

Dos experiencias en el uso de la Realidad Virtual

Lic. Gilberto Payares Díaz
 Licenciado en Computación
 Universidad Central de Venezuela.
gpayares@ltad.arq.ucv.ve

RESUMEN

Los sistemas de Realidad Virtual (RV) inmersiva se caracterizan por permitir al usuario acceder a un entorno sintético, generado por computadora, induciendo la sensación de estar dentro de este entorno; las interfaces utilizadas por estos sistemas proporcionan al usuario la capacidad de interactuar con los datos de forma similar a como este lo hace con los objetos físicos, incrementando el nivel de comunicación entre el usuario y la computadora. Sistemas que exhiban estas características ofrecen, en potencia, una gran ayuda a investigadores de diversas disciplinas. Este artículo detalla dos experiencias, una en el área de diseño arquitectónico y otra en terapia psicológica.

En diseño arquitectónico se presenta el desarrollo de una aplicación de RV que permite a un usuario no especializado elaborar la maqueta de una casa virtual sencilla de una sola planta; el usuario puede invocar y manipular con fines de su ubicación paredes, tabiques, ventanas y otros componentes arquitectónicos, usando además órdenes verbales, posturas manuales y controles virtuales. La aplicación proporciona también estímulos auditivos para compensar la falta de retroalimentación háptica, además de objetos virtuales que le sirven de referencia.

Este desarrollo abarcó las siguientes fases: integración de hardware dispar, programación de efectos de sonido y controles virtuales, pruebas de usuario, modelación e integración de objetos virtuales y utilización de un subsistema de reconocimiento de órdenes verbales.

En el área de psicología, se describe la construcción de un entorno virtual para asistir en la aplicación de una forma conductual de terapia psicológica llamada “desensibilización sistemática”, para el tratamiento del desorden conocido como acrofobia, o fobia a las alturas.

En este trabajo se aporta haber desarrollado un sistema de RV a costos relativamente bajos para su ensayo en el área de diseño, basado en la utilización de hardware y software disponible en el mercado y adaptado convenientemente por el autor y el sondeo del potencial terapéutico de estas interfaces en psicología.

Palabras Clave: *Realidad Virtual, visor montado en la cabeza, Ambientes Virtuales, Interfaz humano-computadora, Reconocimiento de Voz, Guante Instrumentado, Arquitectura Virtual, Terapia psicológica*

1. INTRODUCCIÓN

La tecnología de Ambientes Virtuales, popularmente conocida como “Realidad Virtual”, ha captado mucha atención por parte del público y la comunidad científica, particularmente en el área de Informática. Sin embargo, el alto costo de la tecnología subyacente ha impedido que interesados de muchas disciplinas puedan experimentar con este nuevo medio.

La reciente aparición de dispositivos periféricos de bajo costo para RV y de software de dominio público para ambientes virtuales, además de trabajos en RV relativamente recientes que utilizaron hardware de bajo costo [PAUSCH 91], [PIMENTEL 94], [JACOBSON 94], [GRADECKI 94] motivó el interés por la construcción de un sistema propio que sirva de prototipo para tener experiencia de primera mano con la tecnología y verificar su potencialidad. Se construyó un prototipo de aplicación de Realidad Virtual (SRV) para ser utilizado por investigadores de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Cen-

tral de Venezuela, quienes requieren de un sistema de simulación de ambientes con características tales como capacidad de inmersión y entornos tridimensionales, propias de las SRV, que sería de utilidad para experimentar con diseño arquitectónico y visualización de ambientes.

Dadas las bondades potenciales de la RV, surge el deseo de experimentar con la tecnología para ganar experiencia en su manejo y evaluar su potencial. Asimismo, los arquitectos están interesados en nuevas tecnologías que aceleren y/o faciliten tanto el diseño arquitectónico como su aprendizaje. Todo esto motivó el desarrollo de una ARV que permite construir una casa virtual sencilla de una planta, donde el usuario puede invocar y colocar paredes, tabiques, ventanas y otros elementos arquitectónicos, usando para ello combinaciones de órdenes verbales, gestos manuales y controles virtuales. El SRV proporciona además

estímulos auditivos para compensar la falta de retroalimentación háptica; también objetos virtuales que le sirven de referencia, tales como un vehículo virtual que contiene al usuario, un horizonte y un plano de tierra virtual.

Se presenta en la sección 2 el funcionamiento general de los SRV en general. En la sección 3 se describen las fases de desarrollo del sistema tomando en consideración cada uno de los componentes y su funcionamiento. En la sección 4 se describe el ambiente virtual que genera el sistema y los resultados obtenidos, para finalmente mostrar las conclusiones y recomendaciones.

2. LOS SISTEMAS DE REALIDAD VIRTUAL

Un Sistema de Realidad Virtual o Ambiente Virtual es una interfaz humano-computadora que provee de entornos sintéticos, tridimensionales, multisensoriales, interactivos e inmersivos [STUART 96]. Que un entorno sea sintético significa que el ambiente virtual es generado por un sistema de computación. Por interactivo que la interacción entre el usuario y la aplicación es guiada por las entradas del usuario; el grado de interacción de un SRV permite una variación prácticamente ilimitada de lo que sucede en una sesión dada entre el usuario y la aplicación. Multisensorial implica que el sistema estimula dos o más sentidos del usuario, típicamente vista y oído. Inmersivo implica que el usuario, en vez de sentirse un observador exterior, tiene la impresión de estar dentro del entorno sintético que ve. Tridimensional significa que el ambiente no sólo parece rodear al usuario, sino que provee de pistas visuales de profundidad y él/ella puede moverse a través del ambiente virtual.

La arquitectura básica de un SRV inmersivo general, según [STUART 96], puede verse en la Ilustración 1. Los componentes principales a destacar son los transductores de entradas, efectores y el sistema de computación.

Un transductor convierte una acción del usuario a una forma que puede ser interpretada por la computadora. Estas acciones incluyen, pero no se restringen a, movimientos de la cabeza, ojos, manos, cuerpo, el habla y hasta actividad cerebral. Un guante instrumentado con sensores transduce los movimientos de los dedos de la mano en un formato legible al sistema de computación. Existe una gran variedad de dispositivos, desde teclados, pasando por palancas de mando, hasta guantes y trajes instrumentados [STUART 96].

Los efectores estimulan los sentidos del usuario al convertir los datos de la computadora en estímulos perceptibles por el equipo sensorial humano. Por ejemplo un efector puede ser un altavoz, un monitor TRC o un visor montado en la cabeza [STUART 96].

El sistema de computación enlaza a transductores, efectores con el usuario para establecer una circulación de pares estímulo-respuesta con éste que inducen la sensación psicológica conocida como inmersión.

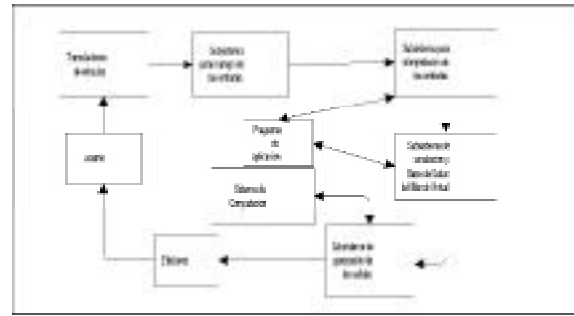


Ilustración 1. Sistema de Realidad Virtual en general con simulación acoplada, según [STUART 96]

3. DISEÑO ARQUITECTÓNICO ASISTIDO POR REALIDAD VIRTUAL

La RV promete mejorar el ejercicio de arquitectura al combinar inmersión con diseño 3-D, lo que posibilita realizar una “caminata” en un edificio virtual y evaluar su diseño mucho antes de su construcción real. Por otro lado, permite que los arquitectos novatos aceleren su capacidad de percepción de espacios 3-D al poder visualizar casi inmediatamente el resultado de sus diseños como si fuesen edificios ya construidos.

En vista de este potencial, se construyó un sistema de RV de bajo costo que permita a un usuario construir y “visitar” el modelo virtual de una casa simple de una planta. El objetivo era determinar la factibilidad de construir un sistema de RV con recursos de bajo costo. Las capacidades del SRV a construir son las siguientes:

- Construcción interactiva de una propiedad horizontal (apartamento o casa de una sola planta) con una envolvente rectangular simple, por subdivisión, partiendo en un espacio único.
- “Paseo” interactivo e inmersivo por su interior y exterior.
- El usuario tiene una serie de comandos a su disposición para modificar los objetos virtuales que elija.

Los comandos de construcción virtual están agrupados en tres conjuntos:

- Comandos para construir: Alargar y acortar un objeto, horizontal y verticalmente. Eliminar y duplicar un objeto. Asir/soltar un objeto virtual. Cambiar la ubicación de un objeto. Colorear polígonos de forma interactiva.
- Comandos para navegar: Avanzar y retroceder, subir y bajar. Girar en todos los sentidos.
- Comandos para manipular: Hacer que superficies de objetos se vuelvan transparentes u opacas. Seleccionar objetos, accionar controles virtuales.

La maqueta virtual se construye siguiendo la secuencia de construcción:

1. Generar la envolvente geométrica.
2. Definir modulación del espacio
3. Proporcionar, dar escala.
4. Subdividir en espacios menores.
5. Definir “aberturas” (puertas y/o ventanas) en paredes y tabiques.
6. Incorporar “disparadores” o activadores de comportamientos

(encender una luz, abrir una puerta, etc.)

Y la siguiente secuencia de ambientación:

1. Incorporar mobiliario.
2. Incorporar objetos menores (jarrones, lámparas, cuadros, etc.)
3. Manipular objetos y cambiar su ubicación interactivamente.

Lo anterior implica un simulador de ambientes inmersivo, interactivo y con salidas multisensoriales, en el cual el usuario pueda construir una maqueta de una casa virtual, partiendo de sus cimientos, pasando por la subdivisión del espacio, hasta la incorporación de accesorios. Para construir un ambiente virtual se debe contar con un software que permita la programación de entornos virtuales, más un hardware que admita la inmersión del usuario, utilizando la mayor parte de las formas de entrada de datos posible (acciones físicas del cuerpo del usuario, entrada por habla, etc.) y formas de salida que estimulen los sentidos del usuario (salida de datos visuales, auditivos, táctiles, etc.) Para estimular la vista y oído al proveer inmersión se usaron varios efectores: un visor montado en cabeza (VMC) con audífonos y una tarjeta de sonido. Como sensores o transductores: un guante instrumentado con rastreador de movimientos integrado, un rastreador de movimientos de la cabeza que se encuentra integrado al VMC, una palanca de mandos y un sistema de reconocimiento de órdenes verbales.

El sistema de computación usado para enlazar estos transductores y efectores fue un PC compatible con IBM, con un procesador AMD 586 a 133 MHz, con 16 Mbytes de RAM, una tarjeta de vídeo PCI Cirrus Logic con 1 Mbyte de VRAM. El sistema operativo fue MS-DOS, versión 6.22.

3.1. Los transductores utilizados.



Ilustración 2. El visor montado en la cabeza. CyberMaxx 2

Como se mencionó, se usaron en el SRV varios transductores. El criterio para seleccionarlos fue dar la mayor funcionalidad posible al menor precio.

3.1.1. El Visor Montado en la Cabeza

El VMC seleccionado fue el CyberMaxx 2 (ver Ilustración 2), el cual presenta un campo de visión de 56° horizontal y 70° diago-

nal, con solapamiento de 100%. Un campo de visión amplio es importante puesto que la literatura está de acuerdo en que, a mayor campo de visión horizontal, mayor sensación de inmersión en la imagen tiene el usuario [JACOBSON 94]. Sus minipantallas están basadas en cristal líquido, de matriz activa, a color RGB, con una resolución de 267'226 triadas de color. Se adapta a fuentes de vídeo NTSC o VGA en PC con resoluciones de 320'200 o 640'480. Su rastreador integrado de movimientos mide la orientación de la cabeza del usuario con 3 grados de libertad: guiñada, cabeceo y balanceo, reportándola a la computadora anfitriona con una tasa máxima de 75 Hz a través de una conexión serial estándar RS-232 de 9 pines. La resolución angular del rastreador es de 0,1°, con rango de 0° a 359,959° para la guiñada y de ±45° para el balanceo y cabeceo [VICTORMAXX 95]

3.1.2. El guante instrumentado



Ilustración 3. El PowerGlove modificado.



Ilustración 4. La palanca de mandos sin base CyberPuck.

Otro transductor utilizado es el guante instrumentado PowerGlove (ver Ilustración 3), fabricado por la compañía AGE Entertainment, Inc., para Nintendo, entre 1989 y 1991. Consiste en un guantelete plástico cuyo hardware contiene cuatro sensores que miden el doblaje de todos los dedos de la mano derecha menos el meñique, con una precisión de dos bits. Estos sensores consisten en delgadas tirillas de plástico cubiertas de una tinta especial conductora con la siguiente propiedad: la flexión de la tirilla causa cambios en la resistencia eléctrica que son

directamente proporcionales al grado de doblez de la tirilla, permitiendo obtener información gestual del portador del guante. Adicionalmente, el hardware del guante tiene integrado un sistema de rastreo espacial ultrasónico que consiste en dos emisores interconstruidos sobre el dorso del guante y tres receptores colocados en algún lugar fijo del entorno de trabajo. Cuando el guante es apuntado hacia estos receptores, reporta la posición y orientación de la mano con 4 grados de libertad (las coordenadas cartesianas X, Y, Z y el giro de la muñeca). La precisión de la orientación y la posición de la mano está dada en un byte para cada coordenada cartesiana y doce posiciones de aproximadamente 30° para el giro de la muñeca, completando 4 grados de libertad.

El PowerGlove debe estar a una distancia entre 1 a 6 metros de los receptores en un ángulo de no más de 45° de estos, según [PAUSCH 91] (ver Ilustración 4). A medida que el guante se aleja de los receptores la señal se degrada. El error estimado en las mediciones de posición reportadas por el PowerGlove está en alrededor de 1 pulgada [PAUSCH 91]. Como este guante instrumentado fue originalmente construido para ser usado sólo en los sistemas de entretenimiento Nintendo, se adquirió una interfaz serial comercial llamado PGSI, construida por un capítulo estudiantil de la ACM en la Universidad de Urbana, EUA. Este dispositivo permite conectar un PowerGlove a cualquier tipo de computadora que soporte una interfaz serial según el estándar RS-232 y es la forma más rápida de obtener datos de este guante. El guantelete de plástico del PowerGlove fue removido y sustituido con un suave guante de tela de lycra para hacerlo más sensitivo y cómodo durante largas sesiones de inmersión. (Ver Ilustración 3).

3.1.3. El CyberPuck

Para navegar en el ambiente virtual se usó una palanca de mandos. Como alternativa, se puede usar el guante instrumentado, pero la baja resolución de su rastreador podría impedir una navegación precisa. La palanca de mandos usada solo requiere ser retenida en la mano del usuario (“sin base”), y es llamada “CyberPuck” (ver Ilustración 5). Fabricada por la compañía Forte Technologies Inc., emula a una palanca de mandos estándar de tres botones, completamente programables. Dado que el software usado tiene un buen manejo de este tipo de dispositivos para navegar, la programación resultó sencilla.

3.1.4. El sistema de reconocimiento de órdenes verbales

El último transductor añadido fue un sistema de reconocimiento de órdenes verbales discreto, dependiente del usuario, llamado “Verbal Commander” fabricado por la empresa norteamericana K2 Interactive; posee un vocabulario de 20 palabras o frases cortas. El sistema consiste en una tarjeta ISA que sirve de interfaz entre el teclado y la computadora anfitrión. Se asocia una frase o palabra con una secuencia de hasta tres teclas y se entrena el sistema para un usuario dado. En el ámbito de programación, simplemente se determina si una tecla específica es pulsada, cuando en realidad es el Verbal Commander quien envía la señal de pulsación de teclas en respuesta a un reconocimiento exitoso de una orden verbal. Se quiso experimentar con reconocimiento

de voz porque las órdenes verbales poseen una tasa de transferencia de información alta comparada con otras formas de entrada de datos, alrededor de 50 bits/segundo [STUART 96]. Además, es la forma natural de comunicación de los humanos y puede sustituir y/o complementar a las entradas provistas con guantes instrumentados. Adicionalmente, el uso de un VMC opaco bloquea el mundo real, incluyendo la visión del teclado. Así, es conveniente incluir alguna forma auxiliar de teclado. Un inconveniente del VMC CyberMaxx 2 es que carece de micrófono, así que se adaptó un micrófono comercialmente disponible para poder entregar la voz del usuario al Verbal Commander.

3.2. La programación del SRV para diseño arquitectónico

Para la programación de la ARV se usaron varias bibliotecas de subrutinas en lenguaje C de dominio público. El software principal usado para la generación de imágenes visuales fue la biblioteca de subrutinas de programación conocida como “VR-386”, escrita por Dave Stampe de la Universidad de Waterloo de Canadá. VR-386 permite construir ambientes virtuales sencillos, no texturizados; entregando velocidades de “rendering” visual bastante altos (alrededor de 20.000 polígonos/segundo de sombreado llano, según Stampe). Controla varios dispositivos periféricos, incluyendo el PowerGlove con interfaz para puerto paralelo, y tiene las estructuras de datos necesarias para integrar nuevo hardware, incluyendo VMC’s y varios rastreadores. Igualmente admite la programación de comportamientos simples de objetos virtuales gracias un lenguaje de guiones propio. En la programación de los puertos seriales se utilizó la biblioteca PCL4C y para emitir los sonidos MIDI y los mensajes grabados se usó la biblioteca de rutinas SBF del proyecto SoundBlaster Freedom y SMIXC escrita por Ethan Brodsky, respectivamente. Todas estas bibliotecas están disponibles gratuitamente a través de Internet. El compilador utilizado fue Borland C versión 3.1 y 4.5. Los objetos virtuales fueron en su mayoría modelados usando el software de modelación 3-D NorthCAD. La programación de los menús y controles virtuales se hizo usando la técnica de autómatas finitos para especificar su comportamiento.

4. EL AMBIENTE VIRTUAL



Ilustración 5. Un usuario con el hardware



Ilustración 6. Una vista del ambiente virtual, tal como puede verse en el visor

A continuación se describe una secuencia típica de construcción virtual usando la ARV. Antes de proceder, el usuario se coloca el equipo de inmersión virtual: El VMC, el guante instrumentado, en su mano izquierda toma la palanca de mandos CyberPuck. Invoca al programa escribiendo la orden en el *prompt* de DOS. La generación de imágenes virtuales se inicia cuando el usuario presiona una tecla o da una orden verbal al micrófono del VMC.

4.1. La inmersión

Una vez inmerso, el usuario puede observar los materiales disponibles para la construcción de la casa virtual (varias sillas, un sofá, ventanas, mesas, lámparas). Puede ver el piso de la casa virtual, de unos 8'8 metros (virtuales) sobre el cual está superpuesta una cuadrícula. Las minipantallas del VMC le ofrecen una visión siempre cambiante del mundo sintético. El usuario gira su cabeza y su punto de vista inmediatamente se actualiza para emparejarse a la nueva orientación de la cabeza. Para darle al usuario un sentido de orientación dentro del ambiente virtual se le proporciona un vehículo virtual que consiste en una flecha traslúcida que apunta hacia adelante ubicada justo debajo del punto de vista. Puede verse un cursor 3-D animado en forma de mano, flotando en el aire (ver Ilustración 7). El cursor 3-D reproduce la postura y gestos de su mano derecha; si la mano se acerca al centro geométrico de un objeto, en los audífonos del VMC se reproduce un zumbido, indicando la proximidad de la mano a un objeto.

4.2. Generando una envolvente geométrica con aberturas

En el centro de las minipantallas del casco se haya una mira u objetivo. Cuando el usuario dirige su mirada hacia un objeto que le interesa, coincidiendo la mira con la visión del objeto virtual, este puede colocar su mano en una postura de apuntar o decir la palabra "ELEGIR", en consecuencia el objeto virtual se ilumina, y una voz grabada indica al usuario que el objeto está seleccionado y listo para ser manipulado.

Una vez seleccionado un objeto virtual, éste puede ser atraído hacia la mano virtual del usuario, bastando para ello que el usuario simplemente diga la frase "VEN A MÍ". También puede "tomarlo" cerrando su mano como un puño y moviendo su mano hacia sí o a cualquier otro lugar. El objeto mansamente sigue los movimientos de la mano cuando se tiene esta postura de puño.

El usuario tiene a su disposición un conjunto de menús y controles virtuales flotantes, que aparecen ante su visión en respuesta a la palabra "MENÚ" y el menú aparece ante él con un sonido (ver Ilustración 8). Esta interfaz de menús flotantes permite al usuario añadir, suprimir, modificar, colorear, ajustar la posición y orientación de todos los objetos virtuales con precisión. Adicionalmente, si el menú estorba la visión, el usuario puede moverlo y apartarlo de su vista, igual que otro objeto virtual. El usuario "invoca" la aparición de 4 paredes de 8'2 metros. Combinando gestos de agarre, de giro, visión instantánea de planta y maniobrando con la palanca de mandos, coloca las cuatro paredes de la casa.



Ilustración 7. Uno de los menús virtuales flotantes que el usuario puede invocar



Ilustración 8. Colocando con la mano una pared en la casa virtual.



Ilustración 9. La casa virtual con las cuatro paredes exteriores colocadas y transformadas por el usuario.

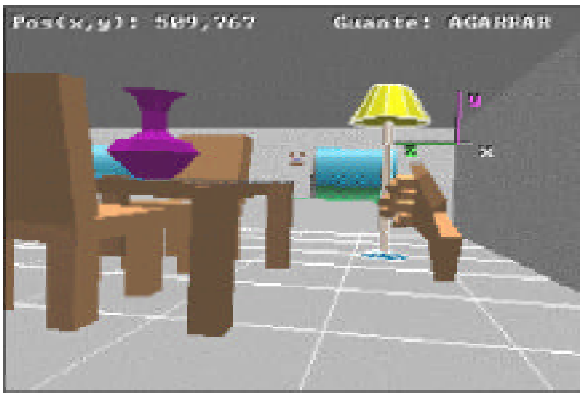


Ilustración 10. Colocando los muebles y accesorios dentro de la casa virtual.

Cada pared puede transformarse en 6 diferentes modelos: con una ventana, 3 ventanas, una ventana y una puerta, sólo una puerta, etc. (ver Ilustraciones 8, 9 y 10).

4.4. Incorporando mobiliario y objetos menores

Una vez particionado el espacio interior de la casa, y agregado un techo a ésta, el usuario comienza a añadir muebles y accesorios de los que se encuentran disponibles alrededor de la casa virtual. Simplemente los selecciona, los toma y los coloca donde desea, quizás escalándolos cuando sus dimensiones no ajusten o disgusten al usuario (ver Ilustración 11)

Al terminar su diseño, el usuario puede vagar por el entorno virtual con la palanca de mandos, estudiando la disposición del espacio arquitectónico que acaba de crear, cambiando lo que no le agrada y haciendo ajustes menores. Una vez satisfecho con su diseño, termina la simulación invocando el menú y señalando el botón etiquetado "SALIR". Una voz le pide al usuario que confirme su decisión. Al mismo tiempo aparecen ante su visión dos letreros con "SÍ" Y "NO". Apunta la mirada hacia "SÍ", con su mano hace la postura de selección y termina la ejecución del programa.

6. TERAPIA PSICOLÓGICA ASISTIDA POR REALIDAD VIRTUAL

La siguiente experiencia, realizada en el Laboratorio de Técnicas Avanzadas en Diseño entre 1998 y 1999, fue el desarrollo de un prototipo de Sistema de RV para el tratamiento de fobias específicas, en este caso, la fobia a las alturas. Los objetivos de esta investigación fueron:

- Evaluar la factibilidad de diseñar un Paquete Terapéutico usando la RV
- Verificar que la RV evoque las respuestas fóbicas a las alturas
- Evaluar el uso de RV en el abordaje Psicológico de Fobias específicas
- Generar una Matriz de Información respecto a correlatos Fisiológicos, cognitivos y conductuales en situaciones de RV
- Evaluar características, ventajas y limitaciones de la RV en el tratamiento de Fobias Simples.

El hardware usado fue esencialmente el mismo del sistema de

diseño arquitectónico. Sin embargo en esta ocasión se usó un sistema de rastreo magnético Polhemus InsideTrak, para rastrear los movimientos de la mano y cabeza del usuario. El software usado en esta ocasión fue el juego de herramientas llamado WorldToolKit Direct 7 para Windows95. Esta biblioteca de subrutinas en lenguaje C y C++ permitió desarrollar imágenes virtuales de mayor calidad y verosimilitud (ver ilustraciones 12 y 13)



Ilustración 11. El ascensor panorámico virtual tal como lo ve un paciente

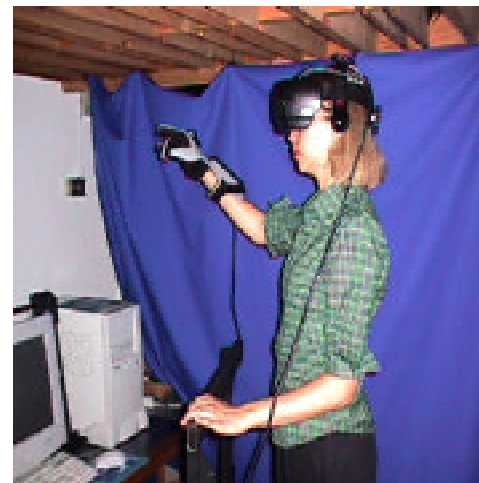


Ilustración 12. Un paciente usando el simulador.

Una vez construido y probado el sistema de RV, dos estudiantes de la Escuela de Psicología, Luis Muñoz y Jorge Ramírez, realizaron un abordaje terapéutico combinando técnicas de relajación para el dominio de la ansiedad, con la inmersión en dos ambientes virtuales tal que los pacientes aprendieran a dominar sus miedos. La principal experiencia virtual es un ascensor panorámico de un hotel, que permite subir 13 pisos y cruzar un puente sobre un abismo, como prueba final para los pacientes. Los objetos que componen este ambiente virtual fueron creados usando un software de modelación CAD que vino incluido con WorldToolKit. Se eligieron ambientes arquitectónicos debido a que son más sencillos de modelar y son más frecuentados por los pacientes en su vida diaria. En particu-

lar, los ascensores son la forma más común de llegar a situaciones de altura.

Los resultados logrados con el grupo de pacientes fóbicos fueron muy alentadores, dado que mostraron claras mejorías en su dominio de la ansiedad ante las situaciones de altura, todo lo cual se torna dramático si se toma en cuenta que si se suma el tiempo completo que tomaron las sesiones de preparación y de exposición al ambiente virtual, el tiempo total de terapia se reduce a unas 4 horas.

5. CONCLUSIONES

El diseño y desarrollo de estos dos SRV para simulación de ambientes arquitectónicos permitió obtener los siguientes resultados:

- Incorporar un vehículo visible al usuario, proporcionó un importante mecanismo para orientarse en el ambiente virtual. Todo esto confirma las observaciones de [PAUSCH 91].
- Es fundamental la disminución de la latencia de interacción del sistema como un todo. Al minimizar esta latencia, la calidad de la interacción mejoró dramáticamente, aumentando la sensación de inmersión.
- El mejor método para seleccionar objetos virtuales fue simplemente con la vista y una orden verbal o una postura de la mano. Esto permitió una selección rápida de objetos virtuales.
- La incorporación de sonidos sencillos 2-D fue útil para indicar proximidad de objetos y compensar en algo la ausencia de retroalimentación háptica. Además, permite emitir mensajes del sistema al usuario de forma efectiva, puesto que la baja resolución de las minipantallas del VMC y los compromisos de tiempo real impiden usar muchas letras dentro del ambiente virtual, lo que confirma recomendaciones de [KRÜGER 95].
- El reconocimiento de órdenes verbales mejoró significativamente la interacción con el sistema, minimizando el esfuerzo para comunicarse con el sistema de RV, confirmando las sugerencias en [STUART 96].
- Se ha comprobado que no se requieren de imágenes virtuales de gran calidad y definición para obtener resultados significativos en terapia psicológica.

El hecho de haber desarrollado el SRV de diseño arquitectónico con componentes de bajo costo limitó la posibilidad de generar ambientes arquitectónicos muy complejos. Otra limitación fue la ausencia de buena documentación del software, la alta latencia de los rastreadores del PowerGlove y del CyberMaxx 2 y las limitaciones propias del sistema operativo MS-DOS (cuenta sólo con 640 Kbytes de memoria para el código del programa) y del software VR-386 que maneja sólo hasta 4 Mbytes de RAM para almacenar los datos del mundo virtual.

Se cree que para mejorar una simulación para diseño arquitectónico con ambientes virtuales, es recomendable agregar al SRV una simulación de física e incluir detección de colisión entre los objetos virtuales que pueblan el entorno.

En Terapia psicológica de fobias, se confirmó los hallazgos del Georgia Tech, Atlanta, según los cuales la terapia de

desensibilización sistemática es muy efectiva y eficiente cuando es asistida por simuladores basados en RV.

Se considera que el potencial de la tecnología de la RV es muy grande y es necesario que la mayor cantidad posible de investigadores de todas las disciplinas pueda tener acceso a ella para que la RV pueda avanzar y mejorar como forma de interfaz humano-computadora. Con la herramienta descrita se puede construir versiones de bajo costo que permitan a los interesados experimentar con RV en diferentes áreas.

6. AGRADECIMIENTOS

El autor desea agradecer encarecidamente a todo el personal del Laboratorio de Técnicas Avanzadas en Diseño de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Central de Venezuela por permitirnos usar su software WroldToolKit y a los estudiantes de psicología Luis Muñoz y Jorge Ramírez por su colaboración en el uso pionero de la Realidad Virtual para tratamiento psicológico

6. REFERENCIAS

- EGGLESTEIN, Howard. Reach Out and Touch Your Data. Byte, Julio 1990.
- GRADECKI, Joe. The Virtual Reality Construction Kit. Jhon Wiley & Sons, 1994.
- JACOBSON, Linda. Garage Virtual Reality. Sams Publishing. 1994.
- PAUSCH, Randy. Virtual Reality on Five Dollars a Day. Proceedings of the ACM SIGCHI Human Factors in Computer Systems Conference. 1991.
- PIMENTEL, Ken; Blau, Brian. Teaching Your System To Share. IEEE Computer Graphics & Applications. Enero 1994.
- STUART, Rory. The Design of Virtual Environments. McGraw-Hill, 1996.

