

ENSISAM, un entorno de simulación de situaciones de salvamento marítimo.

Jesús Gimeno, Sergio Casas, Manuel Pérez, Marcos Fernández, Inmaculada Coma.

Grupo ARTEC. Instituto de Robótica. Departamento de Informática. Univ.de Valencia.
{jgimeno, scasas, manolo, marcos}@robotica.uv.es ,Inmaculada.Coma@uv.es

Resumen. La necesidad de instrucción y evaluación de procedimientos de salvamento marítimo y la imposibilidad de realizar estas tareas en condiciones reales, se puede resolver mediante el uso de técnicas de simulación inmersiva. Este es el caso del entorno ENSISAM, donde además de utilizar técnicas avanzadas de simulación gráfica en tiempo real, se han desarrollado y aplicado elementos de interacción multimodales, así como nuevos dispositivos de diseño propio, creados a partir de las necesidades específicas de los usuarios, como el guante inalámbrico de realidad virtual Thimble-Glove.

Palabras clave: simulador de aprendizaje, sistemas de interacción, realidad virtual.

1 Introducción.

Los simuladores orientados al aprendizaje tienen como objetivo recrear de forma virtual, y de la manera más precisa posible, una situación de la vida real para entrenar o transmitir un determinado conocimiento a un grupo de personas.

Hay muchas situaciones en las que practicar y enseñar las cosas en un entorno real no es posible o bien es demasiado costoso o peligroso. Este es el caso de las simulaciones de catástrofes naturales, accidentes [1] o simulacros de planes de emergencia [2]. Este es el caso de nuestro problema, en el que se busca diseñar una solución para la instrucción y evaluación de procedimientos de salvamento marítimo.

El uso de técnicas de simulación se hace imprescindible en estos casos, ya que además del ahorro económico que supone, es la única forma de poder recrear la situación de aprendizaje de la forma más parecida a como se produciría en la realidad pero sin el riesgo que esto supondría. Además, existen pocas instalaciones reales en las que simular los procedimientos de salvamento, y algunas emergencias tampoco pueden ser recreadas en estas instalaciones (como una mar arbolada o un fuego en cubierta), con el inconveniente adicional de que desplazar a un grupo de personas de una ciudad a otra puede ser relativamente costoso.

Considerando esto, las ventajas de los simuladores de situaciones de emergencia en general y de nuestro sistema en particular son por tanto: agilizar las respuestas entrenadas a situaciones extremas, dar solución a la falta de instalaciones o mecanismos para practicar dichas situaciones y evaluar al personal de una manera

rápida, exhaustiva, equilibrada y en el momento que deseemos. Frente a estas ventajas que hacen del uso del simulador una herramienta valiosa para el aprendizaje, es necesario tener en cuenta que puesto que deseamos reproducir situaciones de gran peligro y estrés en el usuario, el grado de inmersión del sistema desarrollado deberá ser el adecuado para poder evaluar su respuesta en situaciones reales.

2 Los simuladores de aprendizaje

La historia de las simulaciones en general y de los simuladores de aprendizaje en particular ha evolucionado junto con las tecnologías implicadas en su desarrollo, consiguiéndose en la actualidad un alto grado de realismo que permite su uso con éxito en numerosos campos.

Los campos de aplicación de las simulaciones actuales van desde aplicaciones militares (simuladores de aviones de combate, tanques, etc.), hasta aplicaciones civiles como simuladores de conducción de vehículos, de tren, sistemas para el entrenamiento de empleados cualificados (como simuladores de riesgos laborales [3]), o simuladores de situaciones de planes de contingencia como es el caso que nos ocupa.

Dentro del campo de los simuladores de aprendizaje podemos encontrarnos a su vez muchos tipos de aplicaciones que podríamos categorizar de la siguiente forma:

Sistemas de ayuda al aprendizaje (como aplicaciones para su uso en personas con problemas o discapacidades [4]), en los cuales el sistema informático es una herramienta de ayuda más.

Sistemas de tele-aprendizaje (como aplicaciones de universidad virtual [5]), donde el ordenador sería el medio imprescindible para dirigir la instrucción.

Sistemas de recreación de catástrofes e instrucción de protocolos de actuación [6], donde el ordenador es un sustitutivo de los simulacros y en los que normalmente se ponen también en práctica sistemas de entrenamiento de procedimientos. El simulador tiene, por tanto, el doble objetivo de enseñar una serie de protocolos de actuación definidos en algún ámbito concreto de la vida, y validar el grado de conocimiento de los mismos por un grupo de usuarios, mediante la simulación de una situación de emergencia en la que deban aplicarse dichos protocolos.

Simuladores de habilidades, donde lo que se pretende es enseñar una determinada actividad o habilidad (generalmente manual). Este es el caso de los simuladores de aviones, de conducción [7] o de formación en maquinaria especializada [8]. Conviene no confundirlos con el caso anterior en el que se pretende enseñar una serie de reglas preestablecidas pero no se intenta enseñar ninguna habilidad al usuario.

En cuanto a las tecnologías, en este tipo de simuladores se tiende a usar elementos que doten a la simulación de características inmersivas como es el caso de la estereoscopia, los dispositivos HMD (Head Mounted Display) como cascos de realidad virtual, el sonido tridimensional, guantes y dispositivos hápticos que ayudan a la realimentación de sensaciones, etc.

Además, existe una creciente tendencia al uso de componentes COTS (commercial off-the-self) [9]. Esta tendencia se ha acelerado debido a la constante reducción de los costes de los componentes de los simuladores, a su facilidad para interoperar unos

simuladores con otros, a la reducción de los costes de instalación y al alto rendimiento que ya ofrece el hardware de consumo.

Sin embargo, también es muy importante disponer de todos los elementos técnicos necesarios para asegurar la transferencia de conocimientos y habilidades hacia los participantes, por lo que algunas veces se tiene que echar mano de dispositivos menos comunes como los comentados anteriormente.

Y por último, es importante destacar que las últimas tendencias en simulación de aprendizaje están orientándose al uso de interfaces multimodales [10]. Este nuevo tipo de interacción está cobrando mucha importancia debido a sus ventajas. Lo que se pretende con esto es dotar al sistema de mecanismos de interacción que sean sencillos de manejar por usuarios que no estén familiarizados con las tecnologías de la información utilizándose para ello técnicas de interacción directa [11] como el uso de la voz para dar órdenes o el empleo de guantes y sistemas que hagan más sencillo y cercano el simulador al usuario.

En estos sistemas, cuando se utilizan guantes de Realidad Virtual para interaccionar con el entorno existen diferentes técnicas de interacción [12] que podemos dividir entre aquellas que utilizan la metáfora de la mano virtual, donde el usuario toca y coge los objetos haciendo uso de una representación virtual de su mano real, y aquellas en que se utiliza un puntero virtual para la selección de elementos. Dentro del primer grupo se utiliza la técnica de la mano virtual clásica que permite al usuario interaccionar únicamente con los objetos que están a su alcance, u otras técnicas (llamadas go-go) en las que se introducen mecanismos de acceso a los objetos más lejanos [13].

3 Requisitos del simulador ENSISAM.

El simulador ENSISAM está concebido tanto como herramienta de instrucción de procedimientos como sistema de emulación y evaluación de situaciones de emergencia en rescate marítimo. Por tanto, su objetivo es doble: enseñar procedimientos de salvamento y evaluar la respuesta de una persona en situaciones de emergencia marítima. Para ello es necesario ofrecer sensaciones al usuario lo más cercanas posibles a la situación de peligro real.

El objetivo era construir un simulador de procedimientos de salvamento marítimo a bordo de distintos barcos con el que presentarle al usuario de una manera sencilla y adecuada los pasos de los diferentes protocolos. Entre los requisitos se pedía que la ejecución por parte de un usuario proporcionara resultados que tuvieran una utilidad posterior y fueran consistentes con la habilidad del mismo para comprender y llevar a cabo los protocolos enseñados. Por ello, se hizo especial hincapié en definir de una forma sencilla los resultados de la simulación, proporcionando para ello un histórico de las acciones realizadas, además de una nota global asociada.

En relación con los usuarios finales de la aplicación, el perfil profesional y social de los mismos es el de personas no familiarizadas con las tecnologías de la información (principalmente por marineros), por lo que esto se tuvo muy presente a la hora de desarrollar tanto los sistemas de interacción con el usuario como el sistema de visualización y presentación de resultados.

3.1 Problemática asociada a la simulación de protocolos de salvamento.

El propósito de este simulador es obtener una herramienta adecuada para el apoyo en el aprendizaje de los protocolos de actuación (por parte de la tripulación de un barco) en situaciones de emergencia marítima; además de evaluar su actuación durante la simulación.

Esta clase de protocolos describen con precisión las acciones a llevar a cabo en situaciones de emergencia, por ejemplo cuando cae un hombre al agua o cuando debe evacuarse un barco de pasajeros. Dentro de estos procedimientos de actuación se indican distintos tipos de acciones, unas directas ya que las realiza la propia persona y otras indirectas ya que las ordena realizar a otros. Tomando de ejemplo la situación en que es necesario lanzar una balsa al agua, algunos pasos son: ordenar a la tripulación ir al punto de reunión y coger el equipo, ir a la cubierta, soltar la zafa que sujeta el bidón que contiene la balsa, afianzar la boza de disparo a la barandilla, lanzar la balsa al mar, tirar de la boza de disparo para hinchar la balsa, ordenar a la tripulación embarcar en la balsa, etc.

Diseñar un simulador para aprender este tipo de protocolos supone un reto desde el punto de vista de la interacción, ya que debe ser capaz por un lado de recoger acciones del usuario muy diversas y realizadas de la forma más natural posible y por otro de mostrar adecuadamente al usuario la situación de emergencia. El simulador deberá integrar varias formas directas de interacción (observar y comprobar el estado de objetos, manipularlos, accionar botones o palancas, recoger y extender cuerdas de un punto a otro, etc.) y otros tipos de interacción indirectas (ordenar reunirse a la tripulación, ir a una zona diferente del barco, ordenar embarcar en una balsa, etc.) correspondientes a la situación planteada.

3.2 Problemática asociada a la interacción con el guante.

A partir de los requisitos iniciales establecidos para el sistema se desarrolló un primer prototipo formado por un casco estereoscópico y un guante 5DT Data Glove [14].

Con el prototipo inicial se realizaron pruebas con algunos usuarios finales, observando su utilización dentro del sistema y detectando varios problemas. El guante de captura utilizado se basaba en flexiómetros, que recogen bien las flexiones de los dedos, pero no resultó adecuado en este caso por 3 razones principales:

- El usuario debía realizar gestos no naturales.
- Era necesario un proceso de calibración para cada persona.
- Al ser un guante completo producía una sudoración excesiva en las manos, hecho muy molesto cuando el simulador es utilizado por varias personas consecutivamente.

Estudiando estos problemas en detalle, puede observarse que este tipo de guantes de realidad virtual (los más comunes del mercado), no son aptos para un sistema con muchos usuarios, debido a que la tecnología que utilizan está pensada para capturar el movimiento y no el objetivo del mismo. Por tanto con estos dispositivos, para poder reconocer el simple gesto de cerrar un dedo, es necesario explicar al usuario cómo hacerlo (cerrar un único dedo flexionando lo menos posible los demás), cuando la

situación ideal sería poder capturar el objetivo (momento en que se ha cerrado un dedo) y no el proceso.

Otro problema derivado de la tecnología de estos guantes es el hecho de no ser generales para todo tipo de usuarios, ya que necesitan un proceso de calibración para medir la forma de la mano, la cual utilizan en el cálculo de la postura de la misma (además de no ser un guante único para las manos izquierda y derecha). Este problema de nuevo se soluciona intentando capturar el objetivo del movimiento, que es independiente del tipo de mano. El hecho de juntar los dedos índice y pulgar para coger un objeto es único, pero cada persona realiza el movimiento de forma diferente.

Finalmente, durante el desarrollo de las pruebas, se detectó un problema de adaptación por parte de los usuarios a la información adicional mostrada por el simulador. Así, habían sido diseñadas unas botoneras de interacción (las cuales se explican más adelante), consistentes en una botonera virtual que mostraba al usuario 3 opciones que al ser seleccionadas realizaban diferentes opciones. En este caso se observó que el usuario no acostumbrado a entornos virtuales, necesitaba tiempo para acostumbrarse a accionar paneles virtuales que aparecían frente a él, y este tiempo de aprendizaje reducía ampliamente la funcionalidad del simulador.

Después del resultado obtenido con el prototipo inicial se comprobó que los guantes utilizados no proporcionaban el tipo de interacción deseada y se optó por el diseño de unos guantes específicos adecuados para el sistema. Veremos en el siguiente apartado las características de los guantes diseñados para resolver los problemas encontrados.

4. Descripción del sistema.

El simulador ENSISAM, concebido como herramienta de apoyo al aprendizaje, es de tipo inmersivo. Para presentar al usuario la información, se utilizan estímulos visuales y auditivos, mientras que de él se deben recoger las decisiones tomadas en cada paso hacia la solución. El simulador utiliza tres dispositivos de interacción: un sistema de posicionamiento, un casco estereoscópico (HMD) para producir imágenes tridimensionales provisto de auriculares, y un guante sensorizado (Thimble-Glove) específicamente diseñado para este simulador.

Además se ha diseñado un entorno virtual consistente en tres barcos (un pesquero, uno de pasajeros y un carguero) con sus respectivos sistemas de salvamento (balsas, dispositivos de evacuación masiva, etc).

El **sistema de posicionamiento**, utilizado como dispositivo de entrada de datos, está compuesto por dos sensores electromagnéticos. Uno sujeto al casco de realidad virtual con la finalidad de conocer en todo momento el punto de vista del usuario y su movimiento, y el segundo, colocado en el guante, encargado de capturar los movimientos de la mano.

El **sistema de interacción del usuario** con el mundo virtual elegido consiste principalmente en una mano virtual clásica, donde los movimientos que realiza el usuario con el guante son medidos a escala real y por tanto sólo puede coger los objetos que están a su alcance. Sin embargo, este tipo de interacción no permite acceder a los elementos más alejados del barco. Para resolver este problema se podía

haber utilizado alguna de las técnicas que permiten alargar la mano virtual mediante mapeados no lineales del movimiento [13]. En lugar de esto se ha optado por utilizar el posicionador del casco virtual y escalar el movimiento del casco, estableciendo así una correspondencia no lineal entre la posición de la cabeza y el desplazamiento en el mundo virtual. Con esto se soluciona el problema del acceso a los elementos más lejanos del entorno. El sensor del casco permite por tanto determinar la posición y orientación de la cabeza y definir así el movimiento sencillo e intuitivo del usuario dentro del simulador.

El posicionador del casco es utilizado también como fuente de datos para las acciones dentro del simulador, como puede ser observar el estado de una hélice, o comprobar el oleaje del mar. En este caso el sistema de posicionamiento decimos que es un *sistema de captura de movimiento orientado a objetivos*, ya que lo que se persigue no es reproducir exactamente los movimientos del usuario, sino que se captura el objetivo que busca el usuario con dichos movimientos.

Por último, el guante inalámbrico de realidad virtual, desarrollado para este proyecto, Thimble-Glove completa la interacción ofrecida por el simulador. El guante sensoriza los contactos entre los dedos, por tanto, al igual que el sistema de posicionamiento, se puede considerar una monitorización orientada a objetivos, donde no es importante cómo se flexiona cada dedo, sino los gestos finales que queremos realizar con ello. Con este dispositivo la simulación ya no sólo reacciona a los movimientos de la mano, sino a los gestos realizados por la misma, siendo capaz de comprender situaciones tales como acercar la mano a una palanca y cerrar la mano para sujetarla y accionarla, o coger un gancho y llevarlo hasta un grillete donde debe sujetarse.



Fig.1. Capturas del simulador durante procedimientos de evaluación y bote de caída libre.

4.1 Descripción del interfaz de usuario.

El interfaz utilizado se muestra al usuario como una vista de su posición en el barco, actualizada en tiempo real por los movimientos capturados por el sistema de posicionamiento. Dentro de esta vista se incluye también un brazo virtual que se mueve copiando la posición y gestos del brazo y la mano del usuario. Gracias a este brazo virtual, el usuario tiene una mayor sensación de presencia dentro del simulador, pudiendo observar por ejemplo, que para alcanzar un objeto debe desplazarse hacia él, ya que el brazo virtual (similar en dimensiones al suyo propio) no lo alcanza. Para conseguir la mejor percepción con este brazo virtual, se realiza previamente un

pequeño proceso de calibrado, donde utilizando la información obtenida por el sistema de posicionamiento, se calcula la longitud del brazo del usuario, y se adapta el brazo virtual a las dimensiones obtenidas.

Con el posicionador del casco y el brazo virtual se cubre el abanico de acciones directas que puede realizar un usuario: moverse, ver, tocar, coger, etc. Además de estas técnicas de interacción directa se han creado controles virtuales para aquellos tipos de interacción que no es posible implementar de otra forma, como son ordenar a los ayudantes realizar alguna tarea, cambiar de zona del barco o informar por radio al puente. Para cubrir estas acciones, se han introducido unas botoneras interactivas, las cuales se muestran al usuario como paneles que aparecen frente a él, y puede accionar a su gusto. Para hacerlo más sencillo y clasificar las acciones que se pueden realizar, el usuario puede acceder en todo momento a dos botoneras diferentes, la primera llamada de localizaciones, permite elegir entre las distintas zonas del barco a las que se puede acceder, mientras la segunda, denominada botonera de órdenes, ofrece distintas opciones como ordenar buscar al personal o informar al puente.

5 Formas de interacción ofrecidas por el simulador.

Dentro del simulador el usuario tiene completa libertad para en todo momento desplazarse hacia donde quiera, o mirar en la dirección que desee, moviendo simplemente su propia cabeza como si se encontrara en una situación real. Además existen 4 grupos de acciones reconocidas por el simulador: mirar, tocar, ir a una zona del barco y ordenar algo a los ayudantes. Utilizando estas 4 formas de interacción el usuario debe ser capaz de completar las acciones designadas por el protocolo de actuación para la situación de emergencia correspondiente.

Ver o comprobar. Es la forma de interacción más natural, ya que se realiza simplemente dirigiendo nuestra vista hacia el objeto que se desea mirar. Esto es posible gracias a la vista en primera persona utilizada en el simulador, y al uso del sistema de posicionamiento. Este tipo de acciones no requieren apenas aprendizaje por parte del usuario, simplemente una adecuación al entorno ofrecido por el HMD.

Con este tipo de acciones se cumplen un amplio abanico de pasos indicados en los protocolos de actuación, como pueden ser el comprobar el estado del mar para decidir qué método de evacuación emplear, observar el estado de la hélice de un motor para comprobar que es seguro ponerlo en marcha, o mirar a que altura nos encontramos sobre el mar, durante el proceso de descolgar una balsa salvavidas, para soltar la balsa a la altura adecuada.

Tocar. En este grupo de acciones se engloban aquellas en las que el usuario necesita accionar, sujetar, desplazar, etc. un objeto o dispositivo presente en la escena. Estas acciones se realizan gracias a la monitorización de los movimientos del usuario capturados por el guante y el sistema de posicionamiento. El uso de este recurso es fácilmente comprensible gracias al brazo virtual que se mueve de forma análoga.

Ir a una zona del barco y ordenar. Esta es la tercera forma de interacción del simulador, en la que se utilizan unos paneles virtuales, donde se representan las distintas opciones. Estos paneles son accionados por el usuario a través del guante, cerrando el dedo corazón aparece la botonera de localizaciones, y cerrando el dedo

anular aparece la botonera de órdenes. Ambas aparecen como un panel flotante, tratando de asemejar la interacción a botones asociados con cada dedo de la mano, ya que cualquier usuario está mucho más acostumbrado a utilizar botones en su vida diaria, que un sistema de captura de movimiento.



Fig. 2. Botonera y brazo virtual (izq); guante Thimble-Glove (centro); sistema completo(der).

6 El guante de realidad virtual Thimble-Glove.

Contando con las necesidades específicas de este proyecto, las cuales no satisfacía ningún guante comercial, se desarrolló un nuevo dispositivo llamado Thimble-Glove.

Este guante inalámbrico de realidad virtual está pensado para capturar gestos naturales de las manos, con independencia de si es la izquierda o la derecha, o incluso el tamaño de ésta. Esto se consigue orientando la captura hacia el objetivo final del gesto de la mano, el cual es en la mayoría de los casos juntar unos dedos con otros. Por ejemplo la postura de la mano cuyo objetivo es coger algo, podría ser el dedo índice juntándose con el dedo pulgar.

Teniendo en cuenta este objetivo, el guante puede reducirse a unos sensores en las yemas de los dedos, para detectar el contacto entre ellas, y un microcontrolador con capacidad de comunicación inalámbrica que mande las posturas capturadas al receptor de los datos. Con esta aproximación la captura del movimiento de las manos se convierte totalmente independiente de las características físicas de la mano que se desea capturar, al contrario de los sistemas que utilizan flexiómetros acoplados sobre un guante, en los cuales es necesaria una calibración para obtener el tamaño exacto de las falanges de cada dedo, y así aplicando las rotaciones capturadas de las articulaciones de los mismos, obtener cuál es la postura real. En este caso se elimina todo este cálculo, y por tanto los errores derivados del mismo, y se simplifica el proceso de uso a colocar unos dedales sobre las puntas de los dedos, bien sea en la mano izquierda o la derecha, capturando así los contactos entre las posturas más naturales de la mano.

Otra ventaja surge del hecho de eliminar la necesidad de un guante completo, el cual depende del tamaño de la mano para ofrecer una mínima comodidad de uso y calidad en la captura. Thimble-Glove puede ser utilizado por un gran número de personas sucesivamente, sin necesidad de proceso de calibración para cada una de

ellas, ni otros problemas como el de la higiene (muy presente en guantes de captura que cubren toda la mano, haciendo sudar la mano de los usuarios), ya que los dedales cubren únicamente la punta de los dedos.

7 Resultados y evaluación.

Una vez desarrollado el sistema, durante el proceso de evaluación, se realizó una experiencia piloto [15] en la que probaron el simulador 45 personas. Antes de empezar a utilizar el simulador se les explicó cómo debían moverse por la aplicación, y cómo utilizar los menús de pantalla, además de explicarles los procedimientos de salvamento que iban a visualizar. Al finalizar la experiencia se les aplicó un cuestionario de evaluación de la herramienta donde se tuvieron en cuenta datos sociodemográficos para saber el sector y la experiencia del alumno, aspectos técnicos de la herramienta como el nivel de claridad, el nivel de complejidad, la facilidad de uso y la facilidad de aprendizaje, así como el grado de aprendizaje obtenido a través del simulador.

Los aspectos más valorados de la herramienta por los encuestados fueron la ‘claridad de la información’ y la ‘presentación del programa’, valorándose como alto ambos aspectos en un 82.61% de los casos, seguidos por un 78.26% por la ‘claridad de las explicaciones’ y el ‘orden lógico de la secuenciación de la información’. El nivel de complejidad del manejo del simulador se sitúa en un nivel medio mayoritariamente (52,17%), y el grado en que el simulador permite interactuar con las situaciones propuestas se sitúa en un nivel alto en un 47.83% similar al grado de eficacia en la simulación de la realidad.

Los principales inconvenientes considerados por los participantes han sido aquellos que se referían al equipo técnico, principalmente la falta de libertad de movimiento, en ocasiones producida por el cableado corto (20,6%) o la incomodidad del casco (6.9%).

Respecto al uso del guante se observaron resultados muy positivos, habiéndose corregido los defectos observados tras la evaluación del primer prototipo. Entre las ventajas obtenidas con el guante Thimble-Glove debemos citar en primer lugar que, consigue capturar el objetivo de los movimientos de las manos y no su movimiento, con lo que es independiente de las características físicas de la mano (tamaño, longitud de dedos, etc.) e incluso de si el usuario es diestro o zurdo. Además ya no es necesario calibrarlo para cada usuario, y elimina el problema de sudoración de las manos, al cubrir sólo la punta de los dedos.

El funcionamiento de las botoneras, problema encontrado durante la primera evaluación, también se corrige en gran medida en el diseño final. En un primer momento las botoneras aparecían como paneles virtuales frente al usuario, y debían ser accionadas tocando los botones (acercando la mano a la opción deseada y “cogerla” para confirmar la selección). Este funcionamiento sustituido por uno más cercano a los usuarios, donde se eligen las opciones simplemente con contactos de los dedos como si estos fueran botones comunes, resultó mucho más fácil de comprender para el usuario. Como inconveniente hallado por los usuarios podemos citar la falta de texto explicativo o subtítulos en los menús (9,2%).

8 Trabajo futuro.

Tras el desarrollo de este proyecto, se observa que aunque se han realizado avances en acercar los simuladores de aprendizaje a todo tipo de usuarios, es necesario seguir indagando en el campo de interfaces multimodales para conseguir sistemas de interacción más intuitivos y lo menos intrusivos posible, donde los usuarios se sientan integrados en un entorno virtual. Esto es importante si queremos utilizar la Realidad Virtual como entorno para el aprendizaje de determinadas tareas. Para conseguir este objetivo un paso importante es la modificación de algunos de los dispositivos utilizados, principalmente el sistema de posicionamiento, eliminando por ejemplo la necesidad de cables.

Referencias.

1. Hadipriono, F.C., Duane, J.W., Nemeth, Z., Won, S. "Implementation of a virtual environment for traffic accident simulation". Journal of Intelligent & Fuzzy Systems. Vol. 14 191-202. 2003.
2. De Leo, G y otros. "A Virtual Reality System for the training of Volunteers Involved in Health Emergency Situations". Cyberpsychology & Behaviour. Vol. 6, 3. 2003
3. Lozano M. "The dangerous virtual building, a VR training system for construction workers". International Training & Education Conference ITEC99. The Hague. 1999
4. Herrera, G., Alcantud, F., Jordan, R., Blanquer, A., Labajo, G., de Pablo, C. "Development of Symbolic play through the use of Virtual Reality tools in children with Autistic Spectrum Disorders: A two case study". 2005
5. Bouras, Ch., Tsiatsos, Th. "Building Educational Virtual Environments". IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies. Rusia, 2002.
6. Pérez Cortés, M., Gómez Tierno, M.A, Pérez Aguilera F.J. "Simulador Integrado Para Seguridad Interior de Buques (SISI)". GMV, Madrid, 1999.
7. Coma, I., Sánchez, M., Pareja, I., Rueda S. "Simulación de vehículos para la evaluación de conductores". CIT 2000. IV Congreso de ingeniería del transporte. Valencia, 2000
8. Serón, F. y otros. "Simulador de gruas pórtico portuarias". Congreso español de informática gráfica. CEIG'99. Jaen, 1999.
9. Qnetic Training Simulators
http://www.qinetiq.com/home/defence/test_and_evaluation/training_simulators.html
10. BrainTrain: Multimodal VR Simulator for Neuroanatomy Education
<http://control.ee.ethz.ch/~ifareg/vr/catheter.php>
Rehabilitation Engineering Group. Swiss Federal Institute of Technology. Zurich
11. Mine, M. Virtual Environment Interaction Techniques. Technical Report. Ed. University of North Carolina at Chapel Hill.
12. Bowman, D. Kruijff, E., LaViola, J., Poupyrev, I. An Introduction to 3-D User Interface Design. Presence. Vol.10,1. 2001
13. Poupyrev, I., Billinghurst, M., Weghorst, S., Ichikawa, T. The go-go interaction technique: non-linear mapping for direct manipulation in VR.
14. 5DT Fifth Dimension Technologies, 5DT Data Glove Ultra Gireles Kit:
www.5dt.com/products/dataglove5u.htm
15. Calidad Pedagógica y Tecnológica en la FC. Aplicación de un simulador virtual en el sector pesca. Informe técnico. Expte. 201/2004