo tiempo, como esta luz es emitida en distinta frecuencia, no producir interferencias con la imagen proyectada.

La Figura 4.8 muestra el esquema de la arquitectura de NIKvision. Los elementos que la conforman son:

Entradas: cámara de infrarrojos con conexión USB (referenciada como elemento 2 en la Figura 4.8), encargada de captar los objetos colocados en la superficie de la mesa (referencia 1 de la Figura 4.8).

Salidas: la imagen activa en la superficie que se realiza mediante retroproyección (referencia 4 de la Figura 4.8), utilizando un espejo (referencia 5, de la Figura 4.8)

Adicionalmente, se puede producir una salida gráfica a través de un monitor conectado a la computadora (referencia 6, de la Figura 4.8) y colocado en un lateral de la mesa.

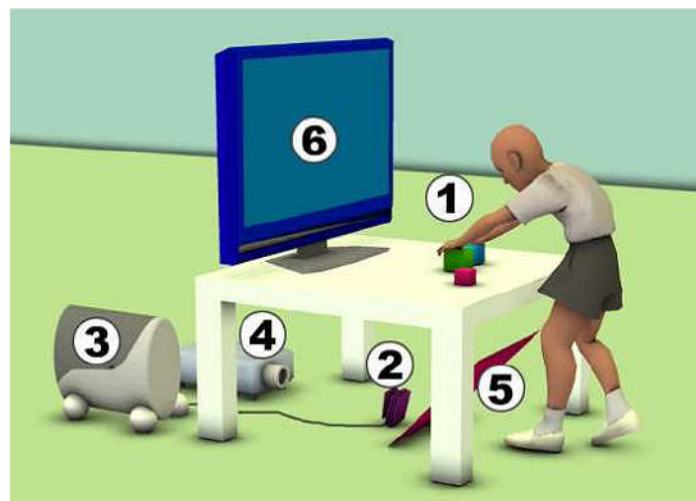


Figura 4.8. – Arquitectura de la tabletop NIKvision. 1- Objetos para la interacción, 2- Cámara de Infrarrojos, 3- Computadora, 4- Proyector, 5- Espejo, 6- Monitor (Marco, 2010)

4. Armado de la tabletop VisionAR

VisionAR es una tabletop desarrollada en el marco de un proyecto del III-LIDI²⁴ y resultado de los trabajos de cooperación con el GIGA. La estructura de esta

²⁴ Proyecto 11-F01211-F012 – Tecnología y aplicaciones en Sistemas de Software Distribuidos. Experiencias en E-learning, E-government y Sistemas productivos. Acreditado por la UNLP. (2010 – 2013)

<http://weblidi.info.unlp.edu.ar/wp/>

mesa fue realizada en fibrofácil y acrílico. El diseño fue pensado para un simple armado/desarmado, de manera tal de poder trasladarla de un lugar a otro con facilidad. La Figura 4.9 muestra las partes que conforman la estructura de la mesa.

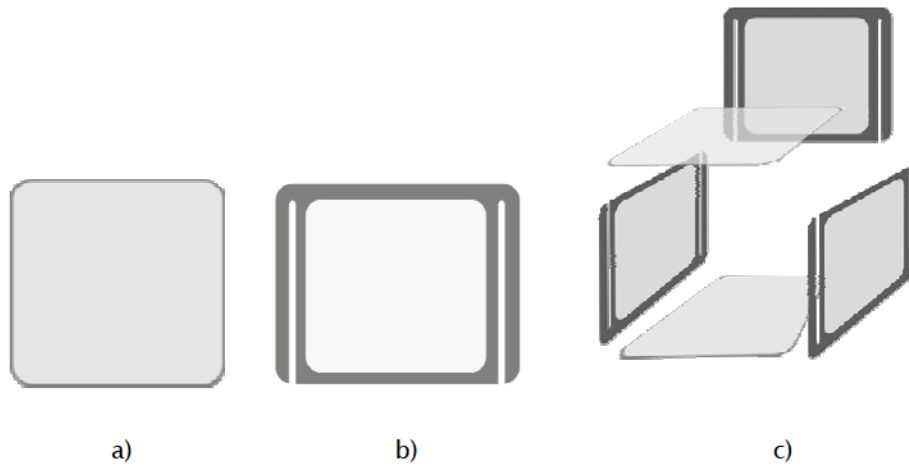


Figura 4.9 – Estructura de VisionAR a) base y superficie b) lateral de la mesa para encastrar c) Armado de la mesa

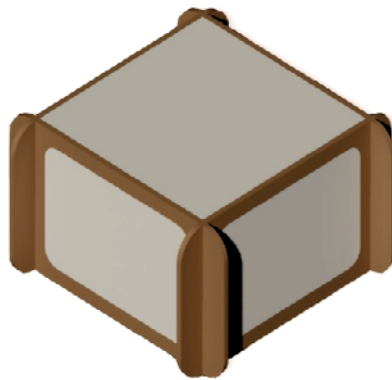


Figura 4.10 – VisionAR armada

Como parte de esta tesina se trabajó en la puesta a punto de la mesa, realizando los ajustes necesarios para lograr la adecuada disposición de sus componentes.

Los componentes con los que se trabajan son:

- Un proyector Epson modelo PowerLite S6+

- Una cámara Sony de Playstation (PS) modelo Eye, sin lente, con conexión USB. A ésta se le agregó un filtro IR y un lente de 2.8 mm. Para proteger la cámara fue necesario colocarla en un soporte de plástico (Figura 4.11)
- Barras de leds infrarrojos (Figura 4.12). Las luces fueron colocadas a media altura para evitar que la imagen tomada por la cámara quede sobreexpuesta (Figura 4.14) y lograr la iluminación requerida (Samper, 2011). En la figura 4.13, se puede visualizar la posición y forma en que fueron acomodadas las luces en el interior de la mesa. De esta manera, se comprobó que se consigue uniformar la iluminación en la mesa, sin que refleje en el espejo y sin alumbrar directamente a la cámara.

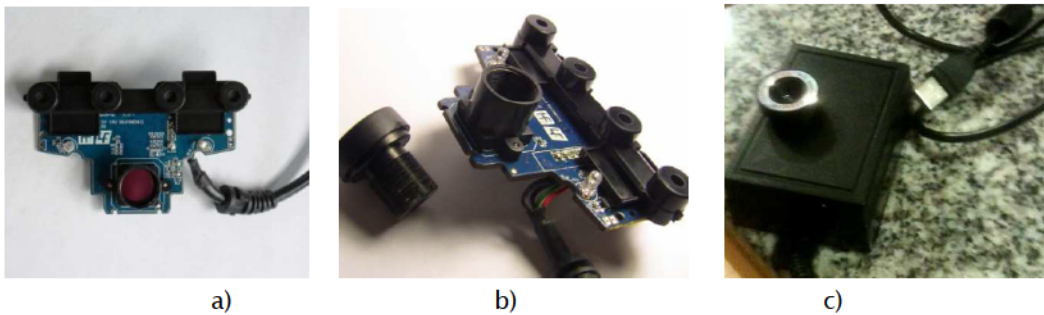


Figura 4.11 – a) Cámara PS3 Eye b) Cámara PS3 Eye y lente m12 2.8 mm c) Cámara en carcasa



Figura 4.12 – Barra de leds infrarrojos



Figura 4.13- Interior de la mesa VisionAR armada con los leds colocados cerca de la superficie de la mesa.



Figura 4.14 - Imagen tomada por la cámara con leds colocados en los laterales de la mesa

Finalmente, luego de todos los ajustes, la mesa quedó armada como muestra la Figura 4.15



Figura 4.15 – Mesa VisionAR

Una vez armada la mesa se realizaron una serie de pruebas para su evaluación. Para ello se solicitó a diferentes personas que interactuaran con la mesa utilizando algunos objetos y sus dedos.

La interacción con los objetos no generó ningún inconveniente, pero al momento de interactuar con los dedos, la detección variaba de acuerdo al tamaño de los dedos de la persona y a la posición en cual se colocaba la mano.

Resulta obvio resaltar que no es deseable que el usuario deba concentrarse en cómo colocar la mano y deba buscar la posición en la cual la mesa detecta su dedo, ya que esta concentración hará que pierda de vista el objetivo por el cual está interactuando con la mesa. El usuario debe utilizar la mesa como herramienta para trabajar siendo su uso transparente. Por ello se decidió cambiar la interacción con los dedos y utilizar una especie de lápiz (Figura 4.16). El lápiz se utiliza de forma natural y no requiere la atención del usuario para su uso. La experiencia en el uso del lápiz es común a todos los usuarios.



Figura 4.16 – Utilización del lápiz

Se realizaron nuevas pruebas en donde los usuarios debían interactuar con el lápiz y demostraron una mayor efectividad en la mesa (Figura 4.17).



Figura 4.17 – Usuarios utilizando el lápiz

Otro punto importante a destacar, es que tras repetidos usos de los objetos tangibles se observó que los marcadores fiduciales colocados en la parte inferior se iban desgastando (Figura 4.18) hasta que el papel se ensuciaba y se borraba tanto que sistema dejaba de reconocerlos. Para evitar el deterioro de los marcadores, se decidió ponerles una protección plástica adhesiva.

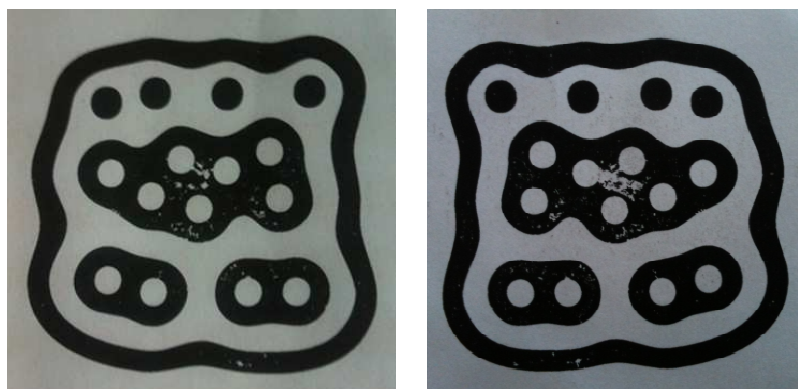


Figura 4.18 – Fiduciales desgastados por el uso

De esta manera, se abordó el trabajo en la puesta a punto de VisionAR que ha sido un proceso de estudio y pruebas a medida que se avanzaba con el desarrollo de la aplicación de la tesina.

5. Resumen

A lo largo de este capítulo se han descrito los aspectos más importantes referidos al armado y puesta a punto de la superficie horizontal interactiva (tabletop), sobre la cual se desarrolla la aplicación propuesta en esta tesina.

Se presentó el concepto de fiducial, y su detección a partir del uso de ReactIVision. Además se detalló la tabletop NIKvision usada como referente para este trabajo. Finalmente, se mostró la versión de tabletop desarrollada, VisionAR, cuyos ajustes y puesta a punto han sido uno de los desafíos de esta tesina.

Capítulo 5

Caso de Estudio

Diseño de un prototipo de Interacción Tangible

1. Introducción

En este capítulo, se describirá el análisis de requerimientos del prototipo a desarrollar como parte de la tesina. Inicialmente se dará una introducción a los conceptos de aprendizaje y aprendizaje colaborativo. Luego, se presentará la estrategia utilizada en el marco de un curso de postgrado de la Facultad de Informática para abordar estos conceptos. De esta manera, se introducirá la necesidad educativa que da origen al prototipo a desarrollar en esta tesina. Finalmente, se detallarán los aspectos más importantes referidos al diseño y desarrollo de la aplicación ITCOL que es el nombre que se le da al prototipo antes mencionado.

2. Aprendizaje colaborativo

El aprendizaje puede ser definido como un proceso que implica un cambio duradero en la conducta, o en la capacidad para comportarse de una determinada manera, que se produce como resultado de la práctica o de otras formas de experiencia (Beltrán, 1993) (Shuell, 1987). En esta definición, aparecen incluidos una serie de elementos esenciales del aprendizaje. En primer lugar, el aprendizaje supone un cambio conductual o un cambio en la capacidad conductual. En segundo lugar, dicho cambio debe ser perdurable en el tiempo. En tercer lugar, otro criterio fundamental es que el aprendizaje ocurre a través de la práctica o de otras formas de experiencia (Ej.: observando a otras personas).

También, se puede ver al aprendizaje como el proceso de adquisición de conocimientos, habilidades, valores y actitudes, posibilitado mediante el estudio, la enseñanza o la experiencia. Este proceso puede ser analizado desde diversas perspectivas, por lo que existen distintas teorías del aprendizaje.

En un encuentro áulico, en el que están involucrados los roles de alumno y docente, se pueden encontrar los siguientes elementos en relación a la enseñanza de un tema particular:

1) La motivación. Antes de presentar un determinado contenido, se debe incitar a los alumnos a que indaguen acerca de lo que se va a tratar, formular

preguntas de manera que se estimule el interés de los alumnos hacia el tema. Esto implica también en sí mismo una importante interacción entre docente y alumno.

2) La presentación del contenido. Para esto es conveniente que se utilicen estímulos multi-sensoriales, que los ayuden a asimilar la información desde varios sentidos, desde varios puntos de vista, que la indaguen, que la analicen, que la conozcan por primera vez, y en caso contrario que la ubiquen en recuerdos anteriores que los ayuden a reconocer la nueva información.

3) La práctica. De ser posible es necesario realizar la puesta en práctica, la muestra en hechos de lo que se acaba de aprender. Además, se puede dar la aplicación del aprendizaje, que es tan solo una extensión de la práctica. Esta última fase es, en sí, la que proporciona oportunidades de desarrollo y de utilización del pensamiento crítico.

El aprendizaje colaborativo busca aprovechar las ventajas de la interacción del alumno con sus pares. El aprendizaje colaborativo se basa en los principios del trabajo colaborativo. Por esto, en los siguientes párrafos se hará una breve introducción sobre trabajo colaborativo, para dar lugar, luego, a la conceptualización de aprendizaje colaborativo.

Desde sus inicios el hombre se ha caracterizado por ser un ente social. Para poder subsistir, ha necesitado vivir y desarrollarse en comunidad, dando paso al trabajo colaborativo.

Existen diversas razones que llevan al hombre a trabajar de manera colaborativa. A continuación se enumeran algunas de ellas:

Remontándonos al pasado, para poder conseguir sus alimentos debía trabajar en conjunto con otros.

Los trabajos de mayor esfuerzo implican que para ser terminados en un tiempo razonable, se requiera de un mayor número de personas.

Las dificultades de gran nivel necesitan que las personas se especialicen en temas determinados, para poder entender y comprender la materia en cuestión.

Las personas tienen aptitudes diferentes que pueden ser explotadas en un grupo, para un bien u objetivo común.

El trabajo colaborativo da lugar al aprendizaje colaborativo. El aprendizaje colaborativo busca propiciar espacios en los cuales se de el desarrollo de habilidades individuales y grupales. En el aprendizaje colaborativo son elementos básicos la interacción, la contribución individual, y las habilidades personales y de grupo. El trabajo grupal apunta a compartir la autoridad, a aceptar la responsabilidad y el punto de vista del otro, y a construir consenso con los demás (Zañartu Correa, 2003).

Para trabajar en colaboración es necesario compartir experiencias y conocimientos, y tener una clara meta grupal, en la cual la retroalimentación es esencial. "Lo que debe ser aprendido sólo puede conseguirse si el trabajo del grupo es realizado en colaboración. Es el grupo el que decide cómo realizar la tarea, qué procedimientos adoptar, cómo dividir el trabajo, las tareas a realizar" (Gross, 2000).

Este conjunto de métodos de instrucción y de entrenamiento pueden apoyarse en tecnología y en estrategias que permiten desarrollar en el alumno habilidades personales y sociales, logrando que cada integrante del grupo se sienta responsable no sólo de su aprendizaje, sino del de los restantes miembros del grupo (Lucero, 2003).

En el aprendizaje colaborativo, el docente tiene que diseñar cuidadosamente la propuesta, definir los objetivos, los materiales de trabajo, dividir el tópico a tratar en sub-tareas, oficiar de mediador cognitivo en cuanto a proponer preguntas esenciales y subsidiarias, que realmente apunten a la construcción del conocimiento y no a la repetición de información obtenida. Finalmente, monitorear el trabajo resolviendo cuestiones puntuales individuales o grupales según sea el emergente.

Driscoll y Vergara (1997), explicitan: "para que exista un verdadero aprendizaje colaborativo, no sólo se requiere trabajar juntos, sino cooperar en el logro de una meta que no se puede lograr individualmente". Señalan cinco elementos característicos:

1) Responsabilidad individual: todos los miembros son responsables de su desempeño individual dentro del grupo.

2) Interdependencia positiva: los miembros del grupo deben depender los unos de los otros para lograr la meta común.

3) Habilidades de colaboración: las habilidades necesarias para que el grupo funcione en forma efectiva, como el trabajo en equipo, liderazgo y solución de conflictos.

4) Interacción promotora: los miembros del grupo interactúan para desarrollar relaciones interpersonales, y establecer estrategias efectivas de aprendizaje.

5) Proceso de grupo: el grupo reflexiona en forma periódica y evalúa su funcionamiento, efectuando los cambios necesarios para incrementar su efectividad.

Los alumnos asumen roles que representan diferentes puntos de vista de un mismo problema. Esos roles los convierten en especialistas desde la mirada del conocimiento situado (las habilidades y el conocimiento se aprenden en contextos reales y específicos, donde ese conocimiento es aplicado en situaciones cotidianas). A partir de eso, el trabajo final del grupo colaborativo tendrá lugar cuando se llegue a la transformación de esa nueva información adquirida en algún producto o solución que requiera de la aplicación efectiva de habilidades de pensamiento superior. Siempre se apunta a que haya que tomar una decisión, a optar por una solución entre varias y fundamentar la elección, a crear una propuesta diferente de las que ya existen, a analizar un hecho global y proponer una estrategia que se aplique a un contexto local, entre otros.

Distintos autores definen el concepto de aprendizaje colaborativo en diversas formas, pero todos centrados en la habilidad del hombre de nutrirse de conocimientos a raíz de la interacción en diversas actividades con otros.

Kaye (1991) concibe como aprendizaje colaborativo a la adquisición individual de conocimiento, destrezas y actitudes que ocurre como resultado de la interacción en grupo, tanto si el aprendizaje es un objetivo prioritario explícito de la colaboración, como si constituye un objetivo secundario (Kaye, 1991).

Hiltz (1992) define aprendizaje colaborativo como un proceso de aprendizaje que enfatiza el esfuerzo cooperativo o de grupo entre los docentes y los estudiantes, la participación activa y la interacción, por parte de ambos, y el

conocimiento que emerge de un activo diálogo entre los participantes, compartiendo sus ideas e información (Hiltz, 1992).

Según Panitz (1996), la colaboración es una filosofía de interacción y un estilo de vida personal, mientras que la cooperación es una estructura de interacción diseñada para facilitar el logro de un producto final u objetivo. Aprendizaje colaborativo (AC) es una filosofía personal, no sólo una técnica utilizada en las aulas. En las situaciones que involucran grupos de personas, el AC sugiere una relación entre los miembros, que resalta sus capacidades y contribuciones. La autoridad y responsabilidad para las acciones de un grupo son compartidas entre los distintos miembros del grupo. La premisa del aprendizaje colaborativo se basa en la creación de un consenso, a través de la cooperación de los miembros del grupo; en contraste con la competencia, en la cual los individuos tratan de ser mejores que los demás miembros del grupo. Los profesionales del AC aplican esta filosofía en el aula, en las reuniones de comisión, con grupos de la comunidad, dentro de sus familias y, en general, como una forma de vida (Panitz, 1996).

Por su parte, en (Adell,1998), se enuncia que el aprendizaje colaborativo se basa en varios supuestos y cita:

- a) las personas aprenden mejor mediante la experimentación activa y la discusión reflexiva en grupos, que trabajando aislados;
- b) es necesario abandonar la idea de que el profesor es el depositario de todos los conocimientos pertinentes y otorgarle el papel de facilitador, de promotor de actividades de aprendizaje;
- c) el conocimiento es un constructo social, y el proceso educativo es una forma de interacción social en un entorno rico en información y en oportunidades de cooperación y colaboración entre iguales; y
- d) en la era de la información, los estudiantes deben desarrollar la capacidad de aprender permanentemente, en lugar de centrarse en un corpus de conocimientos idealmente completo, es decir, es imprescindible potenciar destrezas meta-cognitivas, como aprender a aprender y a resolver problemas trabajando en grupo.

2.1. Tipos de colaboración

Existen diversas maneras para clasificar un sistema colaborativo, pero abordaremos aquí una clasificación básica, que permite entender las interacciones principales entre personas, conocida como matriz de tiempo y espacio (Johansen, 1988). Esto nos permite revisar los distintos tipos de taxonomías mediante las cuales se puede clasificar un sistema colaborativo, con respecto a las dimensiones tiempo y espacio.

Las actividades colaborativas en cuanto al tiempo pueden ser asincrónicas o sincrónicas. Esto se refiere a lo siguiente:

Tiempo asincrónico: el grupo de personas que trabaja en conjunto lo puede hacer en distintos instantes de tiempo.

Tiempo sincrónico: aquí los individuos que están interactuando en el grupo trabajan al mismo tiempo.

En el espacio, el trabajo en grupo se divide en dos tipos: en el mismo espacio o en distintos espacios.

En el mismo espacio, nos referimos a que el grupo de personas trabaja en el mismo lugar físico, lo cual puede suceder al mismo tiempo o en distintos tiempos.

También, los integrantes pueden trabajar en distintos lugares físicos, al mismo tiempo o en distinto tiempo.

Según esta clasificación, observamos que las actividades colaborativas tienen cuatro alternativas, las cuales vendrían de una combinación entre los tiempos y los espacios posibles de colaboración.

Estas cuatro categorías nos muestran una gama de colaboración posible en la taxonomía espacio-tiempo, las que explicaremos a continuación:

	Mismo tiempo	Diferentes tiempos
Mismo lugar	Interacción sincrónica cara a cara	Interacción asincrónica
Diferentes lugares	Interacción sincrónica distribuida	Interacción asincrónica distribuida

Tabla Nro. 1. Matriz referida a la clasificación de procesos colaborativos según las dimensiones tiempo y espacio (Johansen, 1998)

Interacción sincrónica cara a cara. Si las personas están trabajando al mismo tiempo y en el mismo lugar, se le denomina colaboración sincrónica cara a cara. Este tipo de colaboración se produce usualmente en una sala de reuniones o en el proceso de enseñanza y aprendizaje dentro de un aula.

La interacción asincrónica, se refiere a los procesos que ocurren en un mismo lugar, pero en instantes diferentes.

En la interacción sincrónica distribuida, las personas se encuentran en distintos lugares, pero están trabajando o interactuando al mismo tiempo. Esto podría ser una llamada por teléfono o una conferencia telefónica, algún tipo de chat, o una video conferencia.

Interacción asincrónica distribuida, los participantes que están realizando el proceso de colaboración están en diferentes lugares y cada uno trabaja en los tiempos que más le convenga, entonces decimos que la colaboración se denomina asincrónica distribuida. Usualmente en esta área tienen lugar los sistemas que apoyan la producción de un material final con la preparación de material individual, los sistemas de correos electrónicos, foros y workflow (automatización de procesos que se usan diariamente en una empresa).

3. Caso de estudio: necesidad educativa que da origen al diseño de prototipo.

En el marco del Seminario de Educación a Distancia que se dicta en el contexto de la Maestría en Tecnología Informática Aplicada en Educación, en la Facultad de Informática de la UNLP, se aborda la temática de aprendizaje colaborativo como parte de sus contenidos.

Como estrategia didáctica para el abordaje del concepto de aprendizaje colaborativo, en una de las sesiones presenciales del seminario, se trabaja en el desarrollo de un juego, cuyo propósito es experimentar un proceso de colaboración sincrónico cara a cara. A través de esta vivencia el alumno puede comprender la importancia de la interacción con el otro, la negociación, la comunicación, la coordinación, las reglas, que forman parte de las variables a estudiar en relación al aprendizaje colaborativo. Todos los años se implementa este juego y luego se aborda un proceso de aprendizaje colaborativo mediado por tecnología informática, a partir de una consigna específica, de manera tal de experimentar un proceso distribuido asincrónico y sincrónico (a través de sus diferentes fases).

El juego presencial resulta el disparador de este eje temático sobre aprendizaje colaborativo. La consigna inicial consiste en indicar a cada grupo que recibirá una serie de piezas de madera con distintas formas y colores. El juego propone encontrar la solución al problema de las piezas faltantes dentro una serie, teniendo los ojos vendados y pudiendo comunicarse únicamente mediante lenguaje oral. Cada participante recibe una cantidad de piezas que representa información fundamental para poder arribar a la solución.

Cada grupo cuenta con unos 5 minutos para definir estrategias antes de vendarse los ojos y recibir las piezas.

Algunas personas tendrán un rol de observadores. Estas reciben un cuestionario guía para ayudarlos a analizar lo que sucede en cada equipo. Esto luego se trabaja en un plenario con los integrantes de los dos equipos, de manera tal, que todos puedan opinar sobre la observación realizada y reflexionar sobre lo ocurrido.

Se realiza primero esta actividad presencial, ya que se cree que es sumamente enriquecedora y clarificadora para los participantes. Desde el punto de vista del juego, es fundamental que los equipos generen una buena estrategia de comunicación, y organización para arribar a la correcta solución.

Una idea básica que los alumnos obtienen de esta experiencia es que la suma de las partes no es equivalente al todo, en un proceso colaborativo. La participación de cada uno es fundamental, pero sin una adecuada estrategia

comunicacional y de trabajo conjunto, la situación puede tornarse caótica y se pueden observar situaciones como: confrontación de líderes, omisión de opiniones, hilos de comunicación diferentes en un mismo momento entre subconjuntos de integrantes.

Por otro lado, a pesar de que los distintos participantes pueden recibir diferente cantidad de piezas, todas son imprescindibles para resolver el problema: la información y la estrategia que todos pongan al servicio del trabajo es imprescindible para lograr el objetivo.

El hecho de que los integrantes de los equipos tengan los ojos vendados ayuda a introducir uno de los aspectos que ocurren en un trabajo colaborativo a distancia, mediado por TICs. Esto es, muchas veces, los alumnos no se ven, y deben comunicarse únicamente con lenguaje escrito a través de un Entorno virtual de Enseñanza y Aprendizaje. Esto suele potenciar situaciones de ansiedad y limitación en las posibilidades de expresión, que deben ser sorteadas por el equipo.

El éxito del juego depende de los siguientes aspectos:

- Orden
- Escucharse
- Escuchar a todos
- Compartir información
- Modelos mentales
- Confianza
- Uso estratégico de la información externa

Si bien el juego resulta exitoso para el cumplimiento de los objetivos didácticos por los que se lo implementa, existen una serie de aspectos que sería deseable mejorar.

Resulta difícil realizar el seguimiento de la sesión. Depende de los observadores y de lo que el propio grupo recuerde para poder luego trabajar

en plenario las diferentes variables que condicionan/favorecen el proceso colaborativo

La dinámica de comunicación establecida por el equipo, va variando a lo largo de la sesión en muchos casos y luego se olvidan las diferentes estrategias utilizadas.

Como una alternativa al actual juego presencial, surge la posibilidad de abordar una dinámica colaborativa mediada por tecnología informática en el marco de esta sesión presencial del Seminario de Educación a Distancia.

Luego, de varias sesiones de debate con los docentes del curso, se comenzaron a delinear los requerimientos y posibilidades para una nueva actividad que cumpla con el objetivo didáctico propuesto para el juego antes explicado, pero que en este caso esté soportada por tecnología informática y permita registrar el proceso de colaboración entre los alumnos.

Así, se establecen los siguientes requerimientos. El juego a desarrollarse debe estimular procesos de colaboración entre un grupo de adultos para resolver un problema y debe utilizarse como disparador del eje temático aprendizaje colaborativo. Debe permitir procesos de comunicación grupales, y de definición de estrategias de colaboración en pos de alcanzar la solución. Toda la actividad realizada durante la sesión debe ser registrada para su posterior evaluación. Esto es, debe almacenarse información sobre: circuitos de comunicación entre los miembros del equipo, tiempo empleado para arribar o no a la solución, interacciones realizadas, información utilizada, entre otros. Inicialmente, cada integrante del grupo deberá tener una información personal e individual que permita a la persona aportar algo a la solución, y que sin su aporte no pueda llegarse a la solución del juego. Al mismo tiempo, el juego deberá permitir ser abordado por un grupo de al menos 4 personas en un mismo espacio físico.

Una posibilidad para esta dinámica era utilizar un conjunto de dispositivos móviles o de escritorio conectados en red de manera tal de establecer la interacción entre las personas soportada por tecnología informática dentro del aula. Sin embargo, el hecho de que cada uno debiera trabajar en un dispositivo diferente podría entorpecer el diálogo, la negociación, el debate, ya que los alumnos presentan diferentes habilidades en relación al uso de

tecnología digital. Por lo que, en este caso el trabajo de los alumnos sentados alrededor de una mesa se ponderó como el escenario más acorde en relación al objetivo didáctico. Por otro lado, si sobre la mesa se tuviera una computadora convencional, existiría una persona que debiera estar controlando al interacción con este, de manera tal de abordar el juego o la dinámica soportada computacionalmente. Esto también se vio como algo negativo en pos de llevar adelante el proceso colaborativo. En este caso, podría resultar un distractor, y se centralizaría en una persona el manejo de la computadora.

Por lo que se consideró que una dinámica colaborativa soportada en la mesa de Interacción Tangible permitiría alcanzar los objetivos didácticos propuestos de una manera más natural, y al mismo tiempo, introducir las posibilidades de registro de la sesión y de la interacción requeridas.

Así en la siguiente sección se presenta la consigna de la nueva dinámica colaborativa, sus reglas y posibilidades.

4. ITCOL

Luego del trabajo con los docentes del Seminario, se trabajó en el diseño de un juego que permita cumplir con los requerimientos encontrados. Así surge ITCOL: Interacción Tangible para la Colaboración.

Se trata de un juego de detectives, cuyo objetivo es descubrir la solución de un caso de investigación a partir de pistas o información que se ofrece a cada integrante del equipo inicialmente, y en forma individual. Luego se transita por una etapa de debate y análisis conjunto de las pistas recibidas, así como también, la posibilidad de contar con nueva información a partir de las posibles vinculaciones entre las pistas ya entregadas. El juego termina cuando los participantes llegan a una conclusión del caso. El equipo ganará si su conclusión concuerda con la real, y obtendrá una calificación de acuerdo a su desempeño. Si la conclusión no es la correcta, podrá volver a intentarlo o ver la solución esperada.

ITCOL se encuentra dividido en etapas. Cada etapa tiene un propósito diferente y una duración.

Primera etapa:

Se reparten las pistas/evidencias a los jugadores. La información otorgada a cada jugador es única. De esta forma el conocimiento de cada jugador, y por lo tanto su aporte en el trabajo grupal, es clave para el arribo a la solución del caso. Se trabaja así con la responsabilidad individual del alumno y la interdependencia positiva (Driscoll y Vergara,1997).

Segunda etapa:

Se indica a los alumnos que tienen un tiempo finito para discutir y responder los enigmas del caso. El equipo se debe organizar para que todos puedan hablar y escuchar a sus compañeros. En esta etapa se trabaja con las habilidades de colaboración, la interacción promotora y el proceso de grupo (Driscoll y Vergara,1997).

Tercera etapa:

Se solicita al equipo que responda los enigmas del caso y se informa si dichas respuestas fueron acertadas o no. El equipo deberá finalmente reflexionar sobre su desempeño y el resultado final del juego.

4.1. Puesta a prueba del juego sin mediación digital

Como primera aproximación se realizó una prueba del juego con un grupo de personas adultas para evaluar la dinámica y encontrar falencias en su desarrollo. Asimismo, someter a debate las posibilidades de la mediación digital para el desarrollo del juego, de manera tal de resaltar sus beneficios en pos de alcanzar los objetivos pautados. Así, se crearon 20 tarjetas cada una con el nombre de un personaje y su pista asociada, y además, un relato en papel con la descripción del caso.

Se generó un caso de investigación, tomando como modelo un caso del juego de mesa "Iguana James" de Ediciones de Mente²⁵.

²⁵ "Iguana James, el juego" de Ediciones de Mente - Por Susanne Franz y Eduardo Abel Giménez

La sesión fue llevada adelante con 5 jugadores y se dividió en 40 minutos de desarrollo del juego, y luego, alrededor de 1 hora posterior de debate.

Inicialmente, se ubicó al equipo en una disposición circular (en ronda), y se les leyó el relato del caso y los enigmas que debían resolver. Seguidamente, se repartieron cantidades diferentes de tarjetas a cada jugador de forma aleatoria.

Durante los siguiente cinco minutos, se desarrolló la primera etapa, en la cual cada jugador leyó en voz baja las pistas otorgadas. Luego, se les pidió que las dejen a un lado para comenzar la segunda etapa. En esta etapa, cada jugador debía exponer al resto sus conocimiento acerca del caso, debatir sobre posibilidades para resolverlo y poner en juego todas las estrategias propias de un proceso de colaboración.

Se observó una dificultad para recordar los datos, por lo que fue necesario permitir que mantuvieran las pistas en su poder durante la discusión.

El equipo decidió organizarse para hablar siguiendo el orden en que se encontraban ubicados. En algunas oportunidades sucedió que cuando alguno de ellos nombraba un personaje conocido por otro, se producía una alteración en el orden que llevaban, de manera tal de incluir y relacionar toda la información del personaje. La etapa fue llevada adelante sin dificultades, aunque algunos integrantes emitían opinión durante la sesión de posibles mejoras en la dinámica, y esto entorpecía el desarrollo del proceso

Luego de alrededor de 30 minutos de debate, negociación y puestas en común, se dio comienzo a la tercera etapa. En esta etapa, se solicitó al equipo el planteo de una respuesta a cada interrogante. Sin dudas, uno de ellos expuso la conclusión a la que habían arribado. La solución presentada fue correcta.

A partir de esta experiencia se encontraron los siguientes nuevos requerimientos:

Se vio la necesidad de incluir una forma de consultar las pistas de la primer etapa durante la fase de debate y búsqueda de la solución. Se notó la importancia de no permitir nuevamente acceder a toda la pista completa, ya que esto enlentecía el debate, por lo que se decidió la posibilidad de recordar

aspectos claves de cada una de las pistas o evidencias. Se concluyó que los aspectos claves a recordar de cada pista deberán ser seleccionados por el integrante que la recibió, de manera tal de que exista un procesamiento previo de la información de su parte, fomentando la responsabilidad individual. Además, para cada jugador se limitará la cantidad de elementos claves a recordar, para encontrar un equilibrio. Estos aspectos se constituyeron en un nuevo requerimiento para la digitalización del juego.

Se pudo advertir que no es adecuado distribuir las pistas de forma aleatoria debido a que puede provocar un desbalanceo en la ubicación de información relevante en algunos jugadores. Por ellos se decidió que se distribuirán estratégicamente.

Durante la sesión surgieron dudas de los integrantes del equipo acerca de las relaciones entre personajes. Esto produjo la idea de permitir que se realicen consultas sobre posibles informaciones que pueden surgir de sus vínculos, durante la etapa de debate.

El perfil de los integrantes del equipo permitió que llegaran a una conclusión sin desmotivarse en el camino, el grupo se componía por 4 personas acostumbradas a trabajar en la resolución de problemas. Sin embargo, al finalizar esta sesión se planteó la posibilidad de que el equipo fracasase en la segunda etapa siéndole insuficiente la cantidad de pistas. Por ello, se decidió agregar un conjunto de pistas extras. Estas pistas no son repartidas en la primer etapa, sino que pueden ser solicitadas por el equipo como una ayuda extra, durante la segunda etapa.

En la siguiente sección se describirá el diseño del prototipo del juego ITCOL.

5. Diseño del prototipo de Interacción Tangible: ITCOL

Una vez planteada la dinámica del juego y habiéndola ajustado con la experiencia basada en pistas de papel, se inició el diseño del juego para la tabletop. A continuación se detalla algunas de las decisiones vinculadas a la etapa de diseño.

5.1. Decisiones generales vinculadas a la dinámica del ITCOL

Para llevar adelante la dinámica del juego, se trabajará en una sesión que se dividirá en tres etapas: a. etapa de obtención de evidencias, b. etapa de debate y búsqueda de solución, c. etapa de conclusiones.

Al comienzo de cada etapa se deberá mostrar el nombre de la etapa junto con una breve descripción del propósito de la misma, todo esto sobre la superficie de la mesa. Una vez leído y comprendido dicho propósito el equipo podrá indicar a la mesa que desea comenzar la etapa.

Durante las etapas, los jugadores podrán interactuar con la mesa hasta que el tiempo de la etapa se agote. Al ocurrir este evento la mesa mostrará la información de la siguiente etapa. El equipo decidirá si desea comenzarla o volver a la anterior (Figura 5.1). Al mismo tiempo, durante el transcurso de cada etapa estará disponible la posibilidad de finalizarla y comenzar la siguiente.

La solicitud de volver a una etapa terminada generará una multa al equipo y la solicitud de avanzar a la siguiente otorgará al equipo un premio. Las acciones de los jugadores serán siempre registradas. Se decidió que se almacenen en un archivo xml de registro, que el docente podrá evaluar al finalizar la sesión.

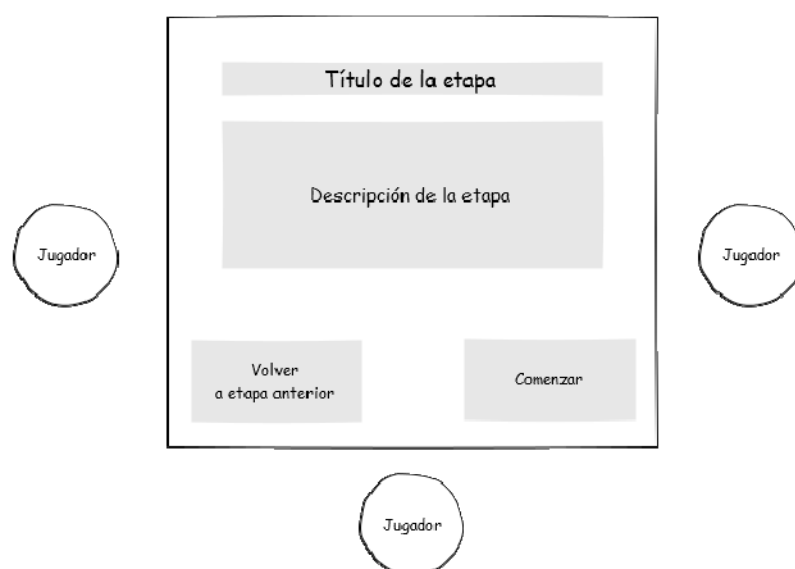


Figura 5.1 – Esquema de los jugadores en la mesa en el inicio de una etapa

Se trabajó además en el diseño de la interfaz del juego utilizando la herramienta Pencil²⁶, de manera de ir debatiendo, con los docentes del Seminario de Educación a Distancia, opciones al respecto.

5.2. Etapas

5.2.1. Inicio de juego

Al iniciar el juego la mesa reproducirá automáticamente un video con la presentación del caso y los interrogantes que se deberán resolver. Al finalizar el video, cada jugador recibirá un conjunto de objetos.

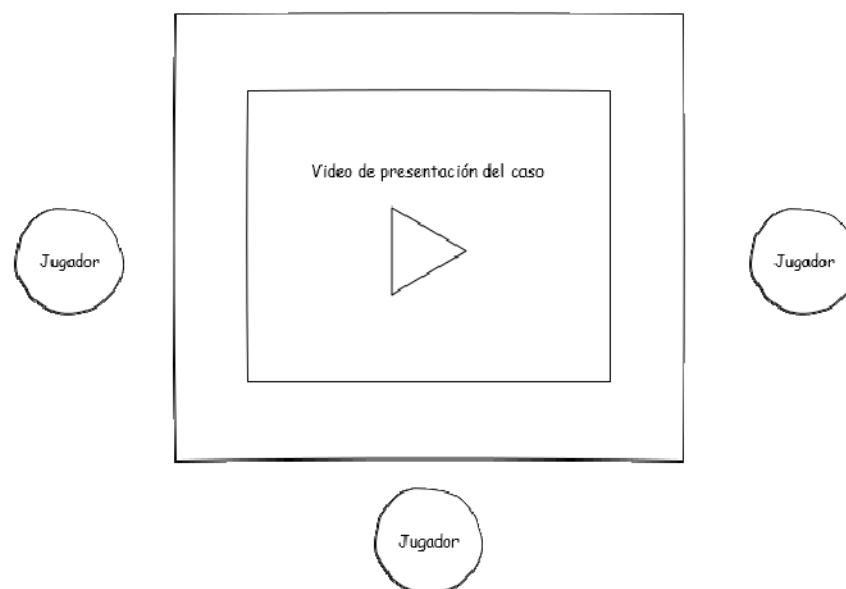


Figura 5.2 – Esquema de un jugador ubicado frente a la mesa con el video de presentación del caso

²⁶ Pencil ofrece una herramienta prototipos de GUIs libre y de código abierto. Permite crear maquetas para las plataformas de escritorio más populares. Para este trabajo solo se utilizaron los elementos genéricos que no se corresponden con elementos de GUI, como son botones, combos, ventanas.

<http://pencil.evolus.vn/>

5.2.2. Primera etapa: obtención de pistas/evidencia

El objetivo de esta etapa es que cada uno de los jugadores adquiera información del caso, que el resto de los jugadores desconoce. Los objetos que se utilizan en esta etapa son todos de tipo pistas/evidencia.

En forma individual, los jugadores podrán interactuar con los objetos que se le entregaron y con la mesa (Figura 5.3). Al apoyar cualquiera de los objetos que posee en el área indicada aparecerá en la mesa información relevante sobre el caso (evidencia o pistas) (Figura 5.4).

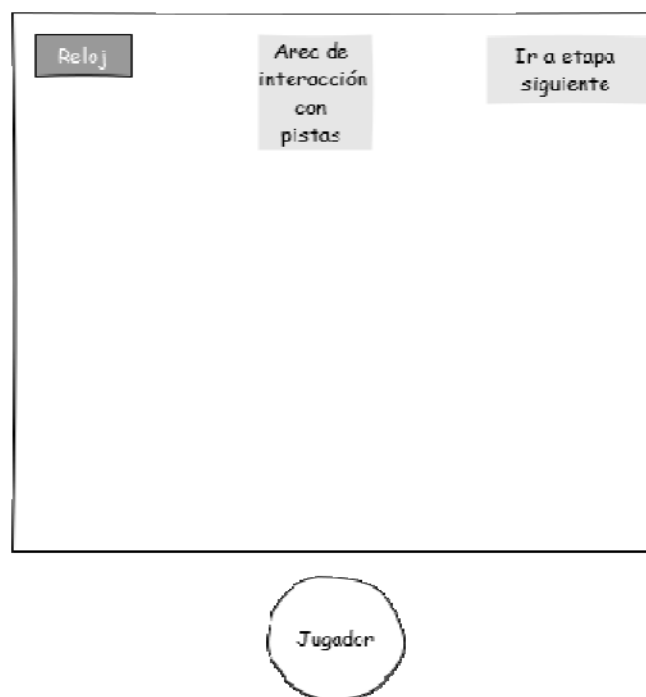


Figura 5.3 – Esquema de un jugador ubicado frente a la mesa en la primer etapa. En la imagen se distingue el reloj que marca el tiempo restante, el área donde el jugador deberá apoyar los objetos pista y el área para terminar la etapa actual y avanzar hasta la siguiente

La mesa ofrecerá para cada pista la posibilidad de recordar información, a manera de frases claves relacionadas con el contenido de la pista. Esta información clave se presentará en la mesa a modo de lista, de manera tal que la persona pueda seleccionar. Con un "touch" sobre uno de los elementos de la lista el jugador indicará que desea recordar esa información (Figura 5.4). Existirá una cantidad máxima de frases a recordar por jugador.

Es importante que cada integrante del equipo haga una selección cuidadosa de la información a recordar debido a que se constituirá en parte de la solución del caso para el resto del equipo. La información entregada a cada jugador es única. Cada jugador deberá entender que es responsable de comunicar sus conocimientos sobre el caso al resto, y que el olvido de información clave para la resolución del caso, podría complicar el arribo a la conclusión esperada. De la misma forma, recordar la información correcta hace que el análisis del caso sea más fácil.

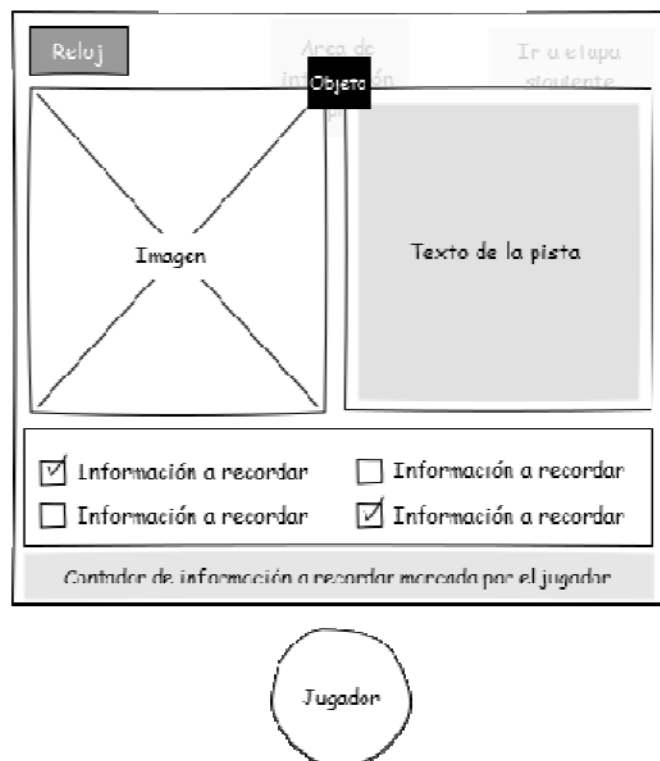


Figura 5.4 – Esquema de un jugador ubicado frente a la mesa y un objeto apoyado en el área de interacción. Se muestra la distribución de la información de una pista.

Como se mencionó anteriormente, existirá un tiempo total de la etapa. La mesa, a través de un temporizador, dará aviso del tiempo transcurrido.

5.2.3. Segunda etapa: debate y búsqueda de la solución

En esta etapa todos los jugadores se ubicarán alrededor de la mesa para comenzar a debatir y buscar una solución.

Los objetos que utilizaron en la etapa anterior ya no ofrecerán información de la misma forma (no se puede obtener la evidencia/pista completa). En esta etapa se utilizarán tres tipos de objetos: tokens²⁷ de identificación del jugador, objetos de la etapa anterior para la búsqueda de relaciones entre ellos y pistas extras.

Cada jugador tiene un único token. El token podría ser una tarjeta de identificación del jugador. Cuando el jugador apoye su token, se mostrará en la mesa la información clave que seleccionó (Figura 5.5). El área de interacción con los tokens no estará delimitada sino que será toda la mesa. La información otorgada por la mesa se mostrará a modo de tips (cada jugador deberá hacer una explicación de cada tip para completar la idea a sus compañeros). El texto mostrado respetará la rotación del fiducial para que pueda ser leído desde las distintas posiciones (girar el texto fue una mejora producto de las pruebas informales). El token podría utilizarse como organizador de la sesión, ya que éste habilitará al jugador a hablar.

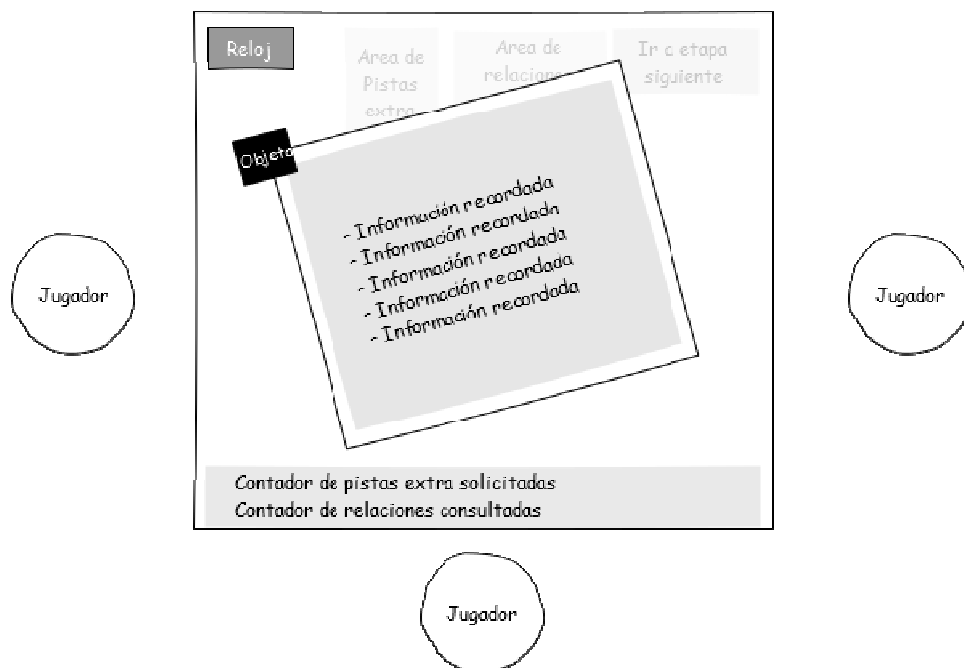


Figura 5.5 – Esquema de los jugadores ubicados frente a la mesa en la segunda etapa interactuando con un objeto token.

²⁷ La utilización del término token no guarda relación con la calificación de Holmquist (Holmquist, 1999) descrita en el capítulo 3 sección 3.2

Durante esta etapa, el equipo podrá solicitar información extra. La información extra puede darse en pistas extras o en relaciones entre objetos (estos objetos podrán ser las pistas extras o los objetos usados en la etapa anterior). Si al solicitar una relación entre dos objetos no existe ningún vínculo entre ellos, la mesa indicará que no hay relación entre los objetos indicados. El hecho de que no exista relación entre objetos también puede ser analizado por parte del equipo como información útil.

Hay una sección para cada tipo de interacción (Figura 5.6) y en cualquiera de los dos casos la acción será registrada para la posterior calificación del equipo en el archivo xml antes mencionado.

Tanto la cantidad de relaciones como de pistas extras posibles de solicitar por el equipo es limitada. En la parte inferior de la mesa se mostrarán los contadores para que el equipo controle la cantidad de relaciones y pistas extras ya solicitadas, respecto de las disponibles acorde al límite (Figura 5.6). El formato con el que se mostrará la información en cada interacción será el mismo formato de las pistas en la primer etapa (Figura 5.7, Figura 5.8).

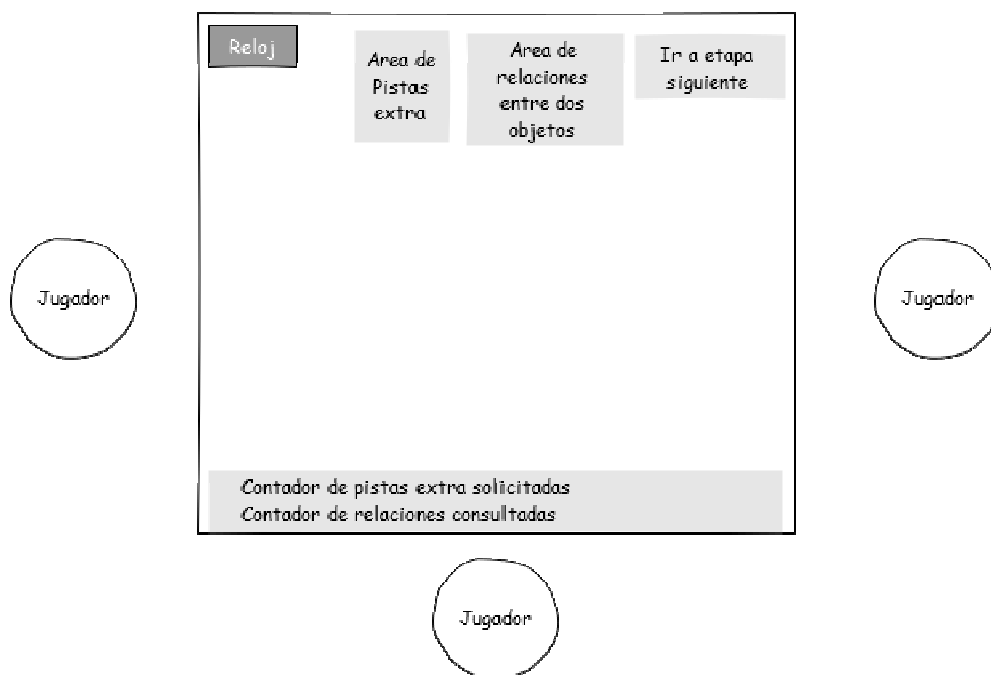


Figura 5.6 – Esquema de los jugadores ubicados frente a la mesa en la segunda etapa

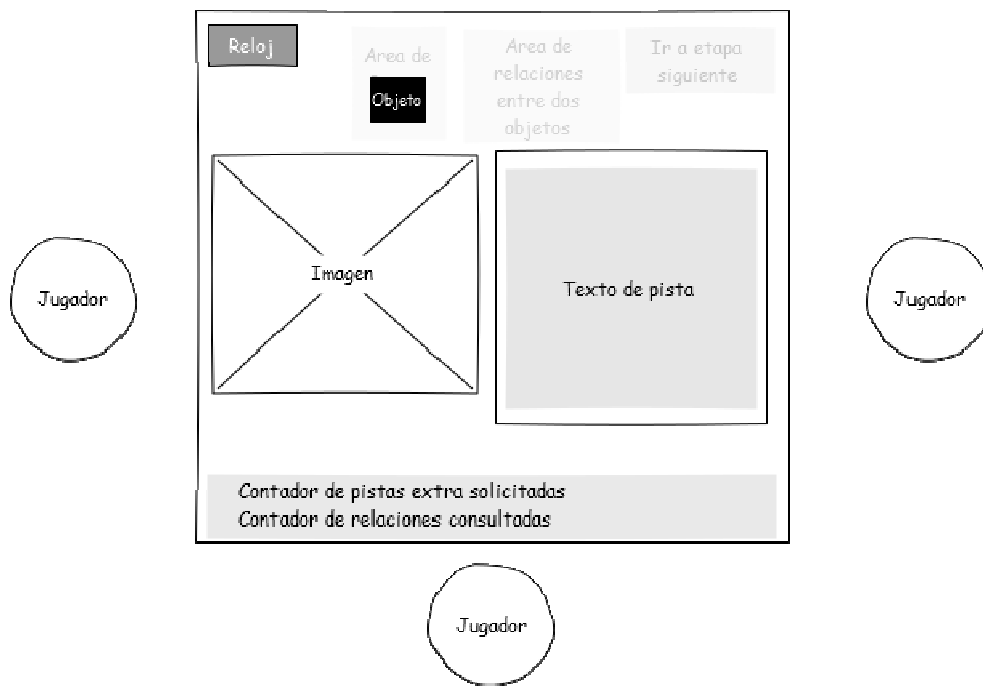


Figura 5.7 – Esquema de los jugadores ubicados frente a la mesa en la segunda etapa interactuando con un objeto de pista extra

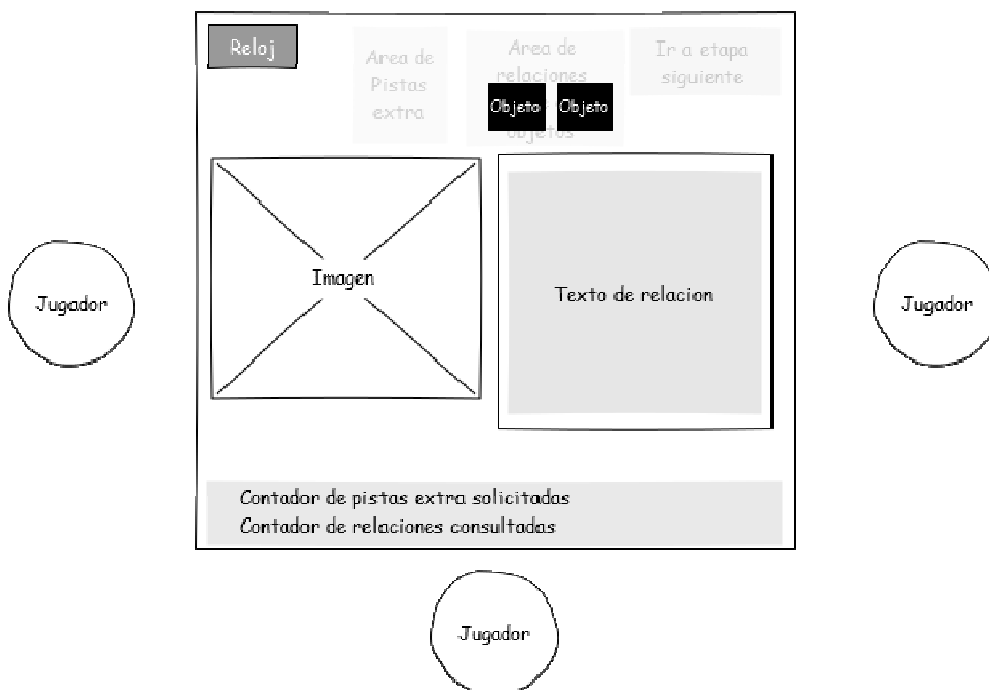


Figura 5.8 – Esquema de los jugadores ubicados frente a la mesa en la segunda etapa solicitando información sobre la relación de dos objetos

5.2.4. Tercera etapa: etapa de conclusiones

Los fiduciales que se usarán en esta etapa incluyen a todos los anteriores salvo los token de jugador.

Al lado de cada uno de los interrogantes a resolver aparecerá un sector marcado para que el equipo coloque un objeto (Figura 5.9) Esta acción indicará que dicho objeto es el que el equipo seleccionó como respuesta a esa pregunta.

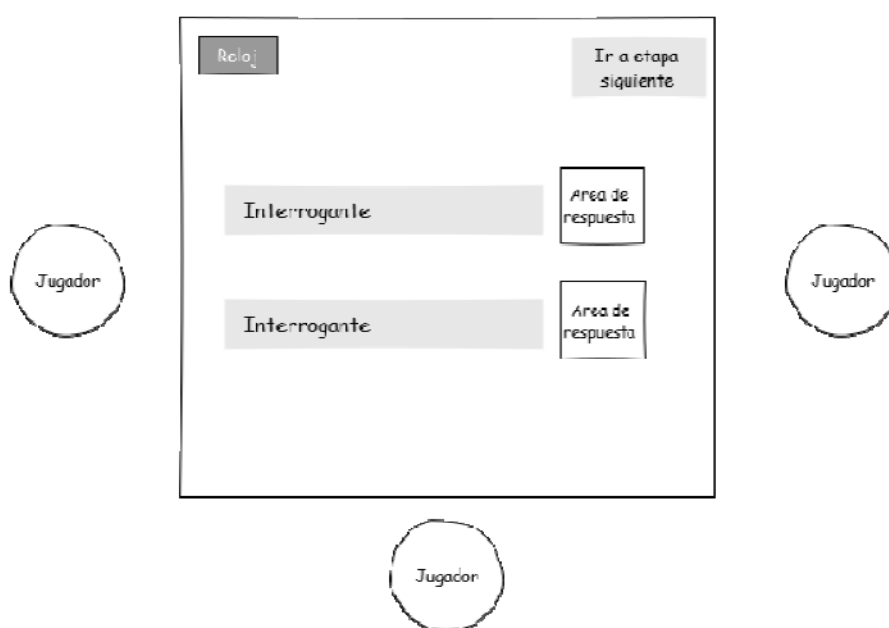


Figura 5.9 - Esquema de la última etapa.

Una vez alcanzado el tiempo de la etapa, o cuando el equipo indique que desea avanzar hasta la siguiente etapa, la mesa pedirá confirmación de la respuesta (Figura 5.10).

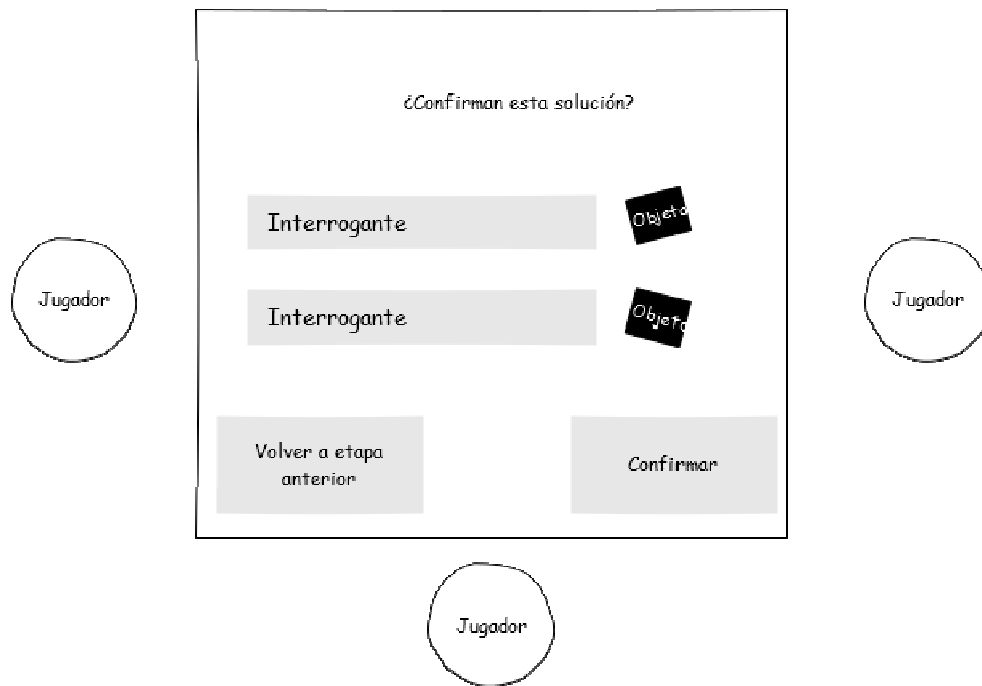


Figura 5.10 – Esquema de pedido de confirmación de la respuesta otorgada con dos objetos colocado como respuesta

Si el equipo confirma su respuesta la mesa mostrará si han ganado la partida o no. En caso de ganar, se mostrará el nivel de desempeño del equipo (Figura 5.11 a)). Este nivel se calculará en base a las multas realizadas por el tiempo extra, las pistas extras y las relaciones solicitadas, y los premios otorgados por avanzar antes de finalizada una etapa. En caso de no acertar la respuesta la mesa mostrará que el caso no ha sido resuelto y ofrecerá la posibilidad de volver a intentarlo (Figura 5.11 b)). En ambos casos se dará la posibilidad de ver la respuesta correcta. Esto en una sesión real será mediado por el docente que establecerá las reglas del juego en este sentido.



Figura 5.11 – Esquema de respuesta a la conclusión del equipo. Sobre la mesa quedan apoyados los objetos en la posición indicada en la etapa anterior
 a) Respuesta correcta y clasificación del equipo b) Respuesta incorrecta.

6. Resumen

En este capítulo, se describió el análisis de requerimientos del sistema a desarrollar. Partiendo de una introducción a los conceptos de aprendizaje y aprendizaje colaborativo, se presentó la estrategia utilizada para abordar estos conceptos en un curso de postgrado de la Facultad de Informática, presentando así, la necesidad educativa que da origen al prototipo a desarrollar en esta tesina. Finalmente, se detallaron los aspectos más importantes referidos al diseño y desarrollo de ITCOL, que es el nombre que se le ha dado al prototipo antes mencionado.

Capítulo 6

ITCOL Implementación del prototipo

1. Introducción

En este capítulo se presentará el prototipo desarrollado en el marco de la tesina. El prototipo se ha denominado ITCOL. Inicialmente, se explicarán los aspectos técnicos de la implementación de ITCOL. Se introducen las descripciones pertinentes de la tecnologías utilizadas. Luego, se abordarán los detalles del funcionamiento del prototipo.

2. Aspectos técnicos de la implementación de ITCOL

El prototipo de la aplicación fue desarrollado en el entorno Adobe Flash Builder 4.5²⁸ y ActionScript 3.0²⁹ (AS3), con entorno de ejecución Adobe AIR³⁰.

La utilización de Adobe AIR surgió debido a las restricciones de seguridad de Adobe Player que imposibilitan el almacenamiento local de ficheros. Adobe AIR es entorno de ejecución versátil que permite la creación de aplicaciones de escritorio (de propósito general), a partir de tecnologías de desarrollo de páginas web, como pueden ser HTML, Ajax o Flash.

²⁸ Adobe® Flash® Builder™ es un entorno de desarrollo integrado (IDE) para la construcción de aplicaciones enriquecidas de Internet (RIAs) multiplataforma. Está construido sobre Eclipse, un IDE de código abierto, y ofrece todas las herramientas necesarias para desarrollar aplicaciones que utilicen el código abierto Flex y ActionScript 3.0.

Flash Builder se ejecuta en Microsoft Windows y Apple Mac OS X, y está disponible en varias versiones. <http://www.adobe.com/>

²⁹ ActionScript es el lenguaje de programación para los entornos de tiempo de ejecución de Adobe®Flash® Player y Adobe®AIR™. Entre otras muchas cosas, activa la interactividad y la gestión de datos en el contenido y las aplicaciones de Flash, Flex y AIR.

ActionScript se ejecuta mediante la máquina virtual ActionScript (AVM), que forma parte de Flash Player y AIR. El código ActionScript suele transformarse en formato de código de bytes mediante el compilador. Entre los compiladores se incluyen el incorporado en Adobe® Flash® Builder™. El código de bytes está incorporado en los archivos SWF ejecutados por Flash Player y AIR.

ActionScript 3.0 ofrece un modelo de programación robusto que resulta familiar a los desarrolladores con conocimientos sobre programación orientada a objetos.

Obtenido de <http://help.adobe.com>

³⁰ Adobe AIR es multiplataforma y gratuito. <http://www.adobe.com/>

Como se mencionó en el capítulo 4, para realizar la detección de los fiduciales se utilizó la biblioteca ReactIVision. Recapitulando sobre el tema, la biblioteca ReactIVision se comunica a través del puerto UDP con mensajes TUIO.

Para poder utilizar TUIO con AS3 se utilizó una biblioteca, TUIO-AS3 que se detallará en la siguiente sección.

2.1. Biblioteca TUIO-AS3

TUIO-AS3 es una biblioteca libre y open source. Su objetivo es proporcionar un entorno modular, rápido y abierto de TUIO en Actionscript 3.0 que puede ser extendido y reutilizado fácilmente.

La Figura 6.1 muestra una visión general de los componentes clave de la biblioteca.

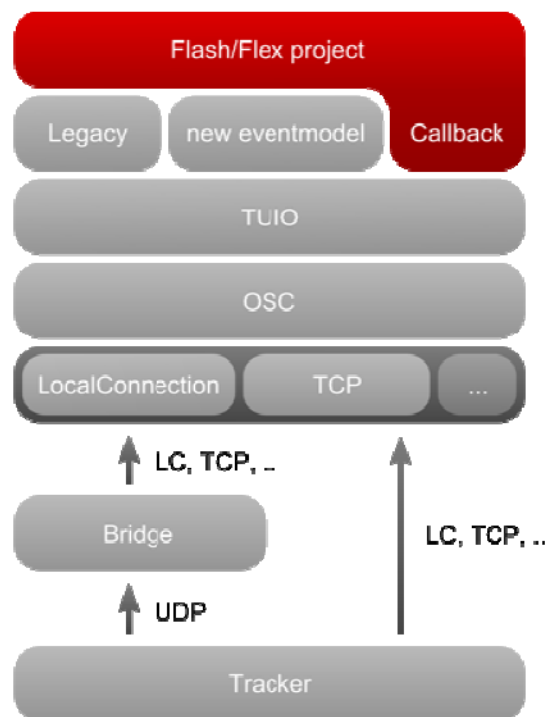


Figura 6.1 – Estructura de la biblioteca TUIO-AS3³¹

A continuación se presenta una breve descripción de los componentes de la biblioteca TUIO-AS3:

³¹ Tomado de <http://bubblebird.at/tuioflash/>

Tracker: la biblioteca soporta todos los TUIO trackers. Los datos de tracking son enviados a través del puerto TCP y LocalConnection.

Bridge: puede utilizarse un Bridge para convertir paquetes UDP en un flujo TCP o LocalConnection.

Connectors (LocalConnection, TCP): los conectores implementan la interfaz IOSConnector. Otros tipos de conexiones pueden ser agregadas fácilmente.

OSC: analizador de OSC con todas las funciones. También puede ser utilizado para otros protocolos basados en OSC.

TUIO: la implementación del cliente TUIO es una interfaz orientada a la implementación original en Java y utiliza un modelo de listeners.

Legacy: colección de clases que hacen uso del modelo de listeners de clientes TUIO para ofrecer interfaces que son compatibles con las interfaces utilizadas en las bibliotecas anteriores de Flash/TUIO.

New Eventmodel: se encuentra actualmente en desarrollo. Es básicamente una combinación de TouchEvent y los callbacks de TuioClient.

Callbacks: similar a los callback utilizados en Java. Implementa la interfaz ITuioListener y contiene una instancia como listener de TuioClient.

El rol del componente Callback es cumplido por la clase TuioManager. TuioManager es una implementación de la interfaz ITuioListener. Procesa los datos recibidos desde el TuioClient y los convierte en eventos que se pueden manejar mediante el uso de event listeners:

Debido a que TUIO distingue entre tres tipos de objetos rastreados (Los dedos son mensajes "cursor", los fiduciales son "objetos" y todo lo demás, "blob"), TuioManager utiliza los siguientes clases de eventos: TuioTouchEvent y TuioEvent. TuioTouchEvent, es un evento creado dentro de TuioManger para hacer el seguimiento de los "touch"; y TuioEvent es un evento equivalente a las funciones de callback definidas en la interfaz ITuioListener que ofrece control sobre lo que debe hacer con los datos reales de seguimiento.

TuioClient es la clase que recibe los datos desde el tracker, y convierte los datos en Objetos que maneja el TuioManager. Por eso, el TuioManager necesita un TuioClient para recibir los datos de seguimiento. Por lo tanto, es

necesario crear primero una instancia de TuioClient. Al mismo tiempo para poder recibir datos de seguimiento el TuioClient es necesario utilizar un “connector”. En este caso se utiliza UDPConnector, pero la biblioteca incluye dos tipos más de conectores (TCPConnector y LCCConnector).

El objeto TuioManager es creado luego del TuioClient. La clase TuioManager implementa el patrón Singleton. La Figura 6.2 muestra un código de ejemplo de uso de TuioManager.

```
1. var tuioClient:TuioClient = new TuioClient(new
   UDPConnector());
2. var tuioManager:TuioManager = TuioManager.init(stage);
3. tuioClient.addListener(tuioManager);
```

Figura 6.2 – Ejemplo de uso de TuioManager

Una vez creado, el objeto TuioManager se comenzará automáticamente a enviar TuioEvents y TuioTouchEvents tan pronto como reciba los datos de seguimiento.

La biblioteca TUIO-AS3 ofrece adicionalmente una clase TuioDebug que es muy útil en la etapa de desarrollo. Esta clase muestra en el escenario información de cada interacción con los objetos. La Figura 6.3 muestra un ejemplo del tipo de información que ofrece la clase TuioDebug.



Figura 6.3 – Ejemplo de información ofrecida por la clase TuioDebug

2.2. Simulador para pruebas

Durante el desarrollo de las pruebas que fueron realizadas, se trabajó con el simulador TUIOSimulator de ReactIVision. Esto permitió realizar pruebas aún

cuando la mesa real no estaba en condiciones de ser utilizada. El simulador es una aplicación Java (.jar) que permite generar una tabletop virtual con objetos tangibles. Ofrece la posibilidad de simular las acciones de agregar, mover y quitar objetos en la mesa, y además, de hacer "touch" en cualquier sector. El software implementa el protocolo TUIO y realiza el seguimiento de los ID, la posición y orientación de los objetos virtuales en la mesa virtual. Estos datos se envían a cualquier aplicación cliente. TUIOSimulator está desarrollado en Java, y por ello, necesita la JRE (Java Runtime Environment) versión 1.5 o posterior. Por defecto, trabaja con el puerto 3333. La Figura 6.4 muestra la pantalla de interacción que posibilita la simulación.

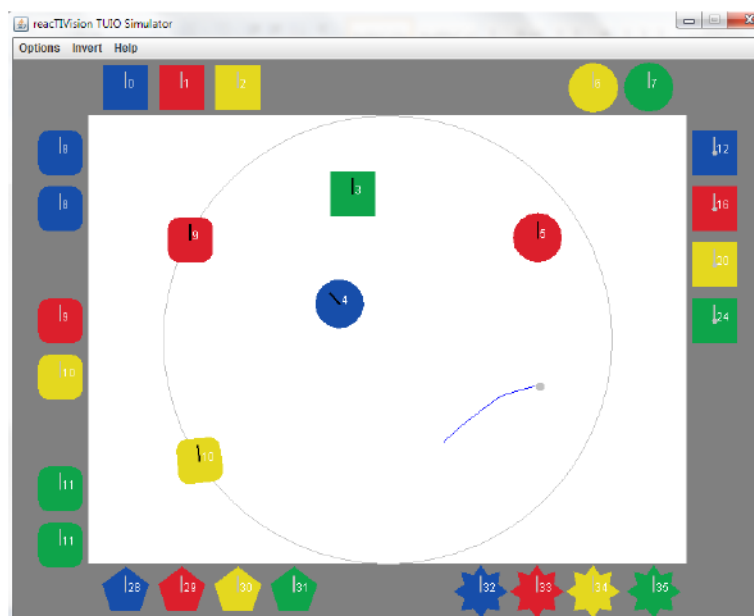


Figura 6.4 – TUIOSimulator

3. Implementación del prototipo

Para la configuración del caso se trabajó con un archivo xml cuyo esquema ha sido diseñado con la intención de poder generar actividades con el estilo presentado en esta tesina, de esta manera se deja abierta la posibilidad de tener una herramienta que habilite la creación de actividades colaborativas basadas en Interacción Tangible. Este archivo se almacena en un directorio particular, en forma conjunta con las imágenes requeridas para la actividad.

ITCOL recoge esta información y la muestra de manera ordenada siguiendo la lógica del juego que implementa.

El archivo de configuración xml, además de poseer el caso, permite establecer los tiempos de cada etapa, las cantidad de pistas extras y relaciones posibles. El archivo respeta el formato presentado en la Figura 6.5.

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<caso>
  <consigna href="/caso/consigna.m4v" />
  <solucion href="/caso/img/solucionCaso.jpg" />
  <sesion cantidadJugadores=x cantPalabrasParaSeleccionar=x
cantMaximalInteracciones=x tiempoTotal=x tiempoPistas=x tiempoDiscusion=x
tiempoRespuestas=x sancionesMax=x />
  <interrogantes>
    <interrogante id=x>
      <texto> <![CDATA[ texto del interrogante ]]> </texto>
      <respuesta idFiducial=xx />
    </interrogante>
  </interrogantes>
  <areas>
    <area id=x idFiducial=x>
      <pistas>
        <pista id=x idFiducial=x>
          <nombre> <![CDATA[ Nombre del personaje ú objeto ]]> </nombre>
          <imagen href=url de la imagen />
          <texto> <![CDATA[ texto de la pista ]]> </texto>
          <palabrasClave>
            <palabraClave id=x texto= texto de la pista />
          </palabrasClave>
        </pista>
      </pistas>
    </area>
  </areas>
  <relaciones>
    <relacion idFiducial1=x idFiducial2=x>
      <pista id=x>
        <nombre> <![CDATA[ un título ]]> </nombre>
        <imagen href=url imagen" />
        <texto> <![CDATA[ texto de la pista ]]> </texto>
      </pista>
    </relacion>
  </relaciones>
  <!-- Pistas extras -->
  <pistasExtras >
    <pistaExtra id=x idFiducial=x>
      <nombre> <![CDATA[ Nombre del personaje ú objeto ]]> </nombre>
      <imagen href= url de la imagen />
      <texto> <![CDATA[ texto de la pista ]]> </texto>
    </pistaExtra>
  </pistasExtras>
</caso>

```

Figura 6.5 – Estructura del archivo xml utilizado para configurar el juego

La gráfica del juego fue diseñada para el caso utilizado. Las imágenes fueron creadas con GIMP³².

Como se mencionó en el capítulo 3, una de las características principales de las interfaces tangibles es que las representaciones físicas están perceptualmente acopladas a las representaciones digitales. Por esta razón los objetos tangibles con los que se realiza la interacción durante el juego fueron realizados de manera que su aspecto represente un personaje, una evidencia o un lugar del caso (Figura 6.6). De esta forma, al colocar un personaje sobre la mesa en un área de interacción, el personaje/evidencia/lugar le dará al jugador una información del caso. La estructura sobre la que se pegaron las imágenes de los personajes fueron armadas ad-hoc.



Figura 6.6 – Objeto tangible.

A continuación se expondrán imágenes de las distintas etapas del juego en funcionamiento.

Para la presentación de inicio de cada etapa se decidió redactar de forma breve el objetivo propuesto para la etapa. Los textos están redactados en segunda persona para lograr un vínculo entre los jugadores y la mesa.

³² GNU Image Manipulation Program <http://www.gimp.org/>

Se realizaron varias pruebas variando fuentes y tamaño. En la figura 6.7 se muestra la carátula de la primer etapa.



Figura 6.7 a) Inicio de la primera etapa de la aplicación. Al ser la primera no hay posibilidad de volver a la etapa anterior. b) Esquema de inicio de etapa (presentada en capítulo 5)

Cuando un jugador toca el área de comienzo, la interfaz cambia dando inicio a la etapa.

Tal como se había diagramado en la período de diseño, se colocó el reloj en la parte superior para que el equipo no lo pierda de vista, y pueda así planear sus acciones; y se marcó un área para que el equipo pueda dar por finalizada la etapa antes de alcanzar el tiempo máximo.

Además, se delimitó el área para interactuar con los objetos pista. Se colocó un cartel con la palabra "Pistas" para que de forma intuitiva los jugadores coloquen sus objetos en ella. En el capítulo 7 de pruebas, se detallará el efecto de esta decisión en los jugadores. La figura 6.8 muestra la gráfica de esta etapa cuando no hay ningún objeto en el área de interacción.



Figura 6.8 a) Primera etapa de la aplicación b) Esquema de la segunda etapa (Capítulo 5)

Al colocar un objeto en la zona de interacción, la mesa muestra la información relacionada con dicho objeto, la pista del caso relacionada al objeto.

En la pista se pueden distinguir cuatro áreas: la imagen, el texto, la lista de información a recordar y la cantidad de información que puede recordar el jugador. La lista de información a recordar se presenta con áreas para interactuar haciendo "touch". Se ubicó un rectángulo al lado de cada información que al ser tocada por un jugador provoca la selección o deselección de la misma.

La figura 6.9 muestra la gráfica de la pista de un objeto durante una simulación utilizando el TUIOSimulator. La figura 6.10 muestra una imagen de la mesa durante una sesión de prueba en el momento donde se interactúa con el mismo objeto.

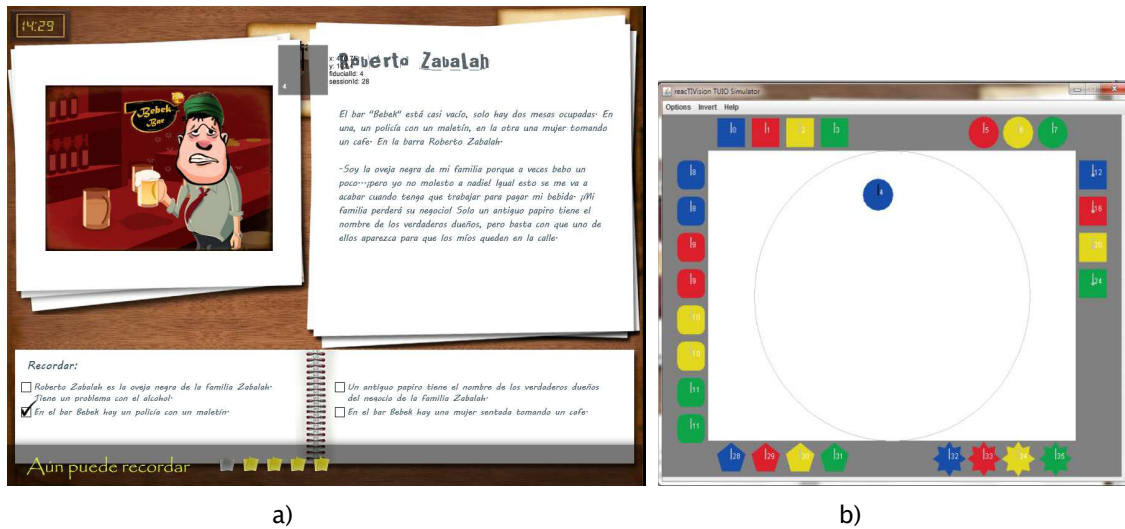


Figura 6.9 a) Primera etapa de la aplicación. Interacción con un objeto pista b) Simulador

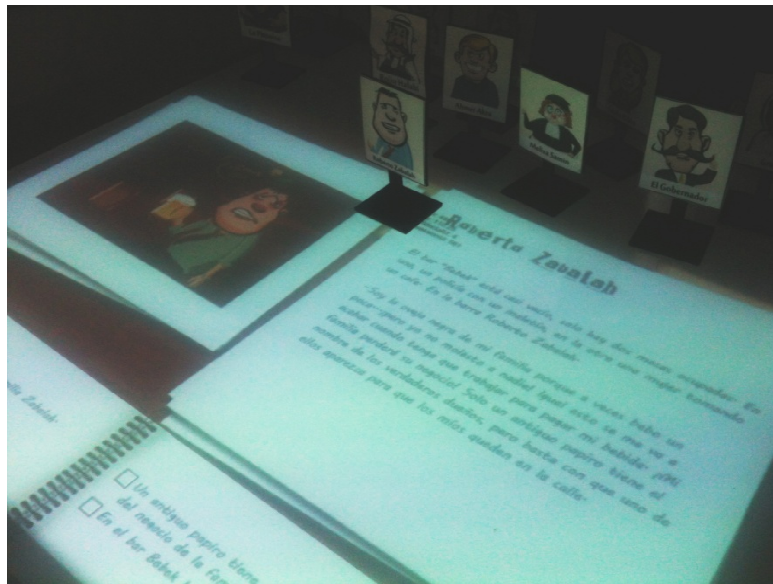


Figura 6.10 – Objeto usado en una sesión

Cuando el equipo toca el área para finalizar la etapa o cuando se acaba el tiempo estipulado para la etapa, la mesa cambia su gráfica para mostrar la presentación de la siguiente etapa (Figura 6.11).

Nuevamente, se pensó un texto breve que resuma el objetivo, y a diferencia de la presentación de la etapa 1, se agrega la posibilidad de retornar a la etapa pasada.

Esta idea de poder volver a la etapa anterior, surgió a partir de las primeras pruebas informales de uso del prototipo que se realizaron. A los jugadores les

resultó poco el tiempo dado y se vieron obligados a continuar con el juego sin haber concluido satisfactoriamente la etapa anterior. Esto causó un desánimo en el equipo y consecuentemente, un mal desempeño en las etapas posteriores. Por eso se propuso el agregado de esta posibilidad.

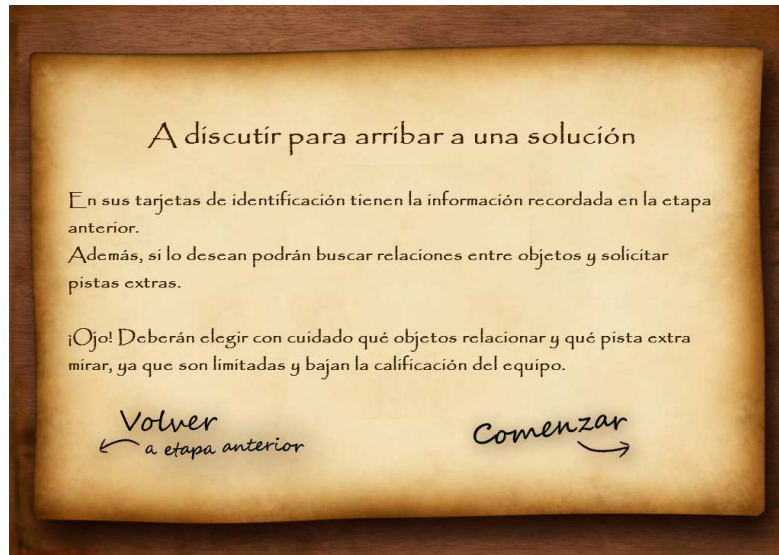


Figura 6.11 – Inicio de segunda etapa de la aplicación.

A continuación se muestra, en la Figura 6.12, la gráfica de la segunda etapa cuando no hay objetos interactuando, junto al diseño planteado en el capítulo 5.

Siguiendo el estilo de la etapa anterior se mantienen el reloj y el área de fin de etapa en los mismos lugares.

Se reemplaza el área de pistas por dos nuevas áreas de interacción: Pista extra y Relación.

En el margen inferior se ubican los contadores. Como se mencionó en el capítulo 5, las pistas extras y las relaciones son limitadas. Estos contadores indican las cantidades disponibles respectivamente.

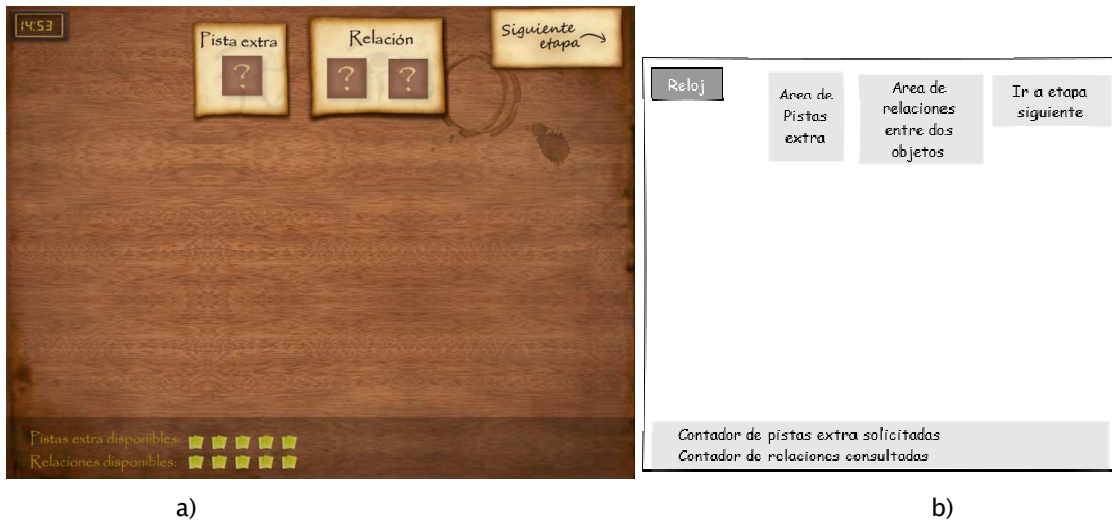


Figura 6.12 a) Segunda etapa de la aplicación. b) Esquema de etapa dos (Capítulo 5)

Cuando un jugador coloca un objeto correspondiente a una pista extra en el área correspondiente, se muestra la información de dicha pista, tal como lo ilustra la Figura 6.13. Se puede observar que se encuentra marcado, en la parte inferior, las pistas extras disponibles en amarillo y en gris (con un ícono apagado) la cantidad de información extra ya solicitada.

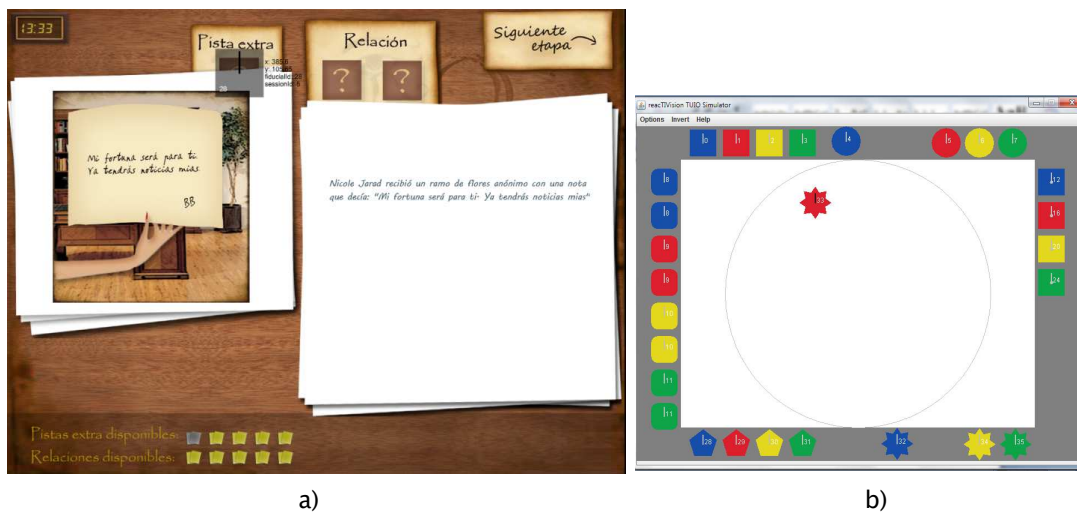


Figura 6.13 a) Segunda etapa de la aplicación. Interacción con pista extra. b) TUIOSimulator

Al colocar dos objetos en el área de relación se muestra la información de la relación con la misma disposición que las pistas.

Se decidió colorear la base de los objetos al colocarlos en el área para indicar que se espera que se coloque un objeto pareja para mostrar la información de

relación. Del mismo modo que con las pistas extras, al armar una pareja se decrementa el contador de relaciones disponibles.

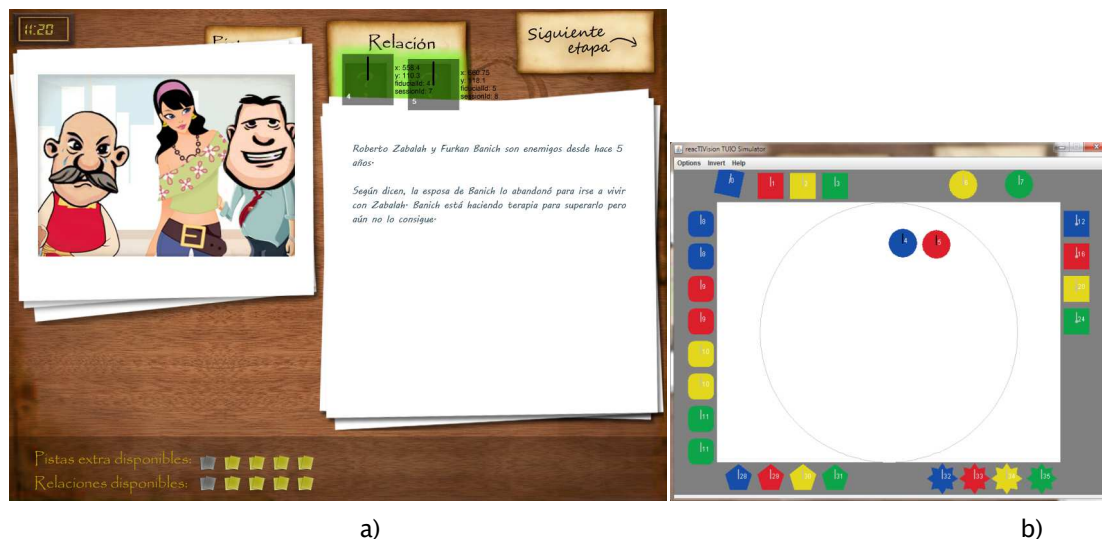
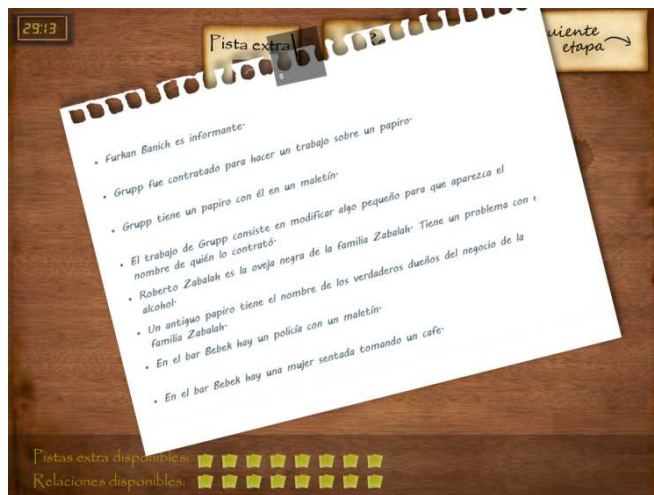


Figura 6.14 a) Segunda etapa de la aplicación. Interacción con dos objetos buscando relaciones
b) TUIOSimulator

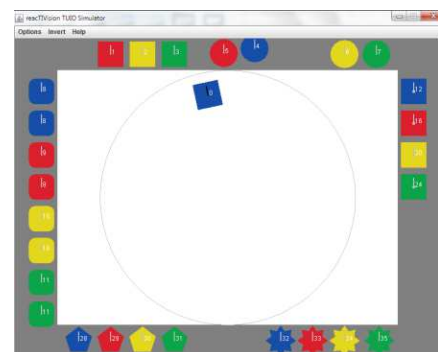
Como se mencionó en el capítulo 5, en la segunda etapa los jugadores pueden acceder a la información de las pistas que recordaron en la primer etapa. Esta información se encuentra relacionada al objeto "token" de cada jugador.

Se decidió no marcar área de interacción, sino que se pueda utilizar toda la mesa para poder adaptar la posición y orientación del listado de datos recordados para que todos los integrantes puedan verlo (Figura 6.15).

En la etapa de diseño del juego (capítulo 5), se planteó realizar la orientación del texto recordado tomando como centro de giro el vértice superior izquierdo del listado. En las pruebas informales realizadas se notó que resulta más agradable tomar como centro de giro, el centro superior de la lista, tal como lo muestra la figura 6.15 a).



a)



b)

Figura 6.15 a) Segunda etapa de la aplicación. Interacción con token de jugador.
b) TUIOSimulator.

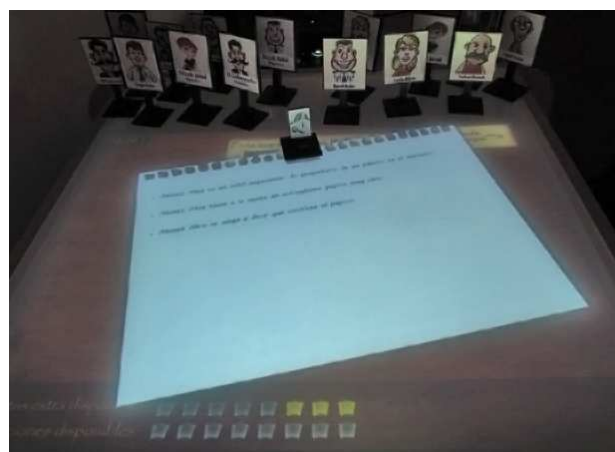


Figura 6.16 - Uso del objeto token

Finalmente, cuando se termina esta etapa, el equipo debe definir una solución para los interrogantes del caso.

La Figura 6.17 muestra la presentación y comienzo de esta etapa.

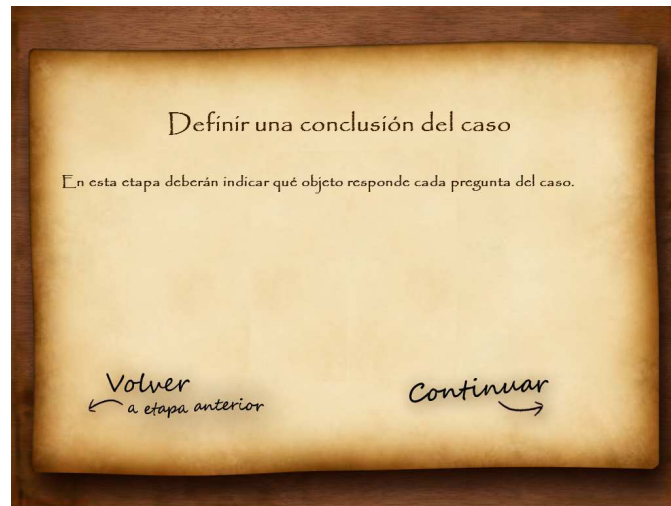


Figura 6.17 – Inicio de tercera etapa de la aplicación.

Al dar comienzo a esta etapa, la gráfica que se muestra es la presentada en la Figura 6.18. Esta última etapa muestra los interrogantes del caso con su área para colocar la respuesta.

Nuevamente, cuando el equipo avance a la siguiente etapa o bien, cuando se alcance el tiempo máximo de la etapa actual, se muestra un nuevo escenario donde se solicita que el equipo confirme las respuestas dadas. En este momento el equipo puede aceptar o volver a la etapa anterior y cambiar sus respuestas.



Figura 6.18 a) Tercera etapa de la aplicación. b) Confirmación de solución planteada

Cuando los jugadores confirman la solución, la mesa les mostrará el resultado de la partida.

La Figura 6.19 presenta los escenarios para las dos situaciones posibles: Solución correcta y solución incorrecta.

En caso de arribar a una solución correcta se agregará una calificación para el equipo. Esta información debería generar en el equipo una autoevaluación sobre su desempeño, analizando los por qué de la calificación otorgada por la mesa.

Finalmente, en ambas situaciones, los jugadores pueden solicitar ver la solución del caso (Figura 6.20), y solo en caso de no llegar a la solución correcta se permite volver a la etapa anterior a arriesgar una nueva respuesta.

De todas formas esto puede quedar en manos de la decisión del docente acorde a las reglas del juego que establezca.

La interfaz para presentar el resultado del caso se organizó de manera tal de no quedar ocluida por los objetos ya seleccionados por los jugadores como solución del caso. En la Figura 6.19 puede verse como se muestra si el caso fue resuelto o no y el nivel alcanzado dado en estrellas.

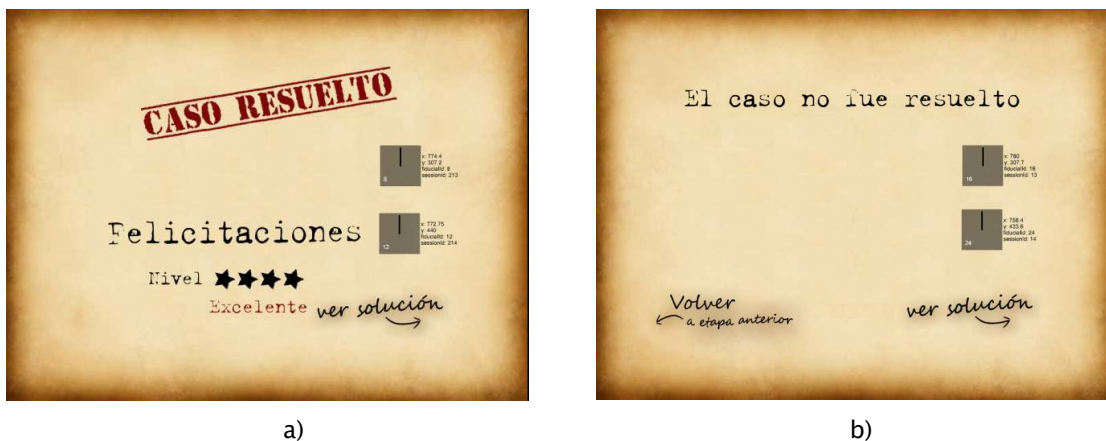


Figura 6.19 – Resultado de partida. a) Solución correcta. b) Solución incorrecta

La cantidad de estrellas obtenidas en la calificación es calculada a partir de los datos extra solicitados (pistas y relaciones), y en función de la cantidad de tiempo utilizado en las etapas. Esto se calcula sólo en caso de éxito en la solución.

Para la calificación se crearon cuatro niveles: Regular, Bien, Muy Bien y Excelente.

Para analizar el tiempo utilizado, se dividieron los minutos asignados a cada etapa en 4 cuartos. La mejor situación es que un equipo utilice los 4 cuartos originales de cada etapa o menos. A medida que se agregan cuartos de tiempo extra, la categoría del equipo baja. Por otro lado, la cantidad de información extra utilizada también influye en la calificación. Se toma como límite la mitad de la cantidad permitida de cada una. El cálculo del nivel puede verse en la tabla 2.

Nivel	Situación
Excelente (4 estrellas)	<ul style="list-style-type: none"> • El equipo resolvió los interrogantes sin utilizar tiempo extra y con a lo sumo una pista extra/relación.
Muy Bien (3 estrellas)	<ul style="list-style-type: none"> • El equipo resolvió los interrogantes utilizando menos de 4 cuartos de tiempo extra y 1 o ninguna pista extra/relación. • El equipo no pidió tiempo extra y utilizó menos de la mitad de pistas extras/relaciones disponibles.
Bien (2 estrellas)	<ul style="list-style-type: none"> • El equipo resolvió los interrogantes utilizando menos de 4 cuartos de tiempo extra y menos de la mitad de pistas extras/relaciones disponibles. • El equipo no pidió tiempo extra y utilizó más de la mitad de pistas extras/relaciones disponibles.
Regular (1 estrellas)	<ul style="list-style-type: none"> • El equipo resolvió los interrogantes utilizando más de 4 cuartos de tiempo extra. • El equipo solicitó menos de 4 cuartos de tiempo extra pero utilizó más de la mitad de pistas extras/relaciones.

Tabla 2 – Cálculo de calificación del equipo

Finalmente, es posible tener una explicación acerca de la resolución del caso. Allí se detalla el por qué de cada respuesta. La Figura 6.21 muestra un ejemplo de esta explicación dada por ITCOL.

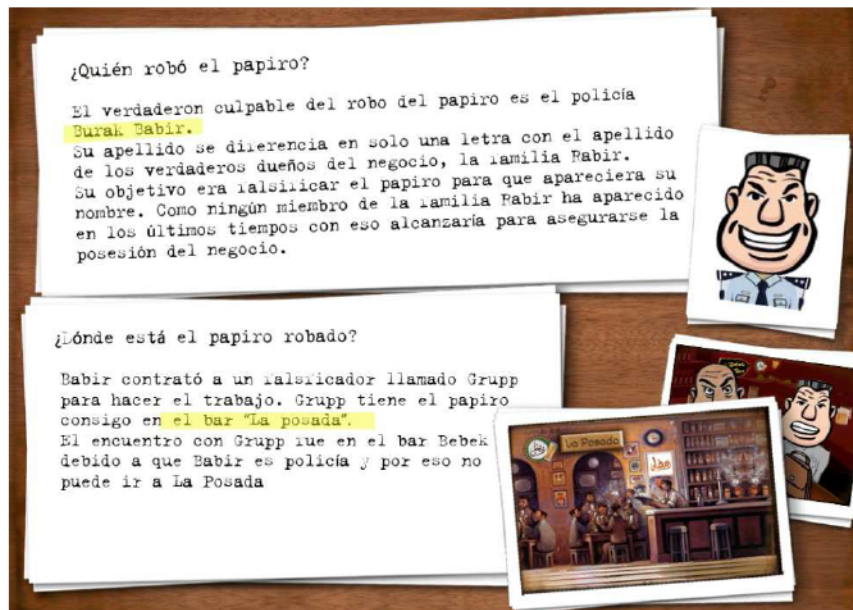


Figura 6.20 – Solución del caso

4. Resumen

En este capítulo se expusieron las tecnologías utilizadas en el desarrollo de ITCOL. Se presentó la biblioteca TUIO-AS3 detallando su estructura y modo de uso. Finalmente, se detalló el funcionamiento de ITCOL en cada instancia del juego siguiendo el diseño planteado en el capítulo 5 y focalizando especialmente en mostrar las pantallas que conforman la implementación del juego.

Experiencias de uso del prototipo

Resultados obtenidos

1. Introducción

En los capítulos anteriores se detalló tanto la arquitectura de la mesa (tabletop) como el prototipo desarrollado, denominado ITCOL, acorde a los objetivos de este trabajo.

En el presente capítulo se procederá a exponer las experiencias realizadas en pos de evaluar el funcionamiento de ITCOL. Además se describirán los requerimientos no funcionales necesarios para operar el sistema correctamente que se especificaron al inicio de cada sesión de prueba.

Al finalizar el capítulo se enumeran resultados, producto del análisis de las sesiones realizadas. Algunos de ellos han concluido en un conjunto de modificaciones sobre el diseño e implementación del sistema o en un plan de cambios detallados como trabajos futuros.

2. Metodología de desarrollo de las experiencias

A lo largo de este trabajo se realizaron una serie de pruebas y experiencias tanto formales como informales, que tuvieron diferentes finalidades y dimensiones de análisis. La primera experiencias tuvo como objetivo evaluar la dinámica del juego colaborativo planteado sin intervención de tecnología informática. Luego, se desarrollaron una serie de sesiones de prueba con la utilización del prototipo ITCOL, cuyo propósito fue testear el prototipo y analizar aspectos de su interfaz y funcionalidad. Finalmente, se desarrollaron dos sesiones formales con el prototipo ya depurado y estable, que permitieron analizar el cumplimiento de los objetivos para los que había sido creado ITCOL, considerando la dinámica colaborativa, la intervención de la tecnología específica y sus posibilidades de interacción. A continuación se describirán los aspectos más importantes de cada una de estas instancias.

Experiencia de validación del juego colaborativo sin intervención de tecnología informática

En primer lugar se desarrolló una primera experiencia, cuyo objetivo era analizar la dinámica del juego que se pretendía desarrollar. Por ello, se realizó una sesión del juego sin intervención de tecnología informática. Dado que el

detalle de esta experiencia ha sido presentado en el capítulo 6, sólo se destacan aquí los aspectos más relevantes:

Cantidad de personas: 5 (4 jugadores y 1 coordinador)

Perfiles: heterogéneos con edades diversas

Duración de la sesión: 1 hora

Tecnología de base: papeles impresos, comunicación oral

Aspectos preliminares: el coordinador leyó el caso a resolver y se establecieron las reglas del juego.

Observaciones destacadas de la sesión

Observación 1. Los jugadores leyeron sus pistas en forma rápida, ya que sabían que podrían volver a consultarlas para resolver el caso. Se observó que esta situación no favoreció uno de los aspectos centrales de los procesos colaborativos, como el de la responsabilidad individual, ya que las personas se apoyaban en lo que tenían escrito y no realizaban ningún tipo de procesamiento de la información entregada. Esta observación llevó a uno de los elementos de diseño de ITCOL que involucra el recordar aspectos claves de la información presentada por cada pista. Luego, en el debate del equipo para arribar a la solución, sólo puede visualizarse la información clave registrada, y no el texto completo de la pista.

Observación 2. Los jugadores contaban solo con el texto de las pistas; no tenían imágenes que ilustraran la historia, por lo que les costaba mucho recordar los nombres de los personajes y los confundían. Existió poca vinculación con los personajes. Esto influyó en decisiones de diseño de ITCOL.

Observación 3. La partida finalizó exitosamente. Los jugadores experimentaron un debate en el cual debieron negociar sus ideas y ponerse de acuerdo entre ellos. Finalmente, pudieron descubrir los dos interrogantes. La dinámica colaborativa se logró, se comunicaron, discutieron, arribaron a acuerdos negociados, y finalmente a una solución. Esto permitió validar como adecuado el juego planteado para lograr la dinámica colaborativa esperada.

Observación 4. Los jugadores plantearon la posibilidad de que se produjera un estancamiento por parte del equipo y que sería deseable, en ese caso, ofrecer

información extra que les ayuden a salir de ese estado. En ITCOL, se decidió que la información extra se daría en forma de pistas extras y a través de la búsqueda de relaciones entre los personajes, esto se cree que incentivará al equipo y motivará la búsqueda de la solución.

Esta primera experiencia ha sido un punto de partida esencial en el desarrollo de ITCOL. A continuación se presentan las pruebas informales realizadas sobre el prototipo en evolución.

2.1. Sesiones informales de prueba del prototipo en evolución

Una vez pasada la primera experiencia de validación del juego, con una primer versión del prototipo del juego desarrollado, y teniendo la mesa en funcionamiento, se realizaron pruebas informales. Las pruebas son denominadas informales debido a su carácter no estructurado, sin tiempos establecidos ni definición de perfiles específicos de usuario. Las pruebas informales se realizaron repetidas veces hasta llegar a una versión estable de ITCOL. Para estas pruebas se le solicitó a diferentes usuarios que interactuaran con el sistema, la mayor parte de ellos sin experiencia en el tipo de Interacción Tangible en la que se basa el prototipo. Con estas sesiones se buscó, además de probar la estabilidad de la aplicación, analizar la intuitividad de la interfaz y del funcionamiento de la aplicación. Los usuarios fueron convocados de a uno. Algunos de ellos eran parte del equipo de la prueba inicial sin tecnología informática, y otros no.

Se realizaron sesiones informales de prueba durante 3 meses.

A continuación se enumerarán los cambios provocados en ITCOL, luego de las sesiones de prueba informales, junto a una breve descripción de la situación que lo provocó.

Cambio 1. Agregado de la Opción "Volver a etapa anterior". Se decidió agregar esta opción al comienzo de cada nueva etapa. Durante una prueba, al finalizar la primera etapa (se acabó el tiempo configurado para la misma), el usuario aún tenía pistas por mirar. La situación hacía imposible el arribo a una solución existosa ya que la información obtenida estaba incompleta. Se había

alcanzado un estado que garantizaba el fracazo de la jugada y no existía forma de revertir la situación. Los tiempos de cada etapa son pautados por el docente en la configuración del juego, sin embargo un docente sin experiencia en la dinámica podría generar una configuración inadecuada. Por lo que se dio esta flexibilidad, siempre coordinada la acción por la observación de un docente que establecerá las reglas pertinentes del juego. Un observación importante es que si bien se decidió permitir el retorno a una etapa finalizada, se puso un castigo a dicha acción, influyendo en la performance final del equipo, cada vez que se solicite tiempo extra. Esto se vincula con el cálculo de nivel de desempeño del equipo en caso de éxito.

Cambio 2. Agregado de la Opción "Pasar a siguiente etapa". De la misma forma que un usuario se encontró en la situación de haberse quedado sin tiempo sin haber leído todas sus pistas, se produjo la situación contraria. Un usuario luego de haber leído todas sus pistas, debió esperar que finalice la etapa para continuar con el juego. Por esto se decidió agregar la posibilidad de pasar de etapa a través de una opción específica en la interfaz.

Cambio 3. Mejoras de Legibilidad: Letra mas grande. Algunos usuarios notaron que la tipografía se encontraba en un tamaño que dificultaba su lectura, por lo que fue necesario mejorar la relación de tamaño para obtener mejoras en la legibilidad.

Cambio 4. Giro del texto de la información clave recordada. En la segunda etapa, cuando un jugador se encontraba sentado en alguno de los laterales de la mesa, le resultaba incómodo leer la información recordada. Se dio la posibilidad de que el usuario pudiera darle al texto la orientación del objeto token. Al mover el token girándolo el texto acompaña esta acción, permitiendo al usuario acomodarlo para una mejor lectura, según donde esté sentado en vinculación con la mesa. Inicialmente el giro se realizó tomando como centro el vértice superior izquierdo. Luego, se notó que resultaba más agradable tomar como centro de giro el centro superior del listado.

Cambio 5. Cambio de la forma de interacción "De Touch con dedos" a "Touch con lápiz". Inicialmente la forma de seleccionar información clave de cada pista durante la primer etapa, era tocar con un dedo la información clave a recordad de manera tal de tildarla. En diferentes pruebas la eficacia en la detección de los dedos variaba. En algunos usuarios funcionaba de manera

correcta y con otros se volvía más inestable. Se observó que esto dependía fundamentalmente de dos variables: posición en la que se colocaba la mano (generaba sombras) y del tamaño de los dedos del usuario. Se decidió así, utilizar un lápiz que garantizara tener un tamaño de “dedo” uniforme y que no se produjeran sombras acorde a la posición de la mano. Esta situación mejoró la estabilidad de la aplicación de manera fundamental.

Cambio 6. Agregado de la Opción "Ver solución". En las primeras versiones, al finalizar el juego se mostraba directamente la solución. Un usuario sugirió que no deseaba verla, sino que quería volver a intentarlo. Se cambió para dar la posibilidad de ver la solución o de volver a intentar otra respuesta. El equipo podrá tomar esta decisión basado en las reglas que establezca el docente coordinador de la sesión del juego.

Durante la etapa de pruebas informales, además de mejorar al prototipo con las observaciones y los comentarios de los usuarios, se fueron solucionando errores de funcionamiento.

Una vez ajustado el sistema se planearon las sesiones formales de prueba. Se diseñaron y realizaron dos sesiones. Inicialmente se armaron dos grupos de trabajo con perfiles diferentes: uno de ellos con docentes de distintas edades, todos informáticos y el otro con un grupo de docentes de edades más parejas (rondando los 30 años), también informáticos.

Previamente se enviaron invitaciones a cada uno, citándolos para un día y hora determinados.

Para recoger información de las experiencias realizadas se utilizó la técnica de observación. Las sesiones fueron grabadas para no perder detalles de las mismas.

Para realizar las pruebas fue necesario colocar la mesa en un lugar cómodo, donde los participantes pudieran colocarse sin chocar con la mesa y alejado de las entradas de sol directas, ya que la luz solar interfiere con la luz infrarroja del interior de la mesa.

A continuación se describen las sesiones programadas.

3. Sesiones formales programadas

3.1. Sesión 1

Duración: 1 hora

Cantidad de jugadores: 4

Perfiles: se buscó que las personas tuvieran edades variadas y fueran docentes.

Inicialmente se les explicó la dinámica del juego y el objetivo final del mismo. Luego, se inició la sesión. Los participantes se ubicaron alrededor de la mesa y observaron el video de presentación del caso proyectado en la mesa.

Al finalizar el video se dio inicio a la primer etapa. Se repartieron los objetos pista/evidencia a cada participante. Cada jugador contó aproximadamente con 5 objetos.

De a uno por vez, los jugadores se fueron quedando solos en la sala mirando sus pistas y marcando la información que consideraban importante. (procesamiento inicial de la información). Se los notó muy concentrados en los textos. Se observó que los textos demasiado largos los desmotivaban, por lo que se decidió para la siguiente sesión acortar las pistas quitando información intrascendente para el caso. La Figura 7.1 muestra algunos ejemplos de esta sesión.



Figura 7.1 – Desarrollo de la primer etapa del juego durante la primer prueba formal

Durante la primer etapa cada jugador estuvo aproximadamente 5 minutos mirando sus pistas. Se notó en algunos momentos inconvenientes a la hora de seleccionar la información a recordar (al apoyar el lápiz demasiado tiempo se selecciona y luego se deshace selección; y por otro lado, al realizar el movimiento muy rápido la aplicación no alcanza a detectarlo). Luego, de las primeras interacciones (los primeros 2 o 3 touches) lograban un equilibrio y seleccionaban sin problemas. Es decir, tenían un primer momento de adaptación a la interacción con el lápiz.

Durante esta etapa, un jugador tocó la mesa con la rodilla, lo que provocó que la imagen de la mesa quedara corrida. Fue necesario acomodarla para poder seguir adelante. Para ajustarla no fue necesario detener el juego.

Cuando todos los jugadores terminaron de mirar sus pistas, se reunieron los cuatro en la sala y dieron comienzo a la etapa de discusión. Esta etapa duró aproximadamente 35 minutos.

El equipo llevó adelante un debate intenso, analizando la situación. Interactuaron con la mesa mostrando la información recordada a sus compañeros de forma muy natural. Pidieron pistas extras y buscaron relaciones. Entendieron que las relaciones debían ser pedidas con cuidado y así lo hicieron.

Para ordenarse en el debate, de forma natural se fueron turnando para mostrar lo recordado en la etapa anterior en el orden en que estaban sentados alrededor de la mesa. En esta etapa utilizaron todas las pistas extra y todas

las relaciones posibles. La Figura 7.2 muestra parte de lo ocurrido en la etapa 2 de esta sesión.



Figura 7.2 – Desarrollo de la segunda etapa en la primer prueba formal

El equipo logró descubrir uno de los interrogantes. Se notó que el texto de una de las pistas mencionaba un detalle que generaba confusión. Esto hizo que el equipo realizara suposiciones incorrectas y no descubrieran el segundo interrogante. Luego de esta experiencia el caso fue mejorado para evitar el problema en las sesiones siguientes.

Durante la discusión, uno de los integrante comenzó a desconfiar de la información otorgada por la mesa. Fue necesario aclarar que los datos obtenidos de las pistas debía tomarse como verdaderas, y analizar las posibilidades desde esas afirmaciones.

Al final el equipo decidió ver la solución. Con la explicación de la solución del caso el equipo entendió las relaciones y pistas que se les habían entregado.

Después de la partida cada jugador hizo su aporte al juego diciendo qué cosas proponían mejorar.

Comentaron que sería más agradable para el equipo, que en la etapa de resultados, en el caso que no se haya arribado a la solución correcta, la mesa informara cuál de los interrogantes no se resolvió.

Toda la información de esta sesión fue de suma utilidad y quedan como trabajo futuros algunas de las propuestas de los participantes y contar con

una aplicación que tome el archivo de registro generado por ITCOL para obtener información relevante para los docente a cargo de la sesión del juego.

3.2. Sesión 2

Duración: 1 hora y 10 minutos

Cantidad de jugadores: 4

Perfiles: el equipo estuvo conformado por informáticos de alrededor de 30 años.

Se realizaron los cambios necesarios observados en la prueba anterior.

La metodología utilizada al inicio de la sesión fue la misma que en la anterior. Los jugadores se reunieron en la sala. Se explicó la dinámica y el objetivo del juego y miraron el video inicial. Luego, se repartieron los objetos y de a uno fueron entrando a ver sus pistas. Al igual que en la sesión anterior, cada jugador estuvo mirando las pistas alrededor de 5 minutos.

En la etapa de discusión, uno de ellos tomó la iniciativa de comenzar a hablar, y posteriormente el resto del equipo se fue soltando, surgió un líder de forma implícita. Cuando un jugador nombraba a algún personaje conocido por otro, este último agregaba la información que tenía sobre el personaje en cuestión sin seguir un orden por turnos. Esto enriqueció la discusión, y resultó favorecedor para arribar a la solución.

Uno de los participantes se notó más callado que el resto, pero al mostrar la información que tenía recordada en su token, el resto de los jugadores realizaban preguntas y de esa forma lo hacían participar.

La etapa de discusión duró aproximadamente 35 minutos. A lo largo de esta etapa, aparecieron varios sospechosos en relación al caso a resolver. Distintos integrantes del equipo defendían diferentes hipótesis. El equipo se concentró en buscar información que les ayudara a descartar a alguna de ellas. El funcionamiento del equipo fue correcto. Cuando un compañero hablaba el resto lo escuchaba y no se armaron conversaciones paralelas. Cada vez que quisieron buscar una relación o una pista extra buscaron estar todos de

acuerdo. Ninguno de ellos tomó decisiones sin antes consultar al resto del equipo. La Figura 7.3 muestra parte de la dinámica de esta sesión.



Figura 7.3 – Desarrollo de la segunda prueba formal

El equipo logró descubrir los dos interrogantes. Al finalizar la sesión, al igual que en la sesión anterior, los jugadores expusieron su punto de vista del juego y sugirieron mejoras para versiones posteriores. Los participantes se mostraron muy entusiasmados y motivados por la dinámica del juego y las posibilidades de interacción, al igual que sucedió en la sesión anteriormente descrita.

Se notó que los cambios realizados en el caso desde la sesión anterior fueron provechosos, ya que se quitó la ambigüedad que existía en algunas pistas pero, al mismo tiempo, el arribo a la solución requirió una amplia discusión por parte de los integrantes del equipo.

Uno de los jugadores comentó que sería útil ofrecer la posibilidad de pedir más pistas extras aunque se hubiera acabado la cantidad permitida. Se comentó que esa acción podría degradar más la performance pero permitiría al grupo avanzar en caso no encontrar una solución.

3.3. Sesión 3

Duración: 1 hora y 15 minutos

Cantidad de jugadores: 4

Perfiles: el equipo estuvo conformado por profesionales de distintos ámbitos de alrededor de 30 años, alumnos del Seminario de Educación a Distancia de esta facultad.

Al inicio de la sesión los jugadores se reunieron en la sala. Se explicó el objetivo del juego y su dinámica. Luego de mirar el video inicial, se repartieron los objetos y, a diferencia de las sesiones anteriores, se alejaron de la mesa manteniéndose dentro de la sala dejando solo a uno de los participantes frente a la mesa. Este cambio no provocó ningún inconveniente en el desarrollo de la sesión. A medida que cada jugador iba terminando de ver sus pistas, llamaba a algún compañero para que este continuara. Del mismo modo que en las sesiones anteriores, el tiempo que le llevó a cada participante mirar las pistas rondó los 5 minutos.

En la etapa de discusión, fueron los cuatro participantes muy activos. Comenzaron a hablar de forma ordenada, respetando el lugar que ocupaban en la ronda, pero luego de unos minutos de forma espontánea comenzaron a hablar más y a relacionar información para enriquecer lo que sus compañeros comentaban. Les costó muy poco soltarse y generar hipótesis. El grupo funcionó correctamente, se escucharon siempre y respetaron las ideas de todos. Se resistieron a pedir información extra, debido a que aspiraban obtener el mayor puntaje posible del juego. Solo cuando necesitaron más información para salir de una disputa entre distintas hipótesis recurrieron a las relaciones. Inicialmente prefirieron utilizar las relaciones en lugar de las pistas extras porque concluyeron que eran más provechosas. Cuando luego de varios pedidos de relaciones que no existían comenzaron a analizar cuáles de las pistas extras pedir. El equipo pudo aprovechar la inexistencia de relaciones entre personajes para descartar deducciones erróneas.

Cuando se acercó el tiempo de fin de la etapa de discusión, se encontraron en la disyuntiva de dos hipótesis y con el equipo repartido en cada una. No pudieron desempatar y se decidieron por una de las dos, pero de manera azarosa. Solo respondieron correctamente a uno de los interrogantes. Al mirar la solución del caso descubrieron que la solución del otro interrogante se correspondía con la hipótesis que habían descartado.

El uso del token fue fluido y les ayudó a reproducir la información obtenida a sus compañeros.

El caso a descubrir en el juego tiene como particularidad una gran cantidad de personajes con nombres parecidos. Esta particularidad generó en todas las sesiones mucho diálogo entre los participantes debido a la confusión que provocan. En esta sesión los jugadores utilizaron los objetos tangibles para presentar al resto de los compañeros los personajes que les habían tocado. Esta presentación clara de cada personaje les ayudó luego a distinguirlos durante las discusiones.

Con respecto a la utilización del lápiz, uno de los participantes indicó, a diferencia del resto, que no le resultó cómodo de utilizar.

La etapa de discusión duró aproximadamente 40 minutos. La Figura 7.4 muestra parte de la dinámica de esta sesión.



Figura 7.4 – Desarrollo de la tercera prueba formal. Segunda etapa

3.4. Sesión 4

Duración: 1 hora

Cantidad de jugadores: 4

Perfiles: El equipo estuvo conformado por profesionales de distintos ámbitos de entre 35 y 45 años, uno de ellos alumno del Seminario de Educación a Distancia esta facultad.

Al igual que en la sesión anterior se reunieron en la sala y luego de la explicación de objetivos y dinámica del juego, miraron el video inicial y dieron comienzo a la primer etapa manteniéndose todos los jugadores en la sala. Los cuatro jugadores pasaron la primer etapa sin problemas, repitiéndose en esta sesión el tiempo requerido por cada uno para mirar sus pistas: 5 minutos.

Al iniciar la etapa de discusión, les costó soltarse y comenzar a hablar. Uno de los jugadores tomó la iniciativa y colocó su token para comenzar a informar al resto sobre lo visto en la etapa anterior. Uno de ellos se notó más pensativo y callado que el resto. Si bien participaba en la discusión pensaba y analizaba interiormente la situación y luego exteriorizaba una idea.

Luego de hablar un largo rato se notaba al equipo confundido con la historia del caso. En esta sesión les costó más distinguir los personajes. En algunas oportunidades se observó que durante la discusión no escucharon comentarios de un compañero que les podría haber servido. Algunos de los participantes se notó confundido con sus propios personajes.

Inicialmente, del mismo modo que en la sesión 3, se resistieron a pedir información extra, pero les fue imposible avanzar y luego de unos minutos decidieron pedir relaciones. Nuevamente los jugadores prefirieron las relaciones a las pistas extras.

Durante la discusión se alejaron mucho de la solución, tanto que parecía que no iban a llegar a resolverlo, pero de pronto uno de ellos recordando información del video inicial pudo encaminar la discusión y permitir que arribaran a las respuestas correctas. El trabajo en equipo funcionó de manera correcta. Una vez ordenados, comenzaron a escucharse más.

El uso del token fue fluido y les ayudó a reproducir la información obtenida a sus compañeros.

La etapa de discusión duró aproximadamente 40 minutos. La Figura 7.5 muestra parte de la dinámica de esta sesión.



Figura 7.5 – Desarrollo de la cuarta prueba formal. Segunda etapa

4. Resultados más importantes

Habiendo expuesto las experiencias y pruebas realizadas, se presentarán resultados a los que se arribaron. Para organizarlos se los dividirá en dos grupos: por un lado, se enumerarán los resultados obtenidos de la observación y el análisis de la interacción de los participantes con el sistema; y por el otro, los resultados en cuanto a las situaciones del trabajo colaborativo generadas en las experiencias.

Respecto a la interacción:

La existencia de la mesa como herramienta para solucionar el caso generó que los personajes tomaran vida. Los jugadores comentaban a sus compañeros la información obtenida de sus pistas como si hubieran hablado con los personajes. En todas las sesiones los jugadores manipularon los objetos de manera natural.

La motivación de los integrantes del equipo se mantuvo a lo largo de toda la sesión y la interacción con la mesa les resultaba atractiva y novedosa, así como también natural. No hubo que realizar explicaciones detalladas para su uso. Las personas fueron trabajando de manera intuitiva.

El touch con el objeto lápiz funcionó bien. Los usuarios lo utilizaban sin necesitar ninguna explicación de cómo hacerlo. Sólo en algunos casos tuvieron algunos intentos fallidos iniciales o por mantener mucho tiempo apoyado el lápiz o por quitarlo muy rápidamente.

Respecto al trabajo colaborativo:

Durante la primer etapa, en la cual se les da la responsabilidad de recolectar información de manera individual a cada jugador, se logró que los participantes sintieran la importancia de la responsabilidad individual. Se logró que cada participante se sintiera una pieza fundamental del equipo y que entendiera que el conocimiento de sus compañeros era igual de importante que el propio. Es importante en este aspecto, para este juego en particular, repartir los objetos estratégicamente para balancear la información de cada participante.

Al momento de la reunión del equipo para trabajar colaborativamente y discutir la solución, existieron dos tipos de estrategias:

Cuando un jugador mencionaba la información conocida sobre un personaje, el resto de los jugadores, que sabían algo más del mismo, hacían su aporte sin esperar su turno.

Los jugadores se turnaban para hablar de acuerdo a la posición que ocupaban en la mesa.

El juego permitió generar la dinámica colaborativa requerida acorde a los objetivos planteados. Además, se lograron los dos aspectos mencionados como disparadores de la realización de ITCOL, la utilización de una tecnología que permita realizar la dinámica sin ser una distracción para el equipo, y el registro de lo ocurrido en la sesión mediante un archivo de registro. Actualmente se está trabajando en el diseño de una aplicación que permita tomar este archivo como entrada y obtener la información necesaria para el análisis de los docentes.

5. Resumen

Se expusieron las experiencias realizadas con ITCOL en pos de evaluar su funcionamiento.

Se detallaron tanto las pruebas formales como las informales junto con los resultados de las mismas. También se realizó una descripción de los cambios provocados por dichos resultados sobre el prototipo.

Finalmente, se realizó un resumen de los resultados más importantes clasificados por dos enfoques: por un lado los resultados con respecto al trabajo colaborativo y por el otro lado los resultados respecto a la interacción.

Capítulo 8

Conclusiones y trabajos futuros

1. Introducción

Este capítulo tiene como objetivo presentar las conclusiones del trabajo realizado y mencionar los aspectos que quedaron pendientes para su posterior desarrollo.

2. Principales conclusiones

En el marco de la Interacción Persona–Ordenador, la interfaz es un elemento fundamental y se ha vuelto un eje importante en el desarrollo de sistemas informáticos.

A lo largo de los años, se han producido grandes avances en esta disciplina, en los que claramente puede distinguirse la búsqueda por lograr la naturalidad en el uso de las computadoras. Se busca que las computadoras se vuelvan en cierta forma transparentes para la persona, permitiendo que el foco de atención pueda centrarse en la tarea a realizar y no en la computadora que la está mediando.

Las Interacción Tangible ha supuesto un importante cambio de paradigma en el diseño de interfaces de usuario, y el modo de interactuar con los sistemas informáticos.

Este trabajo, busca ser un aporte para la utilización de sistemas informáticos interactivos en el área de Educación, dando naturalidad a su utilización, y focalizando la atención en una tarea a realizar colaborativamente entre alumnos.

Para la teoría del aprendizaje y la cognición, la justificación del valor de la Interacción Tangible en el aprendizaje abarca conceptos como: las prácticas de participación, la construcción de los modelos, la actividad colaborativa. Los argumentos planteados incluyen: la generación metáforas, la posibilidad de centrar la atención en la tarea y generar acciones, la concepción de un canal adicional para transmitir información, el razonamiento del mundo a través del descubrimiento y la participación, la mejora de la memoria a través de la acción física y la incitación a la interacción social y a la colaboración, entre otros.

Así, la Interacción Tangible, y especialmente la soportada en tabletops, ofrece un abanico de posibilidades para el ámbito educativo que son sustanciales, en particular, para aquellas actividades que involucran la colaboración entre personas. Hoy en día, se ve una tendencia en el uso de tabletops multitouch, pero el uso de objetos cotidianos para la interacción proporciona además ventajas complementarias.

Con lo expuesto anteriormente y la necesidad educativa de enseñar conceptos de trabajo colaborativo en un curso de postgrado se da sustento al diseño del prototipo desarrollado como parte de esta tesina, llamado ITCOL. Las experiencias realizadas con ITCOL, permitieron arribar a conclusiones favorables en cuanto a la utilización del sistema con Interacción Tangible y al trabajo colaborativo generado.

ITCOL es una aplicación que plantea un caso de investigación con sus correspondientes interrogantes. La existencia de la mesa como herramienta para resolver los interrogantes, genera una vinculación estrecha entre los usuarios y los objetos. Se ha podido observar que los objetos (personajes/evidencias) toman vida y de esta forma, se mejora la memoria y el razonamiento de las situaciones planteadas en el caso.

La interacción con la mesa resulta atractiva y novedosa para los usuarios, y al mismo tiempo natural e intuitiva. Esto genera que la motivación en la actividad se mantenga a lo largo de toda la sesión de trabajo.

Las distintas etapas de la actividad cumplen con mostrar a los jugadores los aspectos característicos del trabajo colaborativo a través de la experiencia personal: Durante la primer etapa, la recolección de información de manera individual logra estimular la responsabilidad individual y pone en evidencia la importancia de la misma en el resultado de la partida, provocando una interdependencia positiva. Cada participante se siente una pieza fundamental del equipo. De la misma forma, durante la segunda etapa se ponen en evidencia las habilidades de colaboración (el trabajo en equipo, liderazgo y solución de conflictos) y la interacción promotora y el proceso de grupo.

Toda la actividad llevada adelante durante la sesión queda registrada en un archivo de registro, el cual es posteriormente evaluado por el docente,

permitiendo realizar así un análisis de las situaciones generadas. Esto constituye un aspecto fundamental acorde a los objetivos planteados.

3. Trabajo futuro

Se proponen algunas líneas futuras de trabajo, las cuales algunas fueron producto de la observación durante las sesiones desarrolladas y otras fueron propuestas por los participantes de dichas sesiones.

A continuación se expone un listado con los trabajos para realizar a futuro en relación a mejoras de este prototipo:

- Permitir que la aplicación levante un ranking con la calificación de jugadas previas, permitiendo así la competencia entre equipos que motive el trabajo del grupo. Al agregar esta funcionalidad a la aplicación se vuelve necesario que se permita asignar un nombre a cada equipo.
- Agregar al inicio del juego la posibilidad de levantar sesiones no terminadas. De esta manera una sesión podría ser detenida y reanudada más tarde.
- Incluir música en la primer etapa. Durante la primer etapa, donde los jugadores leen detenidamente sus pistas, se genera un clima de silencio. Sería ameno que la mesa reprodujera música instrumental de fondo para evitar este silencio absoluto. Debería permitir además que se pueda silenciar.
- Agregar notificaciones con sonido para llamar la atención de los jugadores. A lo largo del juego, los participantes se encuentran con situaciones donde o deben seleccionar información para recordar o deben solicitar pistas extras o relaciones y no tienen disponibilidad para ello. En este caso, la mesa muestra las cantidades disponibles con todos los íconos apagados. Sería de utilidad, que al generarse una acción para la cual ya no hay disponibilidad, la mesa genere un simple sonido que indique que no es posible dicha acción.

- Modificar el modo de calificación. Actualmente, en el final de juego se definen dos situaciones: Caso resuelto y Caso No resuelto. Sería favorable que cuando no se resuelva completamente el caso, la mesa discrimine por interrogante la corrección de cada respuesta y agregue una nueva calificación para los equipos que se encuentren en esta situación. Al mismo tiempo se podrían mejorar las fórmulas vinculadas al cálculo de calificación para asignarle un nivel de desempeño al equipo.
- Quitar limitación en la cantidad de información extra. En la etapa de discusión la información extra es limitada en el sentido de que existe una cota superior en la cantidad de información que se puede solicitar. Se plantea quitar esta cota y permitir que el equipo pueda pedir información sin límites. La mesa debe mostrar un indicador de degradación de la performance que se actualice por cada dato extra. Sería útil permitir que el docente pueda escoger con cual de estas alternativas desea que sus alumnos trabajen (con o sin cotas superiores).
- Crear una aplicación que analice las sesiones y genere estadísticas. En este trabajo no se presenta ningún procesamiento del xml del registro generado durante cada sesión. Dicho xml no es simple de interpretar por el docente debido a la cantidad de información que tiene. Se desea desarrollar una aplicación que procese el archivo de registro y genere estadísticas e información de interés para los docentes. Esta aplicación podría generar comparaciones con corridas anteriores y mostrar a los mismos jugadores sus estadísticas generando un análisis de su propia performance.

Otros trabajos futuros:

- Realizar pruebas de ITCOL cambiando la interacción con el lápiz por la interacción con un guante negro con las puntas de los dedos blancas.
- Generar una herramienta que le facilite al docente la construcción de actividades basadas en la resolución de un caso de manera colaborativa utilizando interacción tangible utilizando una tabletop.



Bibliografía

Adell J. (1998) "Redes y Educación", en De Pablos J. y Jiménez J.(Coord.) Nuevas tecnologías. Comunicación Audiovisual y Educación. Barcelona, Cedecs.

ACM (Association for Computing Machinery). <http://www.acm.org> Title:
Definition of HCI: http://old.sigchi.org/cdg/cdg2.html#2_1

Annany M., Cassell J. (2001) "Telling Tales: A new toy for encouraging written literacy through oral storytelling". Presentation at Society for Research in Child Development, Minneapolis, Estados Unidos.

Antle A. N. (2007) "Designing Tangibles for Children – What Designers Need to Know. School of Interactive Arts and Technology". Montreal, Quebec, Canada. Work-in-Progress April 28–May 3, 2007. San Jose, CA, Estados Unidos.

Baldassarri S., Marco J., Sanz C., Guisen M.A., De Giusti A.E., Cerezo E. (2011) "Interacción Tangible para Desarrollar Competencias Comunicacionales en Educación Especial" XII Congreso Internacional Interacción Persona–Ordenador, ISBN: 978–84–9281–234–9, pp. 341–344. Lisboa, Portugal.

Beaudouin–Lafon M. (2004) "Designing interaction, not interfaces". Working conference on advanced visual interfaces, ACM Press, 2004, pp. 15–22. AVI'04 Gallipoli, Italy.

Beltrán L. J. (1993) "Procesos, Estrategias y Técnicas de Aprendizaje". Editorial Síntesis, S.A. Madrid.

Bertini E., Santucci, G. (2004) "Modelling internet based applications for designing multi–device adaptative interfaces". En: Working conference on advanced visual interfaces, pp. 252–256

Bowman D., Hodges, L. F. (1997) "An Evaluation of Techniques for Grabbing and Manipulating Remote Objects in Immersive Virtual Environments". Proceedings of 1997 pp 35–38. Symp. On Interactive 3D Graphics. Providence, RI, Estados Unidos.

Bruner J. (1973) "Going Beyond the Information Given". New York, Norton.

BUSH, V. (1945) "As We May Think" in The Atlantic Montly. Disponible en <http://www.theatlantic.com/doc/194507/bush>

Canny J. (2006) "The Future of Human Computer Interaction". ACM Queue, Vol. 4 No. 6. pp24–32.

Centro para el Estudio de Librerías Digitales (CSDL) de la universidad AM de Texas, Curso de HCI (CPSC 436). Disponible en: <http://www.cSDL.tamu.edu/leggett/courses/436/part1/sld015.htm>. [Consultado en 2008]

Colella V., Borovoy, R., Resnick, M. (1998) "Participatory Simulations: Using Computational Objects to Learn about Dynamic Systems". Proceedings of the Computer Human Interface (CHI) '98 conference, April 1998. Los Angeles, Estados Unidos.

Dietz P., Leigh D. (2001) "DiamondTouch: A multi-user touch technology". Proceedings of the 14th annual ACM symposium on user interface software and technology (UIST '01), ACM Press, pp 219–226, doi: 10.1145/502348.502389. New York, Estados Unidos.

Dix A., Finlay J., Abowd G. D., Beale R. (2005) "Human Computer interaction" 3ra Edición.

Driscoll M.P., Vergara A. (1997). "Nuevas Tecnologías y su impacto en la educación del futuro", Pensamiento Educativo, 21. Pontificia Universidad Católica, Santiago de Chile.

Do-Lenh S., Kaplan F., Dillenbourg P. (2009) "Paper-based Concept Map: the Effects of Tabletop on an Expressive Collaborative Learning Task". In The 23rd BCS conference on HCI, pages 149–158. ACM

Engelbart D. C. (1962) "Augmenting human intellect: a conceptual framework". Stanford Research Institute. Conferencia Engelbart en Youtube (Consultada en 2013). Parte I. <http://www.youtube.com/watch?v=JflqzSoTMOs>

Fernaes Y., Tholander J., (2005) "Looking at the computer but doing it on land": children's interactions in a tangible programming space. In Proc. of HCI, 3–18.

Fishkin K. (2004) "A taxonomy for and analysis of tangible interfaces". Personal and Ubiquitous Comput. vol 8 pp: 347–358

Fitzmaurice G. W., Ishii H., Buxton W., (1995) "Bricks: Laying the foundations for graspable user interfaces". Proceedings of CHI95, pp. 442-449, NY:ACM,

Fontijn W., Mendels P. (2005). "StoryToy the interactive storytelling toy". Second International Workshop on Gaming Applications in Pervasive Computing Environments at Pervasive. Munich.

Garzotto F., Bordogna M.. (2010) "Paper-based multimedia interaction as learning tool for disabled children". IDC '10: Proceedings of the 9th International Conference on Interaction Design and Children.

Gibson J. J. (1977) "The theory of affordances". In R. E. Shaw & J. Bransford (Eds.), Perceiving, Acting, and Knowing. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Glazier J, Grover R. (2006) "A Multidisciplinary framework for theory building". Library Trends. Disponible en: <http://eprints.rclis.org/archive/00002813/> [Consultado: 22 de noviembre del 2006].

Gros B. (2000) "El ordenador invisible. Hacia la apropiación del ordenador en la enseñanza". Barcelona: Gedisa.

Guisen A., Baldasarri S., Sanz C., Marco J., De Giusti A., Cerezo E. (2011). "Herramienta de apoyo basada en Interacción Tangible para el desarrollo de competencias comunicacionales en usuarios de CAA". VI Congreso Iberoamericano de Tecnologías de Apoyo a la Discapacidad (IBERDISCAP 2011). pp. 301-308. V.1. Palma de Mallorca, España.

Heim S. (2007) "The Resonant Interface: HCI Foundations for Interaction Design." ISBN-13: 978-0321375964

Hiltz S. (1992). "The Virtual classroom: software for collaborative learning". En Barrett, E. (ed). Sociomedia. pp. 347-368. The MIT Press, Cambridge.

Holmquist L., Redstro M. J., Ljungstrand P. (1999) "Token-based access to digital information". In: Proceedings of the 1st international symposium on handheld and ubiquitous computing (HUC'99). September 1999, pp 234-245. Karlsruhe, Germany.

Ishii H., Ullmer B. (1997). "Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms". Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'97),234-241

Ishii H. (2006). "Tangible User Interfaces". CHI 2006 Workshop

Johansen R. (1988) "Current User approaches to groupware". In R. Johansen (ed.), Groupware: Computer Support for business teams. Free Press, New York, p. 12-44

Kaltenbrunner M., Bovermann T., Bencina R., Costanza E.: (2005) "TUIO – A Protocol for Table-Top Tangible User Interfaces". Proceedings of the 6th International Workshop on Gesture in Human-Computer Interaction and Simulation (GW 2005), Vannes, France.

Kaltenbrunner M., Bencina R. (2007) "ReactIVision: a computer-vision framework for table-based tangible interaction". In TEI '07: Proceedings of the 1st international conference on Tangible and embedded interaction, pages 69-74, New York, NY, USA. ACM.

Kaye A. R. (1991). "Collaborative learning through computer conferencing". The Najaden Papers. Berlin : Springer-Verlag

Kuhn S. (1962) "The structure of scientific revolutions" Chicago University of Chicago Press

Koleva B., Benford S., Kher Hui N., Rodden T. (2003). "A Framework for Tangible User Interfaces". Physical Interaction (PI03) – Workshop on Real World User Interfaces, a workshop at the Mobile HCI Conference 2003. Udine, Italy.

Licklider J. C. R. (1990) "Man-computer symbiosis" . En: In memoriam: J. C. R. Licklider 1915-1990. Palo Alto, California: Digital Systems Research Center.

Linehan C., Lawson S., Doughty M. (2009) "Tabletop prototyping of serious games for 'soft skills' training". Conference in Games and Virtual Worlds for Serious Applications . pp. 182-185

Lucero M., Chiarani M., Pianucci I. "Modelo de Aprendizaje Colaborativo en el ambiente ACI". Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. CACIC 2003, La Plata, Buenos Aires.

Maher M.L., Kim M.J. (2006). "Studying Designers Using A Tabletop System For 3D Design With A Focus On The Impact On Spatial Cognition", in M. Fjeld and M. Takatsuka (eds) First IEEE International Workshop on Horizontal Interactive Human-Computer Systems, Tabletop 2006, Adelaide, Victoria, Australia, IEEE, pp 105-112

Manches A., O'Malley C., Benford S. (2009). "The role of physical representations in solving number problems: A comparison of young children's use of physical and virtual materials". *Computers & Education* 54(3), 622-640.

Marco J., Cerezo E., Baldassarri S. (2010) "Jugar y Aprender con Juguetes en un Tabletop Tangible". *Interacción 2010- IX Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador*. 11-14 septiembre 2010. Ed. J. A. Macías, A. Granollers, P. Latorre. Valencia. España.

Marshall P., Price S., Rogers Y. (2003). *Conceptualising tangibles to support learning*. Proceedings of the Interaction Design and Children (IDC'03), Preston, UK, ACM Press

Marshall P. (2007). "Do tangible interfaces enhance learning?". TEI'07. Baton Rouge, LA, USA

Moher T., Hussain S., Halter T., Kilb D. (2005). "RoomQuake: Embedding dynamic phenomena within the physical space of an elementary school classroom". *Conference on Human Factors in Computing Systems*. 1655-1668, ACM Press

Morris R. M., Piper A. M., CASSANEGO Anthony, WINOGRAD Terry. (2005) "Supporting Cooperative Language Learning: Issues in Interface Design for an Interactive Table". *Stanford Computer Science Technical Report* 2005.

Müller-Tomfelde C., Fjeld M. (2010) "Introduction: A Short History of Tabletop Research, Technologies, and Products". In Müller-Tomfelde, C. (ed.) *Tabletops -Horizontal Interactive Displays*. Human Computer Interaction Series, Springer Verlag, pp. 1-24.

Müller-Tomfelde C., Fjeld M. (2012) "Tabletops: Interactive Horizontal Displays for Ubiquitous Computing". *IEEE Computer*, vol. 45, no. 2, pp. 78-81.

Myers B. A. (1998) "A brief history of human-computer interaction technology". ACM interactions. Vol. 5, no. 2, March, 1998. pp. 44-54
DOI=<http://doi.acm.org/10.1145/274430.274436>

Negroponte N. (1978) "The Media Room". Report for ONR and DARPA. MIT, Architecture Machine Group, Cambridge, MA.

Nielsen J. (2003) "Usabilidad. Diseño de Sitios Web". USA: Prentice Hall

Norman D. A. (1990) "The design of everyday things". New York: Doubleday

Norman D. A. (1998) "The invisible Computer". Cambridge Mass: The MIT Press
Cambridge, MA, EE.UU

O'Malley C. (2004). "Literature Review in Learning with Tangible Technologies".
NESTA Futurelab.

Oramas Mogrovejo J. A. (2010) "Diseño e implementación de un sistema para la manipulación de objetos virtuales por medio de un lenguaje dactilológico".
Accedido a través de:
<http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/8689> (Consultado en 2013).

Panitz T. (1996). "A Definition of Collaborative vs Cooperative Learning".
London Metropolitan University; UK.

Papert S. (1980) "Mindstorms: Children, computers and powerful ideas". NY,
Basic Books

Pea R. D. (1994) "Seeing What We Build Together: Distributed Multimedia.
Learning Environments for transformative Communications". Journal of the
Learning Sciences

Piper A. M., O'Brien E., Morris M. R., Winograd T. (2006) "SIDES: a cooperative
tabletop computer game for social skills development". 20th Conference on
Computer Supported Cooperative Work.

Price S., Rogers Y., Scaife M., Stanton D., Neale H. (2003). "Using 'tangibles' to
promote novel forms of playful learning. Interacting with Computers". 169-
185.

Price S. (2008). "A representation approach to conceptualizing tangible learning environments". TEI'08 (Tangible and embedded interaction), Bonn, Alemania.

Real Academia Española (Avance de la vigésimo tercera edición): <http://www.rae.es/>

Raffle H., Parkes A., Ishii H., Lifton J. (2006) "Beyond record and play. Backpacks: Tangible Modulators for Kinetic Behavior". CHI 2006 April, Montreal, Canada.

Rekimoto J., Nagao K. (1995) "The World through the Computer: Computer Augmented Interaction with Real World Environments", Proceedings of the 8th annual ACM symposium on User interface and software technology (UIST '95),

Resnick M., Martin F., Sargent R., Silverman B., (1996) "Programmable Bricks : Toys to Think With". IBM Systems Journal 35 , 3-4 .

Ribera Turró, M. (2005) "Evolución y tendencias en la interacción persona-ordenador". En: El profesional de la información, 2005, noviembre-diciembre, v. 15, n. 6, pp. 414-422.

Rick J., Rogers Y. (2008). From DigiQuilt to DigiTile: Adapting educational technology to a multi-touch table. In: *3rd IEEE International Workshop on TABLETOP 2008: Horizontal Interactive Human Computer Systems*. Amsterdam, Netherlands.

Rizzo F., Garzotto, F. (2007). "The Fire and The Mountain": tangible and social interaction in a museum exhibition for children. 6th international Conference on interaction Design and Children. IDC '07.

Royo J. (2004) "Diseño digital". Barcelona, España: Paidós Ibérica

Ryokai K., Marti S., and Ishii, H. (2007). "I/O brush: beyond static collages". CHI '07 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems.

Samper Pérez P., Uruen Ruiz J. (2011) Proyecto de fin de carrera: Diseño y construcción de juguetes interactivos para el tabletop NIKVision. Directores: Dra. Eva Cerezo Bagdasari, Dr. Javier Marco Rubio. Universidad de Zaragoza

Sanz C., Baldassarri S., Guisen A., Marco J., Cerezo E., De Giusti A. (2012) "ACoTI: herramienta de interacción tangible para el desarrollo de competencias comunicacionales en usuarios de comunicación alternativa. Primeros resultados de su evaluación". VII Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología. TE&ET. ISBN: 978-987-28186-0-9. Pág.226-233. Junín/Pergamino, Buenos Aires, Argentina

Sánchez G. (2011) Proyecto Fin de Carrera - Reconocimiento visual de juguetes en una mesa de Interacción Tangible. Directores: Dra. Sandra Baldassarri, Javier Marco Rubio - Diciembre de 2011 - Universidad de Zaragoza

Shackel B. (1997) "Human-computer interaction: whence and whither". Journal of the American Society for Information Science, v. 48, n. 11, pp. 970-986.

Schubert M., Serna A., George S. (2012) "Using Collaborative Activities on Tabletops to Enhance Learning and Knowledge Transfer". Dans IEEE 12th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2012), Rome, Italy. pp. 610-612. IEEE . ISBN 978-1-4673-1642-2. 2012.

Shuell T. (1986) "Cognitive Conceptions of Learning". Review of Educational Research: Volume 56, Issue 4, Pages 411 -436

Shneiderman B. (1987) "Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction". Massachusetts: Addison-Wesley.

Smith D. C., Irby C., Kimball R. Verplank B., Harslem E. (1982). "Designing the Star User Interface", Byte, pp. 242-282.

Soler-Adillon J., Ferrer J., Parés N. (2009). "A novel approach to interactive playgrounds: the interactive slide project". 8th international Conference on interaction Design and Children. IDC '09

Sutherland I. E. (1963) "SketchPad: a man-machine graphical communication system". En: Afips spring joint computer conference, vol. 23, 1963, pp. 329-346. Universal design manifesto. Consultado en: 22-04-05. http://www.design.ncsu.edu:8120/cud/univ_design/princ_overview.htm

Suzuki H., Hiroshi K. (1995) "Interaction-level support for collaborative learning: AlgoBlock—an open programming language" Proceeding CSCL '95

The first international conference on Computer support for collaborative learning. pp 349–355. L. Erlbaum Associates Inc. Hillsdale, NJ, Estados Unidos

Tandler P., Prante T., Müller–Tomfelde C., Streitz N., Steinmetz R. (2001) "Connectables: Dynamic coupling of displays for the flexible creation of shared workspaces". In: Proceedings of the 14th annual ACM symposium on user interface software and technology (UIST '01), ACM Press, New York, pp 11–20. Consultado en: <http://www.t2i.se/publications.php>

Ullmer B., Ishii H. (2001). "Emerging frameworks for tangible user interfaces", in Carroll, J. ed. Human Computer Interaction in the New Millenium, Allison. Wesley, 579–601.

Välkkynen P., Korhonen I. et al. (2003) "A user interaction paradigm for physical browsing and near–object control based on tags". Physical Interaction (PI03) – Workshop on Real World User Interfaces", collocated with Mobile HCI Conference 2003. Udine (Italy). September, 2003

Veen M. V. (2009) "Improving collaboration with raketeer: development of a serious game with multi–touch interaction for teaching children with PDD–NOS collaboration". Doctoral thesis. Rijksuniversiteit Groningen.

Weiser M. (1991). "The computer for the 21st century". Scientific American

Weiser M. (1993). "Some Computer Science Issues in Ubiquitous Computing". Communications of the ACM – Special issue on computer augmented environments: back to the real world

Wellner P., W. Mackay, Gold R. (1993) "Computer–augmented environments. Back to the real world,"Communications of the ACM, vol. 36, no. 7, pp. 24–26

Yonemoto S., Yotsumoto T., Taniguchi R. (2006) "A Tangible Interface for Hands–on Learning", Tenth Int. Conf. on Information Visualisation iv, 535–538.

Zañartu Correa L. M. (2003) "Aprendizaje colaborativo: una nueva forma de Diálogo Interpersonal y en Red". En:Revista Digital De Educación Y Nuevas Tecnologías – Contexto Educativo. Disponible en Internet: <http://contexto-educativo.com.ar>.

Zuckerman O., Grotzer T., Leahy K., (2006) "Flow blocks as a conceptual bridge between understanding the structure and behavior of a complex causal system". Proc. of the 7th Int. Conf. Learning Sciences Indiana, 880–886

Zufferey G., Jermann P. Lucchi A., Dillenbourg, P. (2009) "TinkerSheets: Using Paper Forms to Control and Visualize Tangible Simulations" In Proceedings of the Third International Conference on Tangible and Embedded Interaction (TEI'09), pp. 377–384