

99  
2j



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería

Tesis

Realidad Virtual:

Panorámica y Aplicaciones

Que presenta

Santiago Igor Valiente Gómez

Como requisito para obtener el título de

Ingeniero en Computación

Director de tesis

Ing. Juan José Carreón Granados

Ciudad Universitaria

- 1997 -



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*Dedico esta obra a todas las personas que me brindaron su apoyo  
y paciencia, en especial a:*

*Mis padres*

*Mis hermanos*

*Las Yayas*

*A Zayda*

*Al Ing. Juan José Carreón Granados*

*Así como también al CAD Institute de Phoenix, Arizona, USA,  
por la ayuda cuando empecé a trabajar este tema.*

<b>Índice</b>	i
<b>Índice de ilustraciones</b>	v
<b>Introducción</b>	viii
<b>Capítulo I</b>	1.1
1.1. El paradigma de la Realidad Virtual	1.1
1.2. Objetivo	1.4
1.3. Motivación	1.4
1.4. Limitaciones	1.5
1.5. Alcances	1.6
<b>Capítulo II: Antecedentes Generales de la RV</b>	2.1
2.1. Factores histórico-sociales de la RV	2.1
2.2. Breve historia de la RV	2.6
2.2.1. Prehistoria y los griegos	2.6
2.2.2. Morton Heilig y el Sensorama	2.7
2.2.3. Computadoras y la convergencia de tecnologías	2.12
2.2.4. La NASA	2.14
2.2.5. RV hoy en día y RV comercial	2.16
2.3. Cibernética y RV	2.19
<b>Capítulo III: Conceptos sobre RV</b>	3.1
3. ¿Qué es RV?	3.1
3.1. Definición	3.1
3.1.1. Conceptos básicos	3.1
3.1.2. Punto de vista	3.2

3.1.3. Navegación	3.3
3.1.4. Manipulación (selección, interacción, comandos)	3.4
3.1.5. Inmersión	3.5
3.2. Metas de la RV	3.6
3.3. Multimedia y RV	3.8
3.4. Ramas de la RV	3.9
3.4.1. Realidad Virtual	3.10
3.4.2. Realidad Proyectada	3.11
3.4.3. Realidad Ampliada	3.12
3.4.4. Telepresencia	3.12
3.5. Niveles de RV	3.13
<b>Capítulo 4: Sistemas de RV</b>	<b>4.1</b>
4.1. Componentes de un sistema de RV	4.1
4.2. Máquina de realidad	4.3
4.2.1. Hardware	4.4
4.2.2. CPU	4.7
4.2.3. Tarjetas gráficas	4.8
4.2.4. Procesador de audio	4.9
4.2.4.1. Fuentes de audio	4.9
4.2.5. Puertos de entrada/salida	4.10
4.2.6. Convertidores de señales	4.10
4.2.6.1. Convertidores de video	4.10
4.2.6.2. Rastreadores de posición y orientación	4.10
4.2.7. Software	4.12
4.2.8. Aplicación	4.13
4.2.8.1. Aplicación de usuario	4.13
4.2.8.2. Administrador de simulación	4.13
4.2.9. Geometría	4.14
4.2.9.1. Bases de datos tridimensionales	4.14

4.2.9.2. Objetos	4.15
4.3. Efectores	4.15
4.3.1. Efectores visuales	4.16
4.3.2. Efectores auditivos	4.19
4.3.3. Efectores hápticos	4.20
4.3.4. Otros efectores	4.22
4.4. Otras consideraciones	4.23
<b>Capítulo 5: Aplicaciones</b>	<b>5.1</b>
5.1. Educación	5.1
5.1.1. El Teatro clásico griego y la RV	5.1
5.2. Psicología	5.4
5.3. Entretenimiento y hogar	5.4
5.3.1. Deportes	5.4
5.3.2. Arcadas	5.6
5.3.3. RV en la casa	5.7
5.4. Medicina	5.8
5.5. Actividades de alto riesgo	5.9
5.6. Arquitectura	5.10
5.7. Ingeniería	5.12
5.7.1. ¿Para qué RV en la Ingeniería?	5.12
5.7.2. El prototipo y la simulación	5.12
5.7.3. Diseño (CAD) y manufactura (CAM)	5.13
5.7.4. Visualización científica	5.14
5.8. El futuro de la RV	5.15
5.8.1. Ciberespacio	5.16
5.8.2. Mejorando las interfaces	5.17

<b>Capítulo 6: Diseño de ambientes de RV</b>	6.1
6.1. Definir los alcances del ambiente	6.1
6.2. El hardware	6.5
6.2.1. Evaluación de dispositivos	6.5
6.3. El software	6.9
6.4. El tiempo de respuesta	6.10
<b>Conclusiones</b>	<b>Conclusiones - 1</b>
<b>Apéndice A: El PowerGlove de Mattel</b>	<b>A.1</b>
<b>Apéndice B: El Reality Engine de SGI</b>	<b>B.1</b>
<b>Apéndice C: Scratch, Librerías y Editores</b>	<b>C.1</b>
<b>Glosario</b>	<b>Glosario - 1</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>Bibliografía - 1</b>

## Índice de ilustraciones

### Capítulo II

- 1: El Sensorama de Morton Heilig 2.9  
Tomado de *Virtual Reality Technology*, Claude Hudon, Philippe Coiffet, John Wiley & Sons, Inc. 1994, pág. 8
- 2: El HMD de Heilig 2.10  
Tomado de *Virtual Reality Technology*, Claude Hudon, Philippe Coiffet, John Wiley & Sons, Inc. 1994, pág. 9.
- 3: VIVED 2.15  
Tomado de *Virtual Reality Technology*, Claude Hudon, Philippe Coiffet, John Wiley & Sons, Inc. 1994, pág. 11.

### Capítulo III

- 1: Telepresencia 3.13  
Tomado de *Adventures in Virtual Reality*, Tom Hayward, QJE, 1993, pág. 44
- 2: Representación gráfica de la taxonomía de Zeltzer 3.16  
Tomado de *SIODGRAPH '94 Course Notes 2: Developing Advanced Virtual Reality Applications*, Steven K. Fouze, Randy Pasch, Donna Proffitt, Henry Sorenson, Andrew van Dam, ACM SIGGRAPH, 1994, pág. 1-2.

### Capítulo IV

- 1: Esquema de un sistema de RV 4.2  
Tomado de *Virtual Reality: Through the new looking glass*, Ken Perenthal & Kevin Toussan, Intel/Wadsworth/McCraw-Hill, 1992, pág. 64
- 2: Esquema general de una máquina de realidad 4.4  
Tomado de *Virtual Reality: Through the new looking glass*, Ken Perenthal & Kevin Toussan, Intel/Wadsworth/McCraw-Hill, 1992, pág. 78
- 3: Ejemplo de un sistema de RV con procesamiento distribuido.  
Sistema de la Universidad de Rutgers. 4.8  
Tomado de *Virtual Reality Technology*, Claude Hudon, Philippe Coiffet, John Wiley & Sons, Inc. 1994, pág. 152
- 4: Ejemplo de un rastreador de ultrasonido 4.12  
Tomado de *Virtual Reality Technology*, Claude Hudon, Philippe Coiffet, John Wiley & Sons, Inc. 1994, pág. 67
- 5: Diagrama de flujo de las tareas del administrador de simulación 4.14  
Tomado de *Virtual Reality: Through the new looking glass*, Ken Perenthal & Kevin Toussan, Intel/Wadsworth/McCraw-Hill, 1992, pág. 83
- 6: Rango del campo de vista humano 4.17  
Tomado de *The Science of Virtual Reality and Virtual Environments*, Roy S. Kalanick, 1992, pág. 257



7: Dos tipos de guante	4.20
<small>Tomado de <i>Adventures in Virtual Reality</i>, Tom Hayward QJEE 1993 pag. 60</small>	
8: Sistemas de retroalimentación háptica	4.21
<small>Tomado de <i>Adventures in Virtual Reality</i>, Tom Hayward QJEE 1993 pag. 64</small>	
9: Bicicleta virtual	4.22
<small>Tomado de <i>Silicon Advantage: The Art and Science of Virtual Reality</i>, Steve Aukstakhalns &amp; David Blatner Peachpit Press, Inc 1992 pag. 200</small>	

## Capítulo V

1: Tenis virtual	5.5
<small>Tomado de <i>Silicon Advantage: The Art and Science of Virtual Reality</i>, Steve Aukstakhalns &amp; David Blatner Peachpit Press, Inc 1992 pag. 199</small>	
2: Túnel de viento virtual	5.14
<small>Tomado de <i>Silicon Advantage: The Art and Science of Virtual Reality</i>, Steve Aukstakhalns &amp; David Blatner Peachpit Press, Inc 1992 pag. 230</small>	
3: Grope II. UNC.	5.15
<small>Tomado de <i>Silicon Advantage: The Art and Science of Virtual Reality</i>, Steve Aukstakhalns &amp; David Blatner Peachpit Press, Inc 1992 pag. 143</small>	

## Capítulo VI

1: Esquema del método de cascada	6.2
<small>Tomado de <i>SIGGRAPH 94 Course Notes 2: Developing Advanced Virtual Reality Applications</i>, Steven K. Feiner, Randy Pausch, Doreen Proffitt, Henry Soutaral, Anders van Dam ACM SIGGRAPH 1994 pag. 4.3</small>	
2: Esquema del método híbrido "arriba-abajo, abajo-arriba"	6.2
<small>Tomado de <i>SIGGRAPH 94 Course Notes 2: Developing Advanced Virtual Reality Applications</i>, Steven K. Feiner, Randy Pausch, Doreen Proffitt, Henry Soutaral, Anders van Dam ACM SIGGRAPH 1994 pag. 4.3</small>	
3: Guantes	6.7
<small>Tomado de <i>Adventures in Virtual Reality</i>, Tom Hayward QJEE 1993 pag. 64</small>	
4: Diagrama de flujo de un proceso manejado por eventos	6.9
<small>Tomado de <i>Virtual Reality Technology</i>, Gregor Huxton, Philippe Coiffet, John Wiley &amp; Sons, Inc 1994 pag. 207</small>	
5: Diagrama de flujo del ciclo de simulación	6.10
<small>Tomado de <i>Virtual Reality Technology</i>, Gregor Huxton, Philippe Coiffet, John Wiley &amp; Sons, Inc 1994 pag. 203</small>	

## Apéndice A

1: El PowerGlove de Mattel	A.1
<small>Tomado de <i>George's Virtual Reality</i>, Linda Jacobson SAMS Publishing 1994 pag. 144</small>	

- 2: El sistema PowerGlove con una PC** **A.2**  
Tomado de *Virtual Reality Technology*, Gregory Baudou, Philippe Coiffet, John Wiley & Sons, Inc. 1994, pág. 42
- 3: Diagrama de la "caja de Menelli"** **A.3**  
Tomado de <http://www.crea.draa.ac.uk/~cyl/menelli.html>
- 4: Conexión del PG a un DB25** **A.4**  
Tomado de *Gregory Virtual Reality*, Linda Jacobson, SAMS Publishing, 1994, pág. 225

## **Apéndice B**

- 1: Esquema de la arquitectura del Reality Engine de SGI** **B.1**  
Tomado de *The Science of Virtual Reality and Virtual Environments*, Roy S. Kalawsky, 1992, pág. 257

## **Apéndice C**

- 1: Funcionamiento de editores para crear ambientes de RV** **C.2**  
Tomado de *Virtual Reality Technology*, Gregory Baudou, Philippe Coiffet, John Wiley & Sons, Inc. 1994, pág. 134

## **Introducción**

El Ingeniero en Computación tiene la obligación de estar al tanto de las nuevas tendencias tecnológicas pues su campo es de los que experimentan los cambios más drásticos en términos de tiempo; en cosa de meses puede estar completamente aislado si no se prepara y documenta adecuadamente. El área de la Realidad Virtual representa lo más novedoso en términos de los nuevos paradigmas de interfaces hombre-máquina y para el intercambio de ideas entre las personas.

El propósito de este trabajo es hacer un planteamiento de :

- ¿Qué es la Realidad Virtual?
- ¿Cómo y por qué surge la Realidad Virtual?
- ¿Cómo evoluciona?
- ¿Cómo se aplica?
- ¿Quiénes la utilizan?
- La ingeniería y la Realidad Virtual,
- Tendencias futuras de la Realidad Virtual.
- ¿Cómo se desarrollan plataformas de Realidad Virtual?

y, entre otras cosas, la descripción de los factores humanos que intervienen en el empleo y desarrollo de esta tecnología.

La finalidad última de este trabajo es la de proveer una base conceptual general que sirva de apoyo en futuras tesis y desarrollos más particulares dentro de esta área.

## Capítulo I

### 1.1. El paradigma de la Realidad Virtual

La *computación* y la *informática*<sup>1</sup> son dos de las ciencias que más rápido han evolucionado y que siguen desarrollándose a pasos acelerados. El impacto de ellas en nuestra vida cotidiana ha sido tal, que el desarrollo posterior de nuestra sociedad va ligado, por la necesidad, con ellas y con su producto más representativo: la computadora.

Es raro encontrar lugares en donde no se esté trabajando con computadoras; mucho más raro el lugar donde no se haya oído hablar de ellas y de los "milagros" que realizan día con día para facilitar muchos aspectos de la vida del hombre. Sin embargo, no son raras las personas que al oír hablar de computadoras enmudecen, otras al mirar una, lo hacen con respeto y los más cuando se les informa que es necesario e indispensable, que su trabajo lo realicen con una computadora, se aterrorizan.

Parece increíble que con la penetración que actualmente tiene la computadora en nuestra sociedad y la dependencia que se tiene de ella, todavía se encuentren este tipo de rechazos, pese a que se puede llegar con su uso a realizar cosas importantes. Pero no, como antes se dijo, todavía hay quienes las miran como un misterioso depositario de oscuros arcanos, difíciles de discernir y asimilar. ¿Por qué?

La respuesta es clara: mucha gente todavía es sencilla, no acostumbrada a los refinamientos del pensamiento abstracto, mismo al que de alguna manera se tiene que llegar para poder utilizar fluidamente una computadora. Pero de esa abstracción no es culpable ni solo atribuible a la computadora. La computadora es sólo una herramienta para procesar información; los datos

<sup>1</sup> **Informática:** Conjunto de conocimientos científicos y técnicas que hacen posible el tratamiento automático de la información por medio de calculadoras electrónicas. Gran Diccionario Patria de la Lengua Española. Tomo IV. 1983. Ed. Patria.

**Computación:** Ciencia de los cómputos. Someter datos al tratamiento de una computadora. Gran Diccionario Patria de la Lengua Española. Tomo II. 1983. Ed. Patria.

presentados de forma abstracta, son difíciles de asimilar por muchas personas y el mismo problema se puede presentar en cualquier trabajo, que aunque no implique el uso de una computadora, si se tiene que trabajar con datos presentados de forma más compleja. La abstracción con la que representamos los fenómenos, hace que muchas personas pierdan la esencia de la información con la que tienen que trabajar, impidiéndoles a veces elaborar resultados o hasta ser creativos con su trabajo.

Es aquí que surge una nueva tendencia dentro de la computación: la *Realidad Virtual* (RV). La RV, en su sentido más amplio, nos permite, por lo menos hasta donde con la tecnología actual es posible, trabajar con datos no abstractos, aprehender la esencia deseada de la información y obtener resultados de una forma mucho más “natural” que con el mero dato abstracto.

Y no sólo eso, la RV nos permite construir mundos en los que definimos todo, donde podemos interactuar y ser interactuados, jugar a ser creadores en un sentido muy amplio de la palabra. La RV es el lugar donde toda la información posible es caracterizada y transformada, y de la misma forma que transformamos la información en la RV, ésta transforma a la sociedad, la cultura, la economía, etcétera.

Se puede hacer la analogía de la RV en cuanto a sus efectos posibles a futuro, con la bola de nieve que rueda por la pendiente nevada. A medida que avanza, crece y crece, presagiando efectos cada vez mayores para cuando llegue a su destino.

A nosotros como ingenieros nos corresponde estudiar las tecnologías de punta para desarrollar sus posibles aplicaciones para el mejoramiento de la sociedad. Por ello es indispensable estudiar a la RV como una tecnología que cambia radicalmente:

- el concepto tradicional de la interacción Hombre-Máquina.
- el concepto tradicional del procesamiento de datos.
- las metodologías tradicionales de simulación por computadora.
- el diseño asistido por computadora.

- el arte por la computadora.
- el entretenimiento.
- algunos aspectos humanos,

por mencionar sólo unas cuantas.

El impacto de esta tecnología ha sido tal que ya se la utiliza en círculos médicos, jurídicos, arquitectónicos y de diseño, ingeniería química, la industria del entretenimiento, los procesos educativos y otras muchas más.

Por todo esto es lógico que, como ingenieros, estudiemos las aplicaciones y el desarrollo de la RV como una herramienta valiosa en la consecución de varios fines, como podría ser en nuestro caso particular, la solución de problemas de ingeniería, desde la civil pasando por la eléctrica hasta la electrónica, sin descuidar, por supuesto, el impacto social que la RV provoca con su constante desarrollo e implementación.

No podrá estar lejos el día en el cual, según mencionaba uno de los profetas de la RV, lleguemos al *ciberspacio*, un universo completamente artificial en una gran red de computadoras en donde todos los seres humanos interactuemos en la consecución de uno de los grandes fines de la raza humana: la evolución de la mente.

## 1.2. Objetivo

### Objetivo General

En este trabajo trataremos de comprender en un amplio contexto lo que es la RV, sus fundamentos, aplicaciones y formas de implementación, de forma tal que se sienten precedentes sobre los cuales apoyar futuros trabajos sobre el tema y en campos cada vez más particulares, basados sobre uno de los objetivos de la carrera de ingeniero en computación que es el estudio y desarrollo de nuevas interfaces entre hombre y computadora.

### Objetivos Particulares

- Reconocer los conceptos y elementos que conforman un sistema de RV.
- Reconocer el impacto que estas técnicas provocan en la sociedad como una nueva revolución cultural.
- Reconocer la utilidad de estas técnicas aplicadas en diversos campos, entre ellos, el de la ingeniería.
- Proponer una metodología general para la aplicación de técnicas de RV en el campo de la ingeniería.

## 1.3. Motivación

La RV es un área de la computación recién salida al conocimiento de la opinión pública y que ofrece un sinnúmero de posibilidades en casi cualquier área del conocimiento humano al cual se desee aplicar. Así, por ejemplo, ya tenemos aplicaciones en deportes, medicina, ortopedia, química y biología molecular, arquitectura e ingeniería, pasando por las áreas de educación y el entretenimiento.

Siendo ésta una herramienta que puede lograr una comunicación más directa entre el hombre y la máquina a un nivel mucho más intuitivo, creo que merece la pena el estudio y la proposición de una metodología general para su aplicación en diversos campos, en particular el de la ingeniería.

La economía de las simulaciones en computadora contra la implementación de prototipos o modelos físicos de cualquier proyecto es uno de los puntos que en primera instancia hacen atractivo su uso, sobre todo si dichas simulaciones pueden ser hechas en tiempo real. La RV posee ambas características. Si a esto se agrega que mediante sistemas de RV se pueden abatir costos de capacitación y entrenamiento, incluyendo el montaje de las infraestructuras necesarias para estas actividades, cuando éstas se realizaran de otra forma que no fuera mediante el uso de RV, son muy significativas en un punto en donde se trata de conseguir calidad y economía en la industria y los servicios.

Otro argumento a favor de realizar una tesis en esta área reside en el hecho de que la Ingeniería siempre se ha caracterizado por el empleo de nuevas técnicas y herramientas para agilizar su actividad. Dentro del contexto del Ingeniero en Computación, llegamos al momento en que este profesional necesita conocer de forma general, y de forma particular según lo vaya requiriendo, en qué consiste esta nueva tecnología, en qué se basa y en dónde se está aplicando.

#### 1.4. Limitaciones

Este trabajo se desarrolla bajo las siguientes limitantes:

Al ser la una nueva técnica y un tanto complicada en sus aspectos más particulares debido a la gran convergencia de tecnologías que nos han llevado a ella es, a estas alturas, muy costoso tratar de implementar un sistema completo de este tipo como no sea más que a nivel demostrativo y sin el grado de integración deseado en los diferentes aspectos de simulación que se pudieran presentar (visión, oído, sistema háptico, etc.). Además, considerando que la necesidad de contar con las bases teóricas y conceptuales que nos lleven a su implementación es mucho muy



importante (forma y sustancia), este trabajo será, en casi su totalidad, de naturaleza teórica, describiendo ocasionalmente en los puntos que sea necesario, algunas experiencias que otros individuos o instituciones hayan tenido en el desarrollo o implementación de dicha tecnología.

### 1.5. Alcances

Para los alcances de este trabajo, éste se dividió y se cubrió en seis partes que nos darán una imagen general de lo que es .

En el capítulo II estudiaremos los antecedentes necesarios para comprender qué es la RV, dónde y cómo surge, dónde se ha ido asimilando esta tecnología y el impacto que ha provocado en diferentes contextos. Aquí se cubrirán antecedentes de tipo histórico y cultural para tratar de establecer ciertos puntos de referencia entre algunos eventos y la RV. También veremos, desde el punto de vista de la evolución de las interfaces usuario-computadora, que la puede ser observada como el paso más reciente en este camino.

En el capítulo III veremos los conceptos básicos que hay que conocer al estudiar o diseñar ambientes de RV, sus metas, las ramas en las que se divide y dos formas de calificar el nivel de RV que se alcanza dentro de un sistema dado.

El capítulo IV tratará sobre la descripción de las partes de un sistema de RV, cómo se clasifican, qué funciones tienen.

En el capítulo V veremos un panorama muy amplio de las aplicaciones de la RV, tratando de dar un mayor énfasis a las aplicaciones de Ingeniería.

El capítulo VI es donde abordaremos la definición y conceptualización de una metodología para diseñar e implementar ambientes de RV y estudiaremos algunos aspectos críticos para el buen funcionamiento de éstos.

Al final de estos capítulos se dan a conocer las conclusiones a las cuales se llegó en la elaboración de este trabajo.

## Capítulo II: Antecedentes Generales de la RV

### 2.1. Factores histórico-sociales de la RV

Para entender el concepto de Realidad Virtual (de ahora en adelante escrito como RV) tenemos que adentrarnos en un contexto socio-cultural que puede remontarse a eventos tan remotos como la invención de la escritura.

La intención de ubicar antecedentes históricos para la RV tan remotamente se puede explicar como el fenómeno que se presenta en las sociedades humanas periódicamente: las revoluciones culturales.

La invención de la escritura representa una revolución cultural porque a partir de este hecho el hombre deja de depender de la memoria de los demás para llevar nota de su historia, inventarios, tradición y costumbres. Toda la *información* se puede perpetuar junto con la nueva información que se va *generando*. Así, de esta forma, todo aquél capaz de interpretar los *símbolos* que conforman la forma de escritura adoptada, es capaz, en un momento dado, de interpretar y asimilar la información generada por sus ancestros y contemporáneos. Por ende, ello lleva, en una forma lógica y natural a una transformación de la sociedad, en la cual se pueden formalizar determinadas estructuras respaldadas por esta perpetuación de la información.

Es pues dentro de este contexto de la Revolución Cultural que vamos a tratar de explicar qué representa la RV como un elemento transformador de la sociedad.

La invención de la escritura significa que podemos expresar nuestras ideas y conceptos en un medio que cualquier persona puede interpretar y seguir; trabajar sobre esas mismas ideas y conceptos; analizarlos; obtener nuevas ideas, nuevos conceptos; sintetizarlos con los nuestros, haciendo que éstos y los suyos evolucionen, para que llegado su momento, esta persona a su vez perpetúe sus resultados a través de la escritura y el proceso se repita una y otra vez,

indefinidamente. Estamos presenciando un factor importante en la evolución del pensamiento humano.

La escritura es importante por si misma, pero para que la información que se expresa de esta forma tenga un efecto importante sobre la sociedad, se debe de propagar, dar a conocer, o sea, tener un medio sobre el cual, la información escrita se pueda difundir. Es aquí que brincamos a un período importante de la historia de la humanidad, tanto culturalmente, como en los aspectos económico y político como lo es la Revolución Industrial.

La Revolución Industrial trae consigo un elemento importante para que se lleve a cabo una nueva revolución cultural: la máquina. Las máquinas proporcionan la posibilidad de fabricar papel en cantidades inmensas, cosas que antes, por ser trabajo artesanal, no se podía producir mucho; al tener papel en cantidades enormes, podemos publicar en mayor cantidad toda aquella información, aquellos resultados del pensamiento humano, que se ha ido acumulando por milenios, y no sólo eso, sino que también podemos distribuirlos a mucho mayor escala que antes. El trabajo que describíamos antes de la evolución de las ideas y conceptos ya no va a ser realizado a una escala proporcional a la ahora incrementada publicación y distribución del material escrito y por un número mayor de personas. Esto se refleja en un cambio sobre la visión e interpretación de las estructuras económico-político-sociales y científico-tecnológicas del siglo XIX y XX.

Vamos ahora a plantear el segundo elemento que nos va a ayudar a ubicar a la RV en nuestro marco histórico-cultural: La forma en la cual la mente humana interpreta al mundo.

Volvemos a la Revolución Industrial. Ésta no se hubiera dado de no ser porque hubo un florecimiento de la ciencia y de la tecnología, pero como sabemos, la ciencia en todas sus ramas exige que se dé cierto grado de abstracción del mundo y sus elementos para que sea más fácil expresar de forma escrita (y también de interpretar) los resultados de la ciencia, entonces predomina el *análisis*. Antes, en lo predominante era la *síntesis*, o sea, al no preocuparnos por analizar al mundo para hacer una abstracción de él, de descomponerlo en sus partes, vemos cualquier cosa o fenómeno como un todo. Al venir la Revolución Industrial y con ella un

florecimiento más intenso de las ciencias y la tecnología, lo que empieza a predominar es la abstracción, el análisis y esa es la tendencia que viene prevaleciendo con más o menos fuerza desde entonces hasta nuestros días.

Tenemos dos posturas, pues: la mente analítica y la mente sintética. Si queremos interpretar a nuestro mundo con base en las ciencias y con la ayuda de la tecnología, debemos cultivar la mente analítica, pero la mente sintética se presenta con mucha más naturalidad en la mayoría de los seres humanos. Para entender este dilema que se presenta puedo poner el siguiente ejemplo: Tomemos una persona que nunca haya oído hablar, probar o siquiera visto una manzana; ahora intentemos describirle una manzana en forma analítica, digámosle que una manzana es una fruta que tiene forma de un cardióide de revolución, con una pigmentación que puede variar desde un rojo intenso hasta un verde o amarillo muy pálido, de sabor dulce, que contiene en su carne tales compuestos y estas vitaminas, en cantidades dadas, con un aroma tal, etc. El retrato mental que esta persona se puede formar de la manzana podrá ser muy distinto al de una manzana real, y en base a los elementos que conozca y a lo que interprete de nuestra descripción "analítica". En cambio, si a esta persona le damos a ver, oler, probar una manzana, podrá asimilar de mejor manera la información que se le estaba intentando proporcionar, tal vez incluso mejor, aunque tal vez cuando le pidamos que elabore una "abstracción" de una manzana, una descripción "analítica", ésta pueda diferir enormemente de la que le podamos proporcionar. Y he aquí que encontramos el mayor problema del análisis, de la abstracción: el *marco de referencia*. Cuando nosotros necesitamos que alguien más interprete un concepto o una abstracción de más o menos la misma forma que nosotros, necesitamos que esa persona tenga el mismo tipo de antecedentes o marco de referencia, o sea, que valore algunos conceptos de la misma forma que nosotros, para que así se sitúe dentro del mismo contexto y nos entienda. El propósito del marco de referencia o contexto es hacer una interpretación *objetiva*.

Para la mente sintética no hace falta un marco de referencia, aunque su interpretación de las cosas se pueda limitar un poco por los antecedentes culturales y sociales del individuo, por lo que es *subjetiva*, o sea, es más susceptible de variar una interpretación de acuerdo a la acción de agentes externos (estado de ánimo, cultura, estatus social, económico, etc.). Para la mente

sintética la manzana podrá ser siempre una fruta de sabor dulce que le servirá para mitigar el hambre o algún antojo. Mientras que la mente analítica "objetivará" a la manzana, hará abstracciones sobre ella, la cuantificará y cualificará, le asignará atributos que a su vez cuantificará y cualificará, etc. hasta quedar satisfecha con el análisis y hasta que esa abstracción pueda ser valorizada de igual forma por otra mente con el mismo marco de referencia o contexto.

En el mundo de las computadoras se tiende, por razones de origen, a la supremacía de la mente analítica sobre la sintética. Y de este hecho podemos entender el porqué de que a muchas personas les aterroriza trabajar con computadoras, como no sea para tareas sencillas como procesar un texto o para dibujar, por ejemplo.

La computadora en sí marca una revolución cultural, sobre todo en el período de finales de los setenta y hasta nuestros días, que se ha venido a denominar "Edad de la información". La aparición de la computadora personal; el aumento y auge de las redes de computadoras tanto locales como internacionales; la asimilación progresiva de la computadora en el hogar, ya sea por razones de entretenimiento educativas o de trabajo y el acceso más rápido y fácil a la información como parte de los hechos anteriores son factores que marcan una gran parte de esta llamada Edad de la Información. Pero la información sigue siendo abstracta, si bien mucho más fácil y rápida de obtener, pero abstracta al final y lo que necesitamos es que la gente pueda asimilar más fácilmente esta información para que trabaje sobre ella y emita resultados, para que siga contribuyendo, y en mayor escala, a la evolución del pensamiento humano.

De esta necesidad de facilitar la simulación de la información, se empiezan a derivar otras formas de representar la información (gráficas, sonido, etc.) y es cuando surge otro elemento que representa otra revolución dentro de la revolución: *multimedia*.

Tenemos nuestra información representada sobre distintos medios, como son imágenes, sonidos, textos y formas derivadas de estas tres principales. Multimedia o también *multimedios* (media es una forma plural de medio) es la integración de información representada en sus tres formas principales y sus derivaciones con el propósito de dar una representación integral o más

completa de algún concepto, idea, suceso o abstracción, en pocas palabras, para acercarnos a la síntesis.

Si nos fijamos bien, estamos llegando a una etapa en la cual lo que se pretende es llevar nuestra información abstracta y analítica del mundo a la forma en como originalmente la percibíamos, por su facilidad de asimilación, a la forma sintética..

Pero, pese a los intentos de multimedia para lograr la síntesis de la información, hay todavía un obstáculo muy grande por salvar: *interacción*.

En el mundo real, una manzana es por lo que es y por lo que *nosotros* podemos hacer con ella; de igual forma, una silla, un carro, un caballo, incluso una persona, no solo significan para nosotros por ellos mismos, significan para nosotros - los valoramos - en cuanto podemos hacer, utilizar, hablar, tocar, golpear, oler, romper, etcétera, a ellos o con ellos, en pocas palabras, en la medida en que interactuamos con ellos y ellos interactúan con nosotros. La interacción se vuelve, de esta forma, una palabra clave para la mente sintética.

Es entonces cuando empezamos a hablar de RV. En la RV obtenemos principalmente dos cosas:

La primera es la representación sintética de conceptos, cosas y personas, a los cuales llamaremos *objetos*.

Y la segunda, y posiblemente más importante, es la interacción, con la cual podemos actuar directamente sobre los objetos y obtener una respuesta de ellos, no necesariamente siempre la misma, sino que puede variar de acuerdo a las cadenas de acciones que previamente hayamos realizado en el entorno virtual o al contexto en dicho entorno anteriormente o en el momento de la acción ejecutada sobre el objeto.

## 2.2. Breve historia de la RV

### 2.2.1. Prehistoria y los griegos

Desde que el hombre ha sido capaz de transmitir información a sus semejantes, éste debió de haber empezado a buscar también mejores medios para transmitirla y significarla. Las primeras formas que el hombre inventó para este propósito fueron el lenguaje corporal, el habla, la escritura y el arte como fundamentales.

Algunos antropólogos han determinado que las cuevas que tienen pinturas rupestres pintadas sobre sus muros, como en el caso de Lascaux, Francia, no eran viviendas sino lugares ceremoniales en donde se celebraban los ritos de iniciación también conocidos como ritos dionisiacos. Las pinturas sobre los muros de las cuevas están pintados de forma que se aprovecha alguna formación natural sobre las paredes, de tal manera que aparentan tener volumen. Se ha descubierto también que bajo ciertos efectos de iluminación, ya sea teniendo la fuente de luz (antorchas en esa época) fija o en movimiento, da el efecto de que las pinturas estuvieran moviéndose a su vez.

Los ritos de iniciación estaban integrados por elementos de baile, canto, sexo y la ingestión de pócimas que provocaban estados alterados de percepción. Estos estados alterados de percepción fueron necesarios en una época en donde la única forma de transmisión del conocimiento era a través de la tradición oral, así que era de la mayor importancia que la asimilación y retención de esos conocimientos fuera de la forma más fiel y duradera posible. La mecánica del rito, el contenido de los cantos, el acto sexual, las ceremonias en las cuevas y el uso de las pinturas eran preámbulos para que los iniciados recibieran el conocimiento tribal y no lo perdieran. De cierta forma, los antiguos creaban una especie de ambiente virtual en donde la percepción y la asimilación alcanzaban estados favorables.

Estos ritos dionisiacos después evolucionan en el teatro griego, en donde se cambian algunos de los medios a través de los cuales se alcanzaba el estado de percepción deseado.



Ahora es la trama, los personajes y el uso de cantos y vestuarios especiales los que van a provocar en el público una reacción favorable a la asimilación de conceptos sobre religión, ética, moralidad, sociedad y gobierno. El teatro griego también creaba ambientes virtuales en cierto sentido, pero el público no participaba de forma directa en la obra, así que no había interacción.

En el capítulo sobre aplicaciones estudiaremos un poco más sobre el rito dionisiaco y el teatro griego.

### 2.2.2. Morton Heilig y el Sensorama

En octubre de 1957, debido al lanzamiento del Sputnik, el gobierno de los Estados Unidos promueve la creación de lo que después se conocería como *ARPA (Advanced Research Projects Agency)*.

Douglas Engelbart fue siempre un convencido de que las computadoras debían de visualizar su información en pantallas. De hecho él fue quien propició el uso de la naciente tecnología de televisión y las computadoras de forma tal que se facilitara su uso por parte de gente que no eran programadores de computadoras.

El psicoacústico J.R.C. Licklider, pensó en utilizar las computadoras para visualizar datos en forma gráfica y dejar en manos de ellas el proceso de dichos datos. La serie de esfuerzos que realizó lo llevaron a percibir las deficiencias de las computadoras, pero en otro aspecto desarrolló un trabajo que se llama *Man-Computer Symbiosis* (1960), en el que describe la forma en cómo los humanos y las máquinas se tienen que complementar.

A principios de los 60, Engelbart, al considerar la desproporción entre las herramientas y sus interfaces, en relación con las computadoras, pone guías para la creación de la PC.

Es en esta época que el Departamento de Defensa de los Estados Unidos crea el *SAGE* (*Semi-Automatic Ground Environment -Ambiente de Tierra Semi-Automático-*), cuyos operadores fueron los primeros en utilizar computadoras y ver sus datos en pantallas de televisión en la forma en que Engelbart había visualizado. Estos operadores llegaban incluso a utilizar lápices ópticos para manipular información en sus pantallas.

El trabajo de Engelbart y Licklider llevó a la definición de la *amplificación de la inteligencia*, el cual describe la forma en la cual humanos y computadoras se deben complementar para obtener mayor rendimiento en varias tareas. Es decir, tomar las características que son mejor desempeñadas por humanos y por computadoras y fusionarlas. Esto lo describiremos más adelante.

Hacia 1958, la Philco Corporation desarrolla un sistema de *telepresencia*, que consistía en colocar un tubo de rayos catódicos sobre la cabeza de un individuo y por dicho tubo se reproducía la imagen captada por una cámara remota.

En el año de 1960 se da la presentación del sistema *Sensorama* de Morton Heilig, que era un sistema para representar imágenes y proporcionar al espectador alguna retroalimentación multisensoria; se podían ver, oír, y sentir algunas experiencias pregrabadas.

Heilig era un cineasta que a mediados de los años 50 llegó a México y estuvo en estrecho contacto con el artista David Alfaro Siqueiros. Heilig tenía una visión de lo que debía ser el cine del futuro, conceptualizándolo como un "un teatro de experiencias" en el cual, aparte de ampliar el campo visual de la pantalla, se trataría de reproducir pistas para algunos otros sentidos, por ejemplo el olfato y el tacto. En enero de 1955, en la revista mexicana *Espacios* (publicada por gente del círculo de Siqueiros), Heilig publica un artículo en el cual describe su visión sobre el cine del futuro. Incluso llegó a obtener financiamiento del gobierno mexicano a través de la Secretaría de Educación Pública para la construcción de un teatro de este tipo pero el financiamiento cesó de repente al morir en un accidente el funcionario que lo apoyaba.

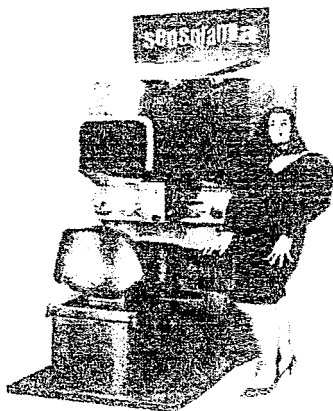


Ilustración 1 : El sensorama de Morton Heilig

De regreso a los Estados Unidos, Heilig construye su sensorama, el cual era un dispositivo tipo arcade en donde se reproducía una película estereoscópica de un paseo por Nueva York, incluyendo sonidos, olores y movimientos que simulaban el ir montado sobre una motocicleta. El sensorama no tuvo mucho éxito, pues era un dispositivo muy delicado y caro para el tipo de exhibición al cual iba orientado. En la actualidad todavía existen tres modelos del sensorama casi completamente funcionales.

El concepto de Heilig era muy bueno y se considera como un antecedente importante para los sistemas de RV, pero carecía de algo que es importante en la RV y que se estudiará más adelante: interacción. El sensorama proporcionaba paseos pregrabados, sin variación o alternativas que se pudieran explorar en el paseo. Para tener el elemento de interacción, Heilig

hubiera necesitado una computadora. Otra aportación importante de Heilig es la construcción de un *HMD (Head Mounted Display - Visor Montado en la Cabeza)* años antes de que Ivan Sutherland presentara el suyo.

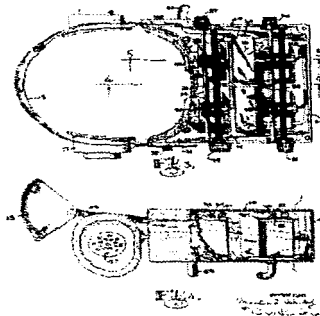


Ilustración 2: El HMD de Heilig

A finales de los sesenta, Iván Sutherland (uno de los fundadores de la más prestigiosa compañía fabricante de sistemas de simulación de vuelo, tanto de uso civil como militar), desarrolla e impulsa sistemas de representación de imágenes a través de un casco fijado sobre la cabeza (le nombró "*la espada de Damocles*"). El casco permitía visualizar gráficos generados por computadora (un cubo tridimensional flotando). La "*espada*" sensaba la posición de la cabeza y su orientación a través de un brazo articulado. Previamente, en 1965, el mismo Sutherland había propuesto un artefacto llamado "*Ultimate Display*": un monitor conectado a una computadora que permitía visualizar conceptos no realizables en el mundo físico.

Engelbart nombra a su laboratorio en el *SRI (Stanford Research Institute)* como *ARC (Augmentation Research Center)*. Ahí se desarrollan los conceptos de *procesador de texto*, *ratón (mouse)* e *hipertexto*, durante los años 60s.

En 1965, Sutherland dio un discurso ante un congreso de la *IFIP (International Federation of Information Processing -Federación Internacional de Procesamiento de Información-)*, en donde estableció que se debían desarrollar la graficación por computadora y que de la misma forma se debían desarrollar representaciones por computadora de la otra información sensorial que podemos recibir: audio, tacto, etc., para formar un mundo virtual en el cual todo se viera, sintiera y oyera tanto como en el mundo real.

En 1968, Engelbart hace una demostración del tipo de interfaces desarrolladas en el ARC durante el *Fall Joint Computer Conference*. Engelbart se convierte de esta suerte en el primer *infonauta*.

Engelbart, Licklider y Sutherland son consideradas las personas que cambiaron el curso del desarrollo de la tecnología de computación hacia la *interfaz de computadora centrada en humanos (human-centered computer interface)*

En 1970 se crea el *PARC (Palo Alto Research Center)* de la Xerox Corporation. Ahí trabajaba Alan Kay, considerado uno de los arquitectos de la moderna PC. Kay es alguien interesado en las teorías de Piaget y Brunner, los cuales consideraban que la forma en como aprendemos es a través de la exploración; la mente humana es un científico que se vale de los sentidos como instrumentos, siendo el mundo el experimento. En el PARC se desarrollan aún más las ideas sobre interfaces que Engelbart y su equipo desarrollaron en el ARC anteriormente. Estas ideas son retomadas años después por Steve Jobs, uno de los fundadores de la compañía Apple Computing, y las incorpora en los modelos MacIntosh alrededor del año de 1984.

En 1971, Frederick Brooks, de la Universidad de Carolina del Norte, desarrolla al sistema *Grope-II*, el cual era un prototipo de un sistema de retroalimentación de fuerza.

En 1975, Myron Krueger muestra su sistema *Videoplace*, el cual permite a los participantes interactuar entre sí en un espacio bidimensional. Krueger es el que acuña el término *Realidad Artificial* para designar ambientes recreados por computadora.

En estos simuladores la capacidad de inmersión en el sistema estaba muy limitada por los recursos técnicos, lo que provocaba que el usuario del simulador no tuviera una sensación de la realidad total. La interacción en estos mismos sistemas era, también, limitado y supeditado en gran medida a supervisión humana.

Hacia 1978, Scott Fisher comenzó a trabajar en el laboratorio *Arc-Mach* del MIT y empieza a trabajar sobre estereografía, paralaje, navegación y sentido de posición.

Hacia 1982, Thomas Furness III presenta su *VCASS (Visually Coupled Airborne Systems Simulator -Simulador de Sistemas Aéreos Acoplados Visualmente-)*, el cual era un HMD de 6 grados de libertad que aísla completamente al usuario del mundo exterior.

Entre finales de los setenta y principios de los ochenta surge una corriente dentro de la literatura de ciencia ficción que se denomina *cyberpunk*. Uno de los máximos exponentes de esta corriente es William Gibson, quien en su novela "Neuromancer" (1984), propone el concepto de *ciberspacio*. El ciberespacio no es más que una RV o conjunto de realidades virtuales dentro de una red global de computadoras; los personajes de Gibson navegan en los caminos de información e interactúan con ella. A consecuencia de la aparición de esta obra, se empiezan a formalizar algunos conceptos y comienza la proposición de diversos caminos para desarrollar ambientes de RV.

### 2.2.3. Computadoras y la convergencia de tecnologías

Se puede decir que la misma fuerza que impulsa al desarrollo de la RV se deriva del mismo que motivó la creación de las computadoras. En palabras de Tom Hayward, "... la fuerza de la comunicación (*communication force*), es la motivación que todos los humanos sociables

comparten: El deseo de escuchar y ser escuchados; el anhelo de comprender y ser comprendidos; el deseo de transmitir clara, precisa información y significado”.

Según Howard Rheingold, las fuerzas motoras más importantes detrás de los cambios tecnológicos actuales son las *tecnologías habilitantes* y la *convergencia científico-tecnológica*.

La tecnología habilitante es la que hace posible la existencia de otra tecnología. Este fenómeno es muy típico de esta época, en la cual no sólo la tecnología se desarrolla a partir de otra, sino también la ciencia misma. Por ejemplo, el desarrollo de las computadoras ha hecho posible hacer avances en matemáticas, como en el caso de las matemáticas fractales. El mismo desarrollo de las computadoras y la computación se consideran como tecnologías habilitantes para la RV.

La convergencia de tecnologías o convergencia científico-tecnológica está también relacionada con el concepto de tecnologías habilitantes, pero se puede ver como algo más casual. En el ejemplo anterior, el de las computadoras y las matemáticas, las computadoras habilitan el desarrollo de otras áreas de las matemáticas que antes no eran posibles por la gran cantidad de cálculos y operaciones que se requerían. Esta necesidad de acelerar los cálculos provoca que haya investigaciones e inversiones para desarrollar dispositivos que ayuden en estas tareas, entonces se ve que la una desarrolla a la otra a propósito para, a su vez, desarrollarse. No es el caso siempre. A veces el desarrollo de ideas en campos distintos y con completa independencia tienden a encontrarse en algún momento histórico y este encuentro, esta convergencia, habilita la posibilidad para el desarrollo de nuevas tecnologías o áreas en la ciencia.

El caso de la computadora personal es un ejemplo sobre la convergencia de tecnologías. La tecnología del video y la de construcción de computadoras llegan al momento histórico en que requieren la miniaturización de sus componentes. La tecnología habilitante en ese momento es la microelectrónica. Esta reducción del tamaño (y a su vez de precio) de los componentes de

video y hardware de computadoras coincide con el momento histórico en el cual a algunos científicos estaban conceptualizando lo que después se llamarían computadoras personales.

La RV presenta también varios casos de tecnologías habilitantes y convergencia. El desarrollo de computadoras personales, tecnología de video (miniaturización de la electrónica) converge con la simulación por computadora y graficación por computadora. Esto a su vez converge con el deseo de construir interfaces humano-computadora que usando la percepción humana faciliten la comunicación.

Se puede considerar a la Universidad de Carolina del Norte en Chapel Hill como el lugar en donde la RV nació, hace ya más de 20 años, y de donde mucha de la tecnología que se utiliza en ella ha salido, como es el caso de los HMDs, arquitecturas de máquinas de realidad, gráficas por computadora en 3D y sensores de posición. O sea, un buen número de las tecnologías habilitantes para la RV han salido del mismo sitio.

Es en esta universidad en donde la mayor parte de estos proyectos han sido supervisados por el Dr. Frederick Brooks. El Dr. Brooks en cuanto a los desarrollos que se han hecho en proyectos de RV (y en otras áreas de la computación), prefiere un enfoque que él llama "orientado al problema", que en sí significa tomar un problema específico, estudiarlo y dar la posible solución o soluciones, de encontrarse éstas. Este es un enfoque opuesto en muchos aspectos al que se sigue en otras instituciones, en las cuales lo que se pretende es desarrollar la tecnología y después buscar su aplicación en problemas específicos.

#### 2.2.4. La NASA

Las primeras instituciones que se dedicaron a trabajar en serio sobre RV, fueron la NASA y el ejército americano. La NASA empezó sus trabajos orientados sobre *telepresencia*, para el control de robots exploradores en otros planetas sin arriesgar tripulaciones humanas.



El ejército, como siempre, fue más ambicioso y financió (y hasta la fecha lo sigue haciendo) proyectos de RV que implicaran la *inmersión total* de soldados en entrenamiento y tratar, de esta forma, de potenciar más sus capacidades en situaciones o escenarios de alto riesgo y, por lo tanto, mucho más económicamente prohibitivos de realizar en un simulacro convencional.

Volviendo con la NASA, Michel McGreevy del Centro Ames, en 1984, construye un HMD barato con piezas de otros equipos. Lo nombra *VIVED (Virtual Visual Environment Display -Pantalla de Ambiente Virtual Visual-)*. Un año después se integra al proyecto Scott Fisher continuando el desarrollo del VIVED, el que posteriormente evoluciona hacia el *VIEW (Virtual Interface Environment Workstation -Estación de Trabajo de Ambiente de Interfaz Virtual-)*. El VIEW es un ambiente de interfaz multipropósito con un HMD y controlado por la posición, voz y gestos del usuario.



Ilustración 3: VIVED

La NASA tiene dos grandes méritos: primero, demostrar que las tecnologías habilitantes para el desarrollo de la RV pueden obtenerse a bajo costo. La obtención de “tecnología de cochera” (*garage technology*) es lo que permite la creación de un importante número de empresas dedicadas a la RV a principios de los 90; segundo, dar a conocer al gran público lo que es la RV.

### 2.2.5. RV hoy en día y RV comercial

En 1985 se funda VPL Research, Inc. y su primer producto, el *Data Glove* alcanza un éxito inmediato en los círculos en donde se desarrolla investigación sobre RV. El *Data Glove* es un dispositivo, un guante, que mide el grado de flexión de las articulaciones de cada dedo, junto con otro dispositivo que sensa la posición espacial de la mano que usa el guante con respecto a algún punto de referencia. Su creador Jaron Lanier previamente había trabajado en el *ARL (Atari Research Laboratory)*.

Hacia el final de los ochenta, la Universidad de Carolina del Norte desarrolla sus propios HMDs, un sistema de seguimiento óptico y una máquina de 250,000 procesadores paralelos. Asimismo, desarrollan muchas aplicaciones usando tecnología de RV.

En el año de 1988, VPL presenta su primer HMD comercial: el *Eyephone*.

Este mismo año, Abrams-Gentile Entertainment contrata a VPL y a Mattel para desarrollar una interfaz tipo guante para los videojuegos Nintendo. El resultado fue una versión mucho más económica del *Data Glove* conocida como *PowerGlove*. A diferencia del *Data Glove* que utiliza fibra óptica, el *PowerGlove* contiene en los forros de los dedos bolsas con tinta conductora eléctrica. El *PowerGlove* no tuvo el éxito comercial esperado y se dejó de fabricar. Posteriormente fue retomado por gente que buscaba alternativas baratas a los guantes de fibra óptica o de exoesqueleto para configurar sus propios sistemas de RV.

La compañía Autodesk (la misma que desarrolla el programa de AutoCAD y otros de visualización) presenta, en el año de 1989, su primer sistema de RV basado en una PC, bajo una iniciativa de su fundador, John Walker, de tratar de llevar a bajo precio el *ciberespacio* a todo mundo.

Ese mismo año, la Universidad de Washington funda su *Human Interface Technology Laboratory (Laboratorio de Tecnología de Interfaz Humana)*, dirigida por Thomas Furness

III. El laboratorio es fundado para “establecer una base de conocimiento nacional respecto a la ergonomía, tecnología y aplicación de las interfaces virtuales”.

En el mismo 1989 se funda la compañía Fake Space Labs y se dedican a comercializar un nuevo dispositivo de RV: el *Boom*. El Boom es una pantalla estereoscópica dentro de una caja, suspendida de un brazo mecánico que sensa la posición y orientación de ésta. El usuario manipula la caja con dos manijas para explotar el mundo virtual.

En los inicios de los noventa, las aplicaciones potenciales se empiezan a explotar, si bien las limitaciones de la tecnología y su costo no permiten una difusión más amplia de la RV. Es a últimas fechas que surgen movimientos para desarrollar sistemas caseros de RV que, aunque no con la calidad de los sistemas de los centros de investigación, sí permiten a los usuarios caseros explorar sus posibilidades.

Es en los noventa cuando el gran público empieza a adquirir un interés creciente hacia los sistemas RV, interés motivado en gran medida por la explotación del tema en películas y novelas de ciencia ficción.

En 1992, el Electric Visualization Laboratory desarrolla al *CAVE (la cueva)*, el cual es un sistema de RV basado en una pantalla circundante de proyección.

En el mismo año de 1992, durante las olimpiadas de Barcelona, la filial española de Silicon Graphics monta un espectáculo de RV llamado las *olimpiadas virtuales*. En dicho espectáculo, el público puede participar en eventos como *ski virtual* o vuelos en mundos virtuales.

En 1994, la compañía fabricante de juegos de video, SEGA, promete la disponibilidad de sistemas caseros de RV para entretenimiento en un lapso de dos años.

Ya casi para terminar esta parte de los antecedentes, podemos observar la evolución de las computadoras en términos de sus interfaces y veremos que de esta manera llegaremos de una forma muy natural a lo que es la RV, según lo describe John Walker.

La primera generación de computadoras, años 40, son aquellas cuya interfaz es la de un tablero (*plug-board*) en el cual había que alambrear los programas y los datos.

La segunda generación, años 50s, es la de computadoras en las cuales los programas y datos se introducían mediante tarjetas perforadas.

Como vemos, estas dos primeras generaciones, en términos de su interfaz, eran muy complicadas y requerían la intervención de expertos en su uso.

La tercera generación, años 60s, es la de las computadoras con monitor y teclado. Hay una mayor facilidad para interactuar con la computadora, pero todavía se requiere que sean expertos los que interactúen con ella, pues es necesario el uso de comandos complicados.

La cuarta generación, años 70s, se incorporan a las interfaces los menús para seleccionar comandos. Esto permite que personas no muy instruidas en computación puedan manejarlas.

La quinta generación, años 80s a la fecha, es la del uso del ratón, de interfaces de tipo gráfico, hipertexto, representaciones icónicas de la información y una manipulación más directa de ésta. Ahora, prácticamente cualquier persona sin mucha experiencia puede empezar a interactuar con una computadora, aunque se requiere de cierto conocimiento para ejecutar operaciones ciertamente complicadas sobre la información.

La siguiente generación sería la eliminación del *paradigma de la máquina de escritorio* y empezar a interactuar con más soltura con la información, utilizando gestos u órdenes verbales.

De acuerdo con esto, se puede observar que la evolución entre generaciones de computadoras es la eliminación de las barreras que imponía la generación anterior. Siendo así, la siguiente barrera a eliminar será la de la pantalla; eliminar por completo ésta (o por lo menos la percepción de ésta) y situar, *sumergir* al usuario en un ambiente en donde manipule los datos sin necesidad de teclados o el ratón. Que sólo le baste con apuntar a un dato para poderlo visualizar; dictar en lugar de escribir, etc.

El abaratamiento de la tecnología y su disponibilidad harán posible el acceso a sistemas de RV dentro de los siguientes 6 años, en el hogar, la escuela, la sala de operaciones y otros espacios más. Pero del futuro de la RV hablaremos más adelante.

### 2.3. Cibernética y RV

Norbert Wiener (1894-1964), uno de los fundadores de la ciencia de la cibernética, en su libro "Cibernética y Sociedad"<sup>1</sup>, propone la tesis de que "...sólo puede entenderse a la sociedad mediante el estudio de los mensajes y de las facilidades de comunicación de que ella dispone y, además, que, en el futuro, desempeñarán un papel cada vez más preponderante los mensajes cursados entre hombres y máquinas, entre máquinas y hombres y entre máquina y máquina"<sup>2</sup>

Recordando lo visto en el inciso anterior, la evolución de las interfaces de computadora que hemos experimentado y que ahora nos ha llevado hasta la RV es el mejoramiento de la forma de comunicación entre el hombre y la computadora.

"...Es propósito de la cibernética desarrollar una lengua y unas técnicas que nos permitan, no sólo encarar los problemas más generales de comunicación y regulación, sino además establecer un repertorio adecuado de ideas y métodos para clasificar sus manifestaciones particulares por conceptos."<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Norbert Wiener, "The Human Use of Human Beings. Cybernetics and Society". En la edición al español "Cibernética y Sociedad", Editorial Sudamericana, Colección Índice, 1969.

<sup>2</sup> *Ibidem*, pág. 16

<sup>3</sup> *Ibidem*, pág. 16

Los mensajes que el hombre recibe y envía a la computadora se realizan en un nivel de abstracción parecido al que las personas utilizan en la vida cotidiana, mediante imágenes, sonidos y un contexto de ambiente.

“Damos el nombre de información al contenido de lo que es objeto de intercambio con el mundo externo, mientras nos ajustamos a él y hacemos que se acomode a nosotros. El proceso de recibir y utilizar informaciones consiste en ajustarnos a las contingencias de nuestro medio y de vivir de manera efectiva dentro de él. Las necesidades y la complejidad de la vida moderna plantean a este fenómeno del intercambio de informaciones demandas más intensas que en cualquier otra época;...” “Vivir de manera efectiva significa poseer la información adecuada. Así, pues, la comunicación y la regulación constituyen la esencia de la vida interior del hombre, tanto de su vida social”<sup>4</sup>

Si este intercambio de información que recibimos de la computadora se hace de forma similar a como lo hacemos con el mundo externo, entonces el ajuste que debemos de realizar con la computadora y la computadora con nosotros se reduce a algo mínimo, por lo cual podemos sacar más provecho de forma más rápida que con enfoques tradicionales, obteniendo la información adecuada.

“Por su naturaleza, los mensajes son una forma y una organización. Efectivamente es posible considerar que en su conjunto tiene una entropía como la que tienen los conjuntos de los estados particulares del universo exterior. Así, como la entropía es una medida de desorganización, la información, que suministra un conjunto de mensajes, es una medida de organización. De hecho puede estimarse la información que aporta uno de ellos [un mensaje] como el negativo de su entropía y como el logaritmo negativo de su probabilidad. Es decir, cuanto más probable es el mensaje, menos información contiene. Por ejemplo, un clisé proporciona menos información que un gran poema”<sup>5</sup>

<sup>4</sup> *Ibidem*, pág. 17

<sup>5</sup> *Ibidem*, pág. 21

En este libro, Wiener idéntifica 3 niveles en toda red de comunicaciones:

- fonético
- semántico
- comportamiento

“El deseo de convertir la cibernética de la semántica en una disciplina para regular la pérdida de sentido en el lenguaje ha conducido ya a ciertos problemas. Parece necesario establecer alguna distinción entre la información tomada en bruto y francamente y la otra (*sic*), y esa otra información conforme a la cual los seres humanos, o *mutatis mutandis* las máquinas, pueden actuar efectivamente. En mi opinión, la diferencia capital y la dificultad proviene de que lo importante para la acción no es la cantidad de información, sino la proporción de ella que puede penetrar en un aparato de comunicación y acumulación en forma que sirva de estímulo a la actividad.

Ya he dicho que cualquier transmisión o manejo de los mensajes disminuye la cantidad de información que contienen, a menos que se agregen otras, sea mediante nuevas sensaciones o recuerdos que habían quedado excluidos previamente del sistema informativo.”<sup>6</sup>

La RV puede reducir la entropía de la información mientras sea capaz de representar las ideas y hechos como si se adquirieran de primera mano, incorporando cierta “redundancia” en los mensajes al utilizar diversos canales de transmisión (todos y cada uno de nuestros sentidos), utilizando la mayor capacidad de nuestra percepción sensorial.

“...La información semánticamente significativa, en la máquina o en el ser humano, es la que llega a un mecanismo activante del sistema que la recibe, a pesar de las tentativas del hombre, de la naturaleza o de ambos para vicarla. Desde el punto de vista de la cibernética, la semántica define la cantidad de significado y regula su pérdida en los sistemas de comunicaciones”<sup>7</sup>

<sup>6</sup> *Ibidem*, pág. 86

<sup>7</sup> *Ibidem*, pág. 87

La semántica en un sistema de RV quedaria definida por el conjunto de gestos, sonidos, órdenes e información visual, con un significado concreto y/o contextual, que el usuario proporcione al ambiente y que a su vez el ambiente sea capaz de proporcionar al usuario.



## Capítulo III: Conceptos sobre RV

### 3. ¿Qué es RV?

#### 3.1. Definición

La RV puede ser definida de muchas formas. Por ejemplo, Howard Rheingold en su libro *Virtual Reality*, el cual fue uno de los primeros *bestsellers* que empezaron a difundir al gran público lo que es la RV, dice: "RV es también un simulador, pero en lugar de mirar a una pantalla plana, bidimensional y operar un *joystick*, la persona que experimenta RV está rodeada por una representación tridimensional generada por computadora, y es capaz de moverse alrededor en el mundo virtual y verlo desde diferentes ángulos, alcanzar dentro de él, agarrarlo, y reformarlo."

La RV es la de reproducción de forma artificial de un ambiente como en el que cotidianamente nos desenvolvemos, pero con una diferencia muy sustancial: ese ambiente artificial no existe en un sentido físico. Es sólo la reproducción, usando una computadora (o varias) y distintos dispositivos (llamados efectores) que engañan a nuestra percepción y nos *sumergen* en ese ambiente artificial. Claro está, el grado de esta inmersión se corresponde también a una buena dosis de ingenio y creatividad en el diseño y la implementación de estos ambientes artificiales, también conocidos como *ambientes virtuales* o *realidad virtual*.

La RV se basa en la estimulación de nuestros sentidos y en la generación de respuestas a través de una computadora a las acciones humanas.

##### 3.1.1. Conceptos básicos

Al analizar lo que los humanos hacemos en este mundo, la forma en como actuamos, se logran identificar cuatro áreas o conjuntos de acciones básicas para simulaciones de la realidad:

1. - Punto de vista (viewpoint)
2. - Navegación (navigation)
3. - Manipulación (manipulation)
4. - Inmersión (immersion).

El punto de vista es el punto desde el cual se ve la escena. La navegación es la habilidad para mover el punto de vista alrededor. Manipulación es la habilidad para actuar sobre objetos en la vecindad. Inmersión es la condición de estar dentro del mundo.

### **3.1.2. Punto de vista**

Hay dos cosas que definen el punto de vista. La primera es la ubicación espacial del punto de vista, es decir, sus coordenadas espaciales, y, el segundo, la orientación del punto de vista, la dirección hacia la cual se está viendo.

El punto de vista define, al menos visualmente, el cómo percibimos una escena. Al cambiar sus coordenadas espaciales y su dirección, cambia la forma en cómo vemos la escena y los objetos ubicados en ella.

La computadora, en un ambiente de RV, debe ser capaz de ubicar nuestro punto de vista en todo momento para poder responder en función de ello.

Asimismo, nosotros debemos de ser capaces de cambiar nuestro punto de vista según se requiera o antoje. Para hacer estos cambios de punto de vista disponemos de diferentes dispositivos, de los cuales hablaremos más adelante.

La analogía que podemos utilizar en este caso es la de una escena en alguna película de cine. El espectador tiene el punto de vista que el director de la película ha escogido para que nosotros veamos la escena. Si para esa misma escena se cambia el punto de vista, el espectador

percibirá la acción y los objetos de la escena en una forma sutilmente diferente. La diferencia entre cine y RV es que el espectador en el cine nunca podrá cambiar el punto de vista a placer.

La TV o una foto también nos proporciona un punto de vista "casi como la realidad", pero no los llamamos realidad virtual pues no disponemos de la capacidad de cambiar este punto de vista de acuerdo a nuestra propia voluntad, a lo sumo, en el caso de la TV, ese cambio depende de la voluntad de un director de cámaras.

El mero hecho de poder hacer este cambio de punto de vista se le conoce como navegación

### 3.1.3. Navegación

La navegación se puede definir como la capacidad de mover el punto de vista.

Tom Hayward dice: "Nos comunicamos más eficientemente si podemos mover la posición y la orientación de nuestros puntos de vista"<sup>1</sup>.

Esto implica la capacidad de la computadora para "representar" la escena y sus objetos de acuerdo a los cambios de punto de vista que le vayamos presentando.

"Moviéndose alrededor en las imágenes es casi siempre llamado 'walk-through' (caminar a través) si se sigue un camino determinado. Todos los objetos creados juntos son un continuo (continuum) y son referidos como un 'mundo' o 'ambiente' ".<sup>2</sup>

"Los primeros simuladores de vuelo proveyeron muchas de las características de navegación y capacidades de imágenes en 3D por computadora que los desarrolladores de RV después expandieron".<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Tom Hayward, "Adventures in Virtual Reality", pág. 15

<sup>2</sup> *Ibidem*, pág. 16

<sup>3</sup> *Ibidem*, pág. 73

### 3.1.4. Manipulación (selección, interacción, comandos)

Es el tercer concepto básico de la RV y es el que realmente separa a la RV de otros medios de comunicación de ideas.

Se puede establecer una comunicación mucho más eficiente cuando podemos manipular los objetos a nuestro alrededor.

Para entender esto, podemos recurrir a la descripción de cómo era, posiblemente, el proceso de comunicación del conocimiento en la prehistoria.

En la prehistoria, cuando el lenguaje era posiblemente muy rudimentario y no tan rico en cuando a su posibilidad de comunicar conceptos muy complejos, el conocimiento sobre el cómo se fabricaban herramientas, un hacha de pedernal, por ejemplo, se tenía que hacer de forma visual y manipulativa. Desde el escoger el pedernal adecuado, hasta cómo se debía de golpear ese pedernal para darle la forma adecuada, hasta que finalmente se montaba en un mango de madera. No podían decirse: "Escoge una piedra de estas características. Golpéala en ciertos puntos y después la amarras de tal forma en este mango de madera". No, el proceso se tenía que hacer mostrando cómo se trabajaba la piedra.

En la actualidad, todavía existen muchas actividades que se comprenden mejor mediante el experimento o la manipulación con los objetos. Por eso, en la RV, es fundamental para la comunicación de ideas que podamos manipular estas ideas u objetos.

Para la manipulación de objetos en ambientes de RV existe también una amplia variedad de dispositivos sobre los que hablaremos más tarde.

La manipulación se puede dividir en tres categorías:

- Selección
- Interacción
- Comandos

En la selección se considera nuestra capacidad de seleccionar determinado objeto del ambiente de RV.

En la interacción se considera la capacidad que tenemos para actuar sobre el objeto, ejecutar acciones sobre él.

En los comandos se nos proporciona la gama de acciones con las que vamos a interactuar con el objeto seleccionado.

### 3.1.5. Inmersión

"(La) inmersión es la quintaesencia de la RV"... "Para experimentar lo que pudiera ser llamada 'verdadera' RV requiere de todos y cada uno de los 4 conceptos básicos, pero el sentimiento de estar 'dentro' de la 'escena', o inmersión, es el que consigue la mayor atención popular. La inmersión es a veces pensada casi como un equivalente al concepto de RV, porque la inmersión es fundamental en nuestra existencia".<sup>4</sup>

La inmersión en sí es intentar engañar a nuestros sentidos, principalmente a la vista, para proporcionar la ilusión, la sensación de estar "realmente" en el ambiente artificial.

Hayward indica que para esta etapa de desarrollo de la RV, el canal de comunicación más impactado es el que está entre el usuario humano y la computadora. Esto, según explica, es porque las interfaces no son lo suficientemente adecuadas al usuario. Casi siempre, en el desarrollo de los dispositivos de entrada/salida, lo que se ha hecho es que el usuario humano se adapte al dispositivo, y no al revés. Esto puede quitar parte de la sensación de inmersión, pero

---

<sup>4</sup> Ibidem, pág. 18

como indican otros investigadores en el área, el ambiente de la RV y el cómo interactúa con el usuario es muchas veces más significativo que el dispositivo de entrada/salida, llegando incluso a señalar que no son necesarios sistemas de inmersión completa.

Para reforzar esto último, se suele señalar la forma en la cual cualquier juego de video llega a dar sensaciones de inmersión muy poderosas, independientemente del dispositivo de entrada/salida que se utilice.

La inmersión, en sí, es más bien lograr un estado mental adecuado en el cual se logra focalizar completa o casi completamente la atención del usuario en el ambiente de RV.

### **3.2. Metas de la RV**

Se pueden distinguir varias metas que se proponen lograr a través de la RV y, de entre ellas, Tom Hayward dice: "Crear mejores formas de comunicarse".

Esta meta, aunque sencilla en apariencia, es sólo una gran síntesis de muchas horas de trabajo en varias disciplinas, y que, como veremos, pueden presentarse bajo muchas facetas.

El mismo Tom Hayward dice: "Y el propósito de la RV es para mejorar la efectividad de todas las formas de comunicación: con la computadora, con nosotros mismos, con otros seres".

"El mayor significado de la frase 'Realidad Virtual' está dado por el poder del concepto, y el concepto no está totalmente logrado a la fecha". Con esto, Hayward pretende indicar que la meta no se ha alcanzado todavía, falta mucho trabajo por hacer para lograrla y hasta cabe la posibilidad de que nunca se logre.

Habíamos hablado anteriormente de un concepto de la cibernética muy importante: la entropía de la información. Basándonos en esto, la RV puede reducir la medida de la entropía en un mensaje dado al proporcionar los medios suficientes para lograr una "sincronización mental".

Cuando hablamos de sincronización mental, lo que tratamos de decir es eliminar todos los agentes externos que resten prioridad o atención sobre la información que el mensaje está tratando de proporcionar, por lo tanto, se reduce la degeneración de los mensajes.

Otra meta que identifican otras personas es la de utilizar a la RV como el vehículo adecuado para lograr la "amplificación de la inteligencia" (intelligence amplification o IA) en el ser humano. Esta meta se pretende lograr mediante la combinación de las habilidades del ser humano y de la computadora en las cuales sean respectivamente mejores que el otro. Se identifica a estas habilidades como sigue:

El humano es más hábil para:

- Reconocimiento de patrones.
- Evaluaciones.
- Tener un sentido del contexto.

La computadora es más hábil para:

- Evaluación de cómputos.
- Almacenamiento masivo de datos.
- Recordar sin olvidar.

Así, de esta forma, al combinar estas habilidades, se puede lograr una simbiosis cuyo resultado serán seres humanos con habilidades mentales mucho más desarrolladas. La mayoría de los investigadores en el campo de la RV parecen guiarse bajo esta filosofía.

Como consecuencia directa de esta meta, también se pretende utilizar a la RV como la interface con el mundo externo para la gente con incapacidades físicas.

La forma en que la RV pretende alcanzar su meta es a través de simular la forma en cómo percibimos el mundo, la forma en cómo lo manipulamos y la forma en la que somos parte del mundo.

### 3.3. Multimedia y RV

Se discute mucho la diferencia entre RV y multimedia. Es pertinente aclarar que RV y multimedia son dos cosas distintas. Ambos se valen del mismo equipo, pero con fines diferentes. Mientras que multimedia se basa en la integración de distintos medios de transmisión de información para proporcionar ésta por tantos canales como sea posible, cosa que también hace la RV, en la RV es importante que la simulación sea en tiempo real para no provocar desfases entre lo que perciben nuestros sentidos y lo que interpreta el cerebro. Esto se conoce como *mareo de simulación (simulation sickness)*.

En la RV se debe de lograr un grado de inmersión mayor de lo que se pretende con multimedia. En RV se debe de tener un grado de interacción muy grande, que si bien algunos sistemas multimedia proporcionan esa interacción, la mayoría de las veces lo que se tiene es una secuencia predeterminada de pasos a seguir para llegar a algún lado en la información que se persigue. La RV debe tener un mayor grado de libertad para navegar los ambientes de lo que los sistemas multimedia permiten.

También, no es lo mismo la representación virtual de un objeto a que ese objeto y su uso represente RV. En la mayoría de los ambientes gráficos tenemos representaciones de botones que al "presionarlos" con el ratón realizan alguna acción. Esa es la representación virtual de un botón, pero el mero hecho de utilizar una representación virtual de un objeto no significa que estemos utilizando RV, estamos simulando el uso de un botón porque este es un paradigma muy familiar para mucha gente. Para decir que estamos usando RV necesitamos varias cosas, entre ellas, el uso de representaciones virtuales de objetos, una amplia libertad de navegación en el ambiente y manipulación de objetos del ambiente y, por último, la sensación de inmersión, o sea, sentir que estamos ahí.



Más que los sistemas multimedia, considero, en mi muy personal opinión, que son muchos videojuegos los que se acercan mucho a esta meta de la RV, la de la inmersión. Ejemplo típico son aquellos juegos de rol, como el Doom, que han causado un furor inmenso entre el público. El juego permite una amplia libertad de navegación en el ambiente; los cambios de punto de vista son similares a los que tendríamos de estar físicamente en ese ambiente. Hay que explorar el ambiente para conseguir algunos objetos. La posibilidad de manipulación de los objetos es algo restringida, pero lo más importante es que la combinación de todos los demás elementos del juego producen una sensación de inmersión bastante grande y es un ejemplo de un juego que realmente no pide mucho en términos de hardware y efectos y no está pensado para ser un ambiente de RV pero comparte muchas características que debe de poseer un ambiente de RV.

### 3.4. Ramas de la RV

La RV ya ha derivado algunas ramas de estudio, entre las que encontramos a la *realidad virtual* o *inmersiva* o *intrusiva*, a la *realidad proyectada* o de *tanque de peces* o *no intrusiva*, la *realidad ampliada* o *superpuesta* y a la *telepresencia*. A raíz del surgimiento de la *tecnología de cochera* y por los intentos de lograr RV barata se puede considerar otra rama llamada *desktop VR* (*RV de escritorio*) o *window-on-world* (*Ventana al Mundo*), *WoW*. Esta rama, que se puede considerar dentro de la RV inmersiva, se refiere al hecho de que la pantalla de la computadora actúa como una ventana a través de la cual observamos el mundo virtual. El punto de vista que nos proporciona esa ventana puede ser cambiado, por lo tanto nos permite navegar. Ocasionalmente en los sistemas WoW se pueden manejar imágenes estereoscópicas utilizando imágenes polarizadas, o división (*splitting*) de la pantalla y separando por medio de una "capucha" (*hood*) la imagen del ojo derecho de la del izquierdo. Otra forma es haciendo un intercambio (*switching*) rápido de imágenes en la pantalla: en una fracción de segundo vemos la imagen del ojo izquierdo y al siguiente la del ojo derecho, sincronizando este intercambio con unos anteojos llamados *shutter glasses* (*anteojos de persiana*) que lo único que hacen es que cuando en la pantalla está la imagen izquierda bloquean la visión del ojo derecho y viceversa. El efecto final no

es perceptible por el cerebro y da la impresión de que la imagen es continua, tal cual pasa al ver TV o dibujos animados.

#### 3.4.1. Realidad Virtual

Esta es la rama de la RV que ha sido más promocionada debido a las películas, novelas y artículos periodísticos que en los últimos años se han puesto de moda.

Lo que se pretende en esta rama es lograr la inmersión de los usuarios mediante el uso de efectores que bloqueen totalmente la percepción que estos tengan del mundo real para concentrarlos en la percepción del ambiente virtual.

En general es el tipo de RV más cara, dependiendo del número de sentidos a los cuales se pretenda estimular, pero también es la que encuentra más usos, sobre todo en los aspectos de diseño y paseos virtuales.

Se llama intrusiva porque se basa en el uso de efectores que están directamente en contacto con el usuario y en general es un poco más complicado equiparse.

Pese a que no es totalmente intrusiva, la RV de escritorio (*desktop VR*) se considera dentro de esta categoría.

Ejemplos de este tipo de sistemas son los modernos simuladores de vuelo de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, simuladores de combate para soldados de infantería del Departamento de Defensa de ese país y algunos sistemas que la NASA ha ido desarrollando y mostrando desde mediados de los años 80.

### 3.4.2. Realidad Proyectada

La Realidad proyectada se basa en la idea de que no es necesario el uso de efectores intrusivos (o por lo menos no tantos como en la RV inmersiva), para lograr la inmersión del usuario. Estos sistemas consisten, por lo regular, de una habitación sobre la cual se proyectan en sus paredes las imágenes del ambiente virtual (por ello también se les conoce como ambientes de tanque de pez). Para ello se tienen situadas cámaras que van monitoreando los gestos y acciones del usuario y una computadora se encarga de interpretarlos y realizar acciones sobre el ambiente, basadas en la interpretación de dichos gestos.

El ambiente puede reconocer voz y si se utilizan efectores visuales del tipo de anteojos polarizados o *shutter glasses* (*anteojos de persiana*) es posible manejar imágenes estereoscópicas.

Como es algo caro tener a una computadora o serie de computadoras monitoreando los gestos y acciones del usuario, se hacen híbridos entre sistemas de RV intrusiva y no intrusiva para utilizar algunos efectores con propósitos de navegación y manipulación de objetos en el ambiente.

Entre los ejemplos que podemos encontrar de estos sistemas están los sistemas *mandala* que en algunas discotecas y centros nocturnos se pueden encontrar y un proyecto llamado *The CAVE -la Cueva-* (*CAVE Automatic Virtual Environment -Ambiente Automático Virtual Cueva-*) del *Electronic Visualization Laboratory (EVL)* de la Universidad de Illinois en Chicago, presentada en *SIGGRAPH '92* y en *Supercomputing '92*.

El precursor de este tipo de ambientes, Myron Krueger, prefiere llamarlos ambientes de *realidad artificial*.

### 3.4.3. Realidad Ampliada

La Realidad ampliada o superpuesta está siendo fuertemente desarrollada a últimas fechas. Estos sistemas consisten de ambientes en los que mezclamos la percepción que tenemos del mundo real junto con objetos virtuales. Estos ambientes se utilizan para complementar la información que estamos recibiendo de nuestro mundo con los análisis que la computadora nos proporciona en tiempo real.

Estos ambientes se están desarrollando principalmente para asistentes médicos, en donde el médico ve información sobre el paciente o el órgano que esté revisando u operando, superpuesta en el punto de vista exacto que tiene el médico y en aplicaciones de ingeniería de mantenimiento, en donde un mecánico o técnico requiere consultar la información sobre alguna pieza o subsistema del sistema que esté reparando o dando mantenimiento.

### 3.4.4. Telepresencia

Esta rama de la RV es la que más interés presenta actualmente a la gente dedicada a la robótica, la manufactura o a actividades con cierto riesgo a la integridad personal de los usuarios.

La idea es utilizar ambientes de RV donde los estímulos proporcionados por los efectores no son generados por una computadora, sino que se generan y transmiten desde un dispositivo robótico a distancia. Así pues, en el dispositivo robótico se puede montar una cámara de video estereoscópica que proporciona al usuario una perspectiva visual parecida a la que él tendría de estar en el lugar del robot. Se pueden poner algunos exoesqueletos que simulen las resistencias que el robot encuentre al moverse o manipular objetos. Se puede tener un brazo robótico que sea operado por el usuario mediante un guante o *joystick* de la misma forma que si el brazo robot fuera el suyo propio.

Algunos cuerpos de bomberos y policíacos utilizan telepresencia para determinar qué tan riesgosa es alguna situación como, por ejemplo, una fuga de gas o petróleo o una bomba dejada en algún lugar público.

La Marina de los Estados Unidos ha desarrollado un minisubmarino de telepresencia que puede llegar a lugares que ningún buzo puede por causa de las tremendas presiones que se experimentan a grandes profundidades o para desactivar minas submarinas. También desarrollaron un vehículo con una ametralladora montada por telepresencia.



Ilustración 1: Telepresencia

### 3.5. Niveles de RV

Para tener una escala de niveles de RV, primero hay que saber a cuáles y cuántos sentidos estamos estimulando. En una enumeración tradicional tendríamos a los 5 sentidos que todo mundo identifica:

1. Vista
2. Oído
3. Tacto
4. Olfato
5. Gusto

En una revisión de estos sentidos, en el Diaspar VR Network, se enumeraban los sentidos como sigue: <sup>5</sup>

<sup>5</sup> *Ibidem*, pág. 161

1. Vista
2. Oído
3. Tacto
4. Balance
5. Olfato
6. Gusto
7. Feromonal
8. Inmunológico

Esta lista la hicieron basados en pruebas científicas que hacen creer que existen órganos y redes neuronales dedicadas a los puntos 4, 7 y 8. Una opinión general hace aceptar sólo el 4 y descartar, por lo menos en los siguientes cinco o diez años, los 7 y 8.

Basados en esa lista de sentidos a estimular, el Diaspar VR Network creó la siguiente lista para medir niveles de RV:<sup>6</sup>

- V0 Realidad
- V1 Todos los ocho sentidos estimulados
- V2 Siete sentidos estimulados
- V3 Seis sentidos estimulados
- V4 Cinco sentidos estimulados
- V5 Cuatro sentidos estimulados
- V6 Tres sentidos estimulados
- V7 Dos sentidos estimulados
- V8 Un sentido estimulado
- V9 Ningún sentido estimulado

---

<sup>6</sup> Ibidem, pág. 162

El uso de una computadora en modo texto significa tener un sistema de RV de nivel V9, puesto que no se estimula a ningún sentido, pues el texto aunque se capta con la vista es sólo la codificación simbólica de la información. En sentido estricto para un sistema de RV, cuando la información visual que recibimos refleja de forma más o menos fiel lo que percibimos para ese sentido en la realidad, entonces sí se considera un estímulo a un sentido. Esto también es un indicador para diferenciar los Multimedia de la RV, puesto que en los Multimedia mucha de la información que se transmite es de naturaleza simbólica, aunque esto tampoco quiere decir que en la RV no vayamos a utilizar los recursos de la información codificada en forma simbólica.

Al nivel tecnológico actual, podemos calificar a la mayoría de los sistemas existentes dentro de un nivel V6 (vista, oído y tacto). Para alcanzar niveles superiores lo más probable es que tengamos que esperar alrededor de 10 años, dependiendo de los avances tecnológicos que se alcancen con otras tecnologías que habiliten el desarrollo de efectores más sofisticados, baratos y confiables.

Existe otra taxonomía para la RV propuesta por Zeltzer, asumiendo que cualquier sistema de RV tiene tres componentes:

1. Un conjunto de modelos/objetos o procesos
2. Medios para modificar los estados de estos modelos
3. Un rango de modalidades sensoriales que permiten al participante experimentar el ambiente virtual.

Se representan cada una de estas componentes dentro de un cubo unitario con vectores paralelos a sus ejes cartesianos y que se identifican con autonomía, interacción y presencia.

- Autonomía es la medida cualitativa de la cantidad de elementos que tienen un comportamiento propio y su capacidad de reaccionar a estímulos; si no hay reacción, la medida es cero y en caso de una autonomía total, la medida es uno.

- Interacción es el grado de acceso a los parámetros o variables de un objeto. Cero representa un control de las variables no en tiempo real, mientras que el uno se asigna a variables que se pueden manipular durante la ejecución en tiempo real.
- Presencia es la medida de la fidelidad de la entrada/salida sensorial que proporciona el sistema. Esto es altamente dependiente en las tareas del sistema.

La RV está situada en las coordenadas (1, 1, 1) -autonomía, interacción y presencia-; los antiguos sistemas de graficación están en el (0, 0, 0), puesto que son sistemas que corran no en tiempo real, sin interacción y en procesamiento por lotes. El punto (0, 1, 0) se puede alcanzar en la actualidad sin dificultades mientras que el (0, 1, 1) serían los sistemas de RV más sofisticados de hoy en día.

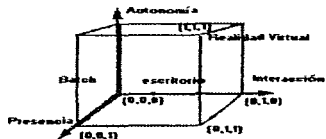


Ilustración 2: Representación gráfica de la taxonomía de Zeltzer



## Capítulo IV: Sistemas de RV

### 4.1. Componentes de un sistema de RV

Un sistema de RV se puede dividir en dos partes, sin considerar al participante. Estas partes son: la *máquina de realidad* y los *efectores*.

La máquina de realidad es todo el *hardware* y *software* que define y ayuda a crear el ambiente.

Los efectores son los elementos de hardware que están directamente asociados con el participante y son los que se encargan de proporcionar la simulación de la realidad, a la vez de que permiten, si es el caso, controlar el ambiente virtual. Dentro de los efectores podemos contar con el HMD, guante, force ball, transmisores de posición, audífonos, joysticks, etc.

En cuanto al software de la máquina de realidad se divide en dos elementos: la aplicación y la geometría.

La aplicación es el software que describe el contexto del ambiente, las leyes con las cuales se rige, la dinámica de éste y las reglas con las cuales el usuario va a interactuar con el ambiente.

La geometría es la información almacenada que describe los atributos de los objetos que forman parte de nuestro ambiente, como están asociados y su ubicación. La aplicación siempre consulta a la geometría para construir al ambiente y si hay algún cambio a los atributos o ubicación o asociación de objeto, en caso de permitirlo la aplicación, se debe de actualizar a la geometría.

Pasando ahora al hardware de la máquina de realidad, éste en sí consta de la computadora que orquesta las acciones de una serie de tarjetas gráficas, procesadores de sonido tridimensional y a sus fuentes de audio, y un número siempre variable de dispositivos de entrada/salida, dependiendo de la cantidad de efectores que tengamos a nuestra disposición.

Y precisamente, dependiendo del número de efectores del que dispongamos y de su naturaleza, por fuera de la computadora tendremos una serie de convertidores de señales para poder comunicar a la computadora con éstos. A las tarjetas gráficas podremos conectar convertidores de señal, dependiendo si nuestra salida visual va a ser a través de un HMD o de un monitor. Tendremos un rastreador de posición y orientación para comunicarnos con todos los sensores de posición y orientación que podemos tener conectados al HMD, al guante, incluso al joystick o a un mouse aéreo. Tendremos un control de entrada para el guante, etc.

Esquemáticamente un poco:

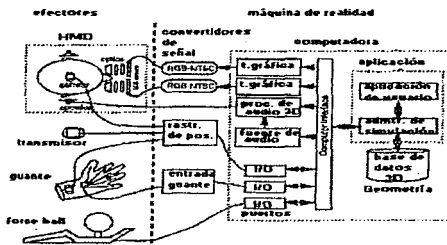


Ilustración 1: Esquema general de un sistema de RV

**Sistema de Realidad Virtual****Efectores**

- IMD
- Monitor
- Aurificones
- Sensores de posición y orientación
- Gusete
- Force ball
- Joystick
- Mouse
- ...

**Máquina de Realidad****Software****Aplicación**

- Aplicación de usuario
- Administrador de simulación

**Geometría**

- Bases de datos tridimensionales
- Objetos

**Hardware****CPU****Tarjetas gráficas****Procesador de audio tridimensional****Fuentes de audio****Puertos de entrada/salida****Convertidores de señales****Convertidores de vídeo****Rastreadores de posición y orientación****Control de entrada del guante**

...

Profundicemos un poco más en cuanto a qué son cada una de estas partes.

**4.2. Máquina de realidad**

Las máquinas de realidad (reality engines) son el corazón de todo sistema de RV. Tenemos imágenes estereoscópicas, sonido tridimensional, incluso alguna pequeña retroalimentación táctil, pero para que toda esta gama de estímulos tenga algún sentido necesitamos algo que los orqueste en la secuencia adecuada. Y efectivamente, tomando la misma analogía utilizada por Ken Pimentel y Kevin Teixeira en su libro "Virtual Reality: Through The New Looking Glass", una máquina de realidad representa a una orquesta, los efectores son los instrumentos y las aplicaciones o el administrador de simulación al conductor de la orquesta.

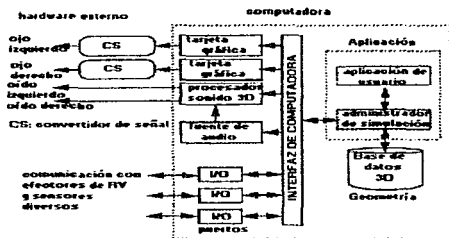


Ilustración 2: Esquema general de una máquina de realidad

#### 4.2.1. Hardware

Es sólo en estos últimos 10 años que el poder de cómputo requerido para hacer desarrollos de RV se ha puesto tan a la mano y a un costo razonable hasta para el aficionado. De hecho, la RV es sólo una de muchas tecnologías que habían estado esperando a que los procesadores fueran lo suficientemente potentes y rápidos como para pensar seriamente en desarrollarla.

En la actualidad, se puede pensar en desarrollar ambientes de RV con independencia de la plataforma, ya sea una PC basada en Intel, una estación de trabajo con procesador RISC o cualquier otra máquina basada en procesadores Motorola. Considerando esta independencia de la plataforma, el diagrama genérico de una máquina de realidad es muy simple, como ya vimos anteriormente en forma desglosada.

En la práctica, nuestra máquina de realidad puede componerse de una sola computadora o de varias computadoras trabajando de forma síncrona para poder repartir las diferentes tareas y lograr ambientes virtuales más realistas y complicados.

En los que se refiere particularmente al gran trabajo que se requiere para actualizar las imágenes de un ambiente virtual, sobre todo si se manejan imágenes estereoscópicas y de gran complejidad, se ha pensado y hecho uso de *transputers*, llegando a casos en los cuales se llega a utilizar un transputer por *pixel*. Esto obviamente sólo se ha hecho en sistemas muy sofisticados.

Por lo regular, y si el presupuesto es una gran limitante, se recomienda en tener dos tarjetas gráficas, una para cada ojo, imagen derecha e imagen izquierda. Mientras se compone lo que sería la imagen principal, cada tarjeta gráfica se encargaría de transformar la imagen tomando en cuenta si es para el ojo derecho o el izquierdo. Otra alternativa es la de utilizar una sola tarjeta gráfica y hacer un *switcheo* de imágenes cada fracción de segundo. En términos de poder de cómputo, esto es más absorbente, pero se logra hacer un ahorro importante de costos de hardware. Estas soluciones solo reflejan unas pocas de las utilizadas hasta ahora para lograr o economía o más poder en un sistema de RV. En última instancia, el método elegido dependerá de la plataforma, del diseñador del ambiente y del presupuesto con el que se cuente.

De la misma forma se puede considerar la adición de audio al sistema.

Al considerar los efectores que se van a conectar a nuestra máquina de realidad, es que la computadora disponga de los suficientes puertos de entrada/salida para alojarlos y que la administración a través de software de dichos puertos no represente ningún problema, pues éstos se reflejan en retrasos que hacen perder la sensación de inmersión y en ocasiones desorientan.

El hardware externo de nuestra máquina de realidad siempre constará de convertidores de señales, cada uno adecuado al efector al cual se conecten. Tendremos desde convertidores de señales de video, hasta las cajas para los sistemas de sensado de posición espacial.

La mayoría de los vendedores de sistemas integrados de RV ya han hecho estas consideraciones y es por ello que se pueden encontrar ya en el mercado distintas

configuraciones, bajo distintas plataformas, que nos proporcionan una máquina de realidad funcionando y lista para conectarle los efectores que tengamos a nuestra disposición.

La mayor consideración que debe hacerse cuando se diseña o se compra una máquina de realidad es que todo el proceso que se requiera de ella -entradas y salidas- deba hacerse en tiempo real. Para ello se considera que tiempos de respuesta en general por abajo de los 100 milisegundos ya nos proporcionan un sistema interactivo o de tiempo real.

Para saber cuál es la dificultad que nos representa lograr sistemas con tiempos de respuesta por abajo de los 100 ms. Veamos que es lo que la máquina de realidad hace:

- Calcular un promedio de 20 a 30 imágenes por segundo para sistemas monoscópicos y el doble, 40 a 60, en sistemas estereoscópicos, sin considerar la complejidad de la escena.
- Procesar audio dependiendo de las acciones realizadas en el ambiente.
- Llevar un monitoreo continuo de los efectores que tengamos conectados a la máquina de realidad, así como de los sensores de posición espacial, que si es un sistema que por lo menos disponga de un guante y un HMD, representa el monitoreo de 12 variables externas (los 6 grados de libertad de tanto el HMD como el guante). En el caso del guante, hay que llevar un monitoreo de los gestos que realiza la mano, lo cual representa un número, en ocasiones, elevado de variables adicionales, dependiendo de la complejidad del guante.

Todas estas variables a su vez repercuten en la complejidad de la escena representada, lo cual hará que en momentos la escena sea más sencilla y en otros más complicada.

Las imágenes en un ambiente de RV no están hechas con anterioridad, a excepción de ciertos casos, cada una recalculándose después de la anterior, representando esto la mayor dificultad en los sistemas en los que hay interacción visual.

#### 4.2.2. CPU

La CPU, como en todo sistema, es el corazón de éste. En sistemas muy económicos, es la CPU misma la que realiza todas las operaciones de procesamiento de video, de audio, actualización de la geometría del ambiente, comunicación con los efectores, etcétera. En sistemas que sean más sofisticados, por ende más caros, se quitará la carga de algunas funciones a la CPU asignándoseles a subprocesadores especializados. Esto deja a la CPU en el papel de orquestador de la comunicación entre los distintos subprocesadores elevándose el rendimiento del sistema considerablemente.

En sistemas que utilicen a varias computadoras, estos subprocesadores serán las CPUs de las demás computadoras, teniéndose siempre una que actúe como orquestadora central. Los sistemas que utilizan varias computadoras tienen la limitante de que si bien la carga de procesos que se le asigna a una CPU no es muy grande, no se pueden manejar ambientes muy complejos a menos que la comunicación entre las distintas computadoras sea muy rápida. Este esquema puede llevar a considerables retrasos -latencias- en el sistema, los cuales pueden destruir la sensación de inmersión. En la Universidad de Carolina del Norte en Chapel Hill tienen un sistema bajo este esquema pero su red interna maneja velocidades de hasta 1 Gighertz por segundo en fibra óptica.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Dr. Frederick P. Brooks, Jr. SIGGRAPH 93, Course Notes 23: Applied Virtual Reality. Pág. 3-1.

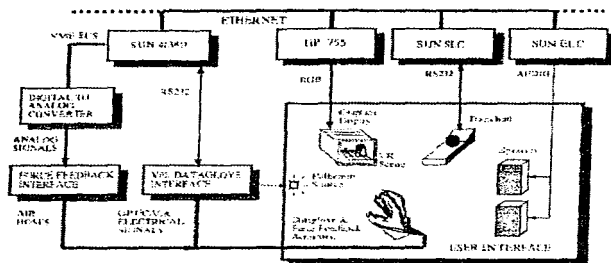


Ilustración 3: Ejemplo de un sistema de RV con procesamiento distribuido. Sistema de la Universidad de Rutgers

#### 4.2.3. Tarjetas gráficas

Las tarjetas gráficas representan un tipo de subprocesadores muy importantes en los sistemas de RV pues reducen considerablemente la carga de trabajo de la CPU. El procesamiento gráfico es lo que consume más tiempo en un sistema de RV, aumentándose considerablemente éste al aumentar la calidad gráfica de los ambientes representados. En la Universidad de Carolina del Norte en Chapel Hill se estimó que un ambiente de RV debía de consistir de generadores de imágenes que soportaran una salida de 20 millones de polígonos por segundo y texturas.<sup>2</sup>

La máquina de realidad de Silicon Graphics Inc. es un sistema de *pipeline* dual con doble máquina de geometría (una para cada ojo), cuyo desempeño es el siguiente:

- Salida de polígonos texturizados: 210,000 polígonos por segundo
- Llenado de texturas: por arriba de los 320 millones de píxeles por segundo

<sup>2</sup> Ibidem. Pág 3-1.



- Capacidad de salida de píxeles: un ancho de banda de 2.6 Megapíxeles en el bus que habilitan dos salidas de alta resolución (1280 x 1024 píxeles) desde cada *pipeline*
- Acceso a memoria de texturas: tiempos de bajada de texturas de hasta 50 Megabytes por segundo<sup>3</sup>

En la actualidad se pueden conseguir tarjetas gráficas para plataforma PC que manejan gráficos de 64 bits y que incorporan en hardware el manejo de gráficos en 3D (Diamond Stealth 3D, por ejemplo), por menos de 200 dólares norteamericanos. Esto proporciona una capacidad de procesamiento gráfico impresionante en una plataforma relativamente barata.

#### 4.2.4. Procesador de audio

El procesador de audio es bastante importante, de acuerdo a la discusión anterior sobre efectores, pues ayuda a reforzar sensaciones visuales o incluso hápticas en sistemas en donde no se puede lograr mayor calidad en cuanto a esos estímulos. Los procesadores de audio en la actualidad son bastante económicos y algunos ya incorporan el manejo de audio en 3D.

##### 4.2.4.1. Fuentes de audio

De nada sirve tener un excelente procesador de audio si las fuentes de audio, las que determinan lo que deberíamos de estar escuchando en el ambiente virtual, son de baja calidad o no se corresponden con el estímulo que se pretende lograr. Como diseñador de ambientes de RV uno debe de estar plenamente consciente de ello pues un audio mal logrado puede hacer desaparecer la sensación de inmersión que un buen ambiente o proceso gráfico consiguieron.

---

<sup>3</sup> Roy S. Kalawsky. The Science of Virtual Reality and Virtual Environments. Pág. 168.

#### 4.2.5. Puertos de entrada/salida

En general se utilizan los puertos serie y paralelo estándar, a excepción de casos muy particulares, como una tarjeta de red de alta velocidad o interfaces propietarias de dispositivos, para hacer la conexión de los efectores o los convertidores a la máquina de realidad.

#### 4.2.6. Convertidores de señales

En razón de que la máquina de realidad se comunique de forma eficiente con los efectores, las señales que entran o salen de ella pasan por módulos convertidores de señales. Señalaremos dos tipos principales, los convertidores de video y los rastreadores de posición y orientación.

##### 4.2.6.1. Convertidores de vídeo

En muchas ocasiones, y dependiendo del tipo de sistema de RV que se esté implementando, la salida de la señal de vídeo no pasa directamente a un monitor estándar para computadora sino que debe ser convertida para uso con otro tipo de efectores, ya sean HMDs, BOOMS o *shutter glasses*. En la mayoría de los casos este convertidor es una caja que convierte la señal de vídeo RGB a una señal de radiofrecuencia como la que reciben los televisores caseros. Existe una amplia variedad de convertidores de este tipo así como de distintos precios dependiendo de la calidad de la señal de salida que proporcionen. Los sistemas *Garage VR* o caseros suelen utilizarlos frecuentemente pues el tipo de efectores de vídeo que se utilizan son adaptaciones de accesorios para juegos de vídeo que utilizan señales de vídeo de radiofrecuencia.

##### 4.2.6.2. Rastreadores de posición y orientación

Estos son necesarios en cuanto a que la máquina de realidad necesita saber de alguna forma cuál o cuáles son las posiciones relativas del usuario en relación con el ambiente. Usualmente sólo se monitorean la cabeza y una o ambas manos. En sistemas más complejos

y dependiendo de la finalidad del ambiente se monitorean también otros miembros del cuerpo del usuario.

Las tecnologías utilizadas son por lo común de tipo mecánico, magnético y de ultrasonido.

La tecnología de tipo mecánico es la que mejores mediciones proporciona, es de baja latencia y es la más económica, pero su inconveniente es que implica el uso de efectores que restringen en grado variable la movilidad del usuario. El dispositivo es por lo general algún tipo de brazo mecánico con resistores en las articulaciones. El extremo del brazo se acopla al miembro que se quiere monitorear y la posición se va dando de acuerdo a las variaciones de la corriente que circula a través de los resistores en las articulaciones.

La tecnología de rastreo magnética es bastante confiable, pero los dispositivos de este tipo suelen ser de un precio bastante elevado. Poseen la ventaja de que no restringen la libertad de movimiento del usuario, lo cual los hace idóneos para muchas aplicaciones. Consisten en una serie de tres bobinas colocadas perpendicularmente entre sí, un juego colocado en el miembro que se va a monitorear y otro en una caja sensora que se encarga de transmitir los datos obtenidos a la máquina de realidad. Las bobinas en el miembro emiten campos magnéticos que hacen resonar las bobinas correspondientes en la caja sensora. Las variaciones en el flujo de corriente en las bobinas de la caja sensora proporcionan los datos necesarios sobre posición y orientación.

La tecnología de ultrasonido tiene la ventaja sobre la magnética de que es más barata, pero es más susceptible a interferencias y a inexactitudes en las mediciones. Está limitada, en muchas ocasiones, a la existencia de una línea de vista entre el emisor de ultrasonido y el receptor, lo cual a veces repercute en limitantes de movimiento. Usualmente consiste en dos emisores de ultrasonido acoplados al miembro que se va a monitorear y en un arreglo de tres receptores que comúnmente se colocan encima o alrededor de la pantalla de la computadora. El arreglo de dos emisores y tres receptores proporcionan 6 grados de

libertad (6DOF), independientemente de las limitantes de movimiento debidas al problema de la línea de vista

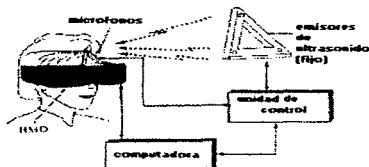


Ilustración 4: Ejemplo de un rastreador de ultrasonido

#### 4.2.7. Software

El software de una máquina de realidad puede ser tanto o más complejo de lo que ya sea el hardware del que dispongamos, sin embargo podemos clasificar los componentes de software en mucho menos partes que las del hardware. Siendo así disponemos de dos partes principales: La aplicación y la geometría de ambiente. La aplicación es en sí toda la simulación y la forma en como se coordinan todos nuestros elementos de hardware, mientras que la geometría se puede definir como una gran base de datos en la cual están registrados todos los elementos (objetos) que se encuentran en el ambiente virtual y la relación entre ellos. Todo cambio que la aplicación haga sobre el ambiente queda almacenado en la geometría.

Hay dos paradigmas de programación bastante idóneos para el desarrollo del software de RV: la programación orientada a objetos y la programación dirigida a eventos.

La programación orientada a objetos nos permite programar teniendo en mente las entidades, objetos, que pertenecen al ambiente así como la relación existente entre ellos. La programación dirigida a eventos consiste en la creación de un monitor que esté constantemente evaluando los eventos ocurridos en el sistema y saber qué acciones proceden.

La combinación de ambos paradigmas es excelente para la creación de ambientes de RV. Esto se verá en lo que es la definición del administrador de simulación y la geometría de ambiente.

#### **4.2.8. Aplicación**

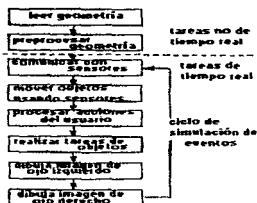
Después del hardware, es la aplicación la que realmente define a los ambientes de RV. Una buena aplicación podrá proporcionar muy buenos resultados en cuanto a inmersión; aún sin un hardware muy bueno o caro (como es el caso de los videojuegos). La aplicación se divide en dos partes: la aplicación de usuario y el administrador de simulación.

##### **4.2.8.1. Aplicación de usuario**

Esta es la parte de la cual el usuario está más consciente. A través de ella y nuestros efectores es cuando empezamos a sumergirnos en el ambiente y lo experimentamos. La aplicación de usuario depende en rendimiento y complejidad del hardware que se disponga.

##### **4.2.8.2. Administrador de simulación**

El administrador de simulación es el orquestador de todo el software que compone al sistema de RV. Se encarga de monitorear el estado de las variables de ambiente, de la aplicación de usuario y la consulta y actualización de la geometría de ambiente. Es la parte más compleja del sistema en cuanto a las partes que debe de coordinar.



Dustración 5: Diagrama de flujo de las tareas del Administrador de simulación

#### 4.2.9. Geometría

La geometría es la información de todos los elementos que conforman al ambiente de RV y la relación entre ellos. La geometría está limitada en complejidad al rendimiento de la plataforma de hardware utilizada, aunque el administrador de simulación puede encargarse de descargar esta complejidad en función de las variables de ambiente modificadas.

La geometría está definida por bases de datos tridimensionales y objetos.

##### 4.2.9.1. Bases de datos tridimensionales

Las bases de datos tridimensionales son los registros que guardan las relaciones entre los objetos que componen el ambiente y el estado de sus variables. Ésta es constantemente consultada y actualizada, dependiendo del grado de libertad que se le proporcione a la simulación para alterar el estado del ambiente (autonomía e interacción).

#### 4.2.9.2. Objetos

Son los elementos básicos de construcción de todo ambiente. De la definición de los objetos, sus atributos y relaciones se desprende el éxito de un ambiente de RV.

#### 4.3. Efectores

Los efectores son los elementos que proporcionan la experiencia sensorial al participante o usuario, a la vez que en algunos casos hasta nos permiten ejecutar nuestras propias acciones sobre el ambiente de RV.

El uso de los sentidos para ampliar la experiencia de la RV es importante, pues una de nuestras metas es utilizar el mayor número posible de canales de información para mejorar la transmisión de la misma información.

Y hablando ahora un poco sobre la experiencia sensorial, conviene hacer notar que según las líneas de desarrollo seguidas por algunos investigadores en este campo últimamente, se ha visto que no es estrictamente necesario proporcionar un estímulo sensorial muy complejo. Según esto, al proporcionar solamente estímulos mínimos o muy básicos, nuestros mismos sentidos y el cerebro se encargan de "llenar" la información faltante, de tal forma que la experiencia sensorial será satisfactoria. Así, la mayoría de los efectores, y por razones de economía, sólo proporcionan pequeñas sugerencias de estímulo.

La mayoría de los efectores se orientan mucho hacia el estímulo visual y el auditivo. Investigaciones en cuanto a la retroalimentación táctil y de fuerza todavía se están llevando a cabo y son muy pocos los sistemas que proporcionan estímulo de ese tipo que sean eficientes y baratos. Por las mismas razones, no hablaremos de efectores de olfato y de gusto.

Los efectores visuales son los que más se han trabajado. Mucha gente tiende a creer lo que ve, y si lo que nos proponemos es una simulación de la realidad, entonces hay que trabajar muy en detalle cómo vamos a dar una experiencia visual de la realidad que creamos.

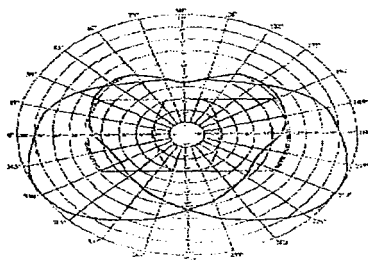
#### 4.3.1. Efectores visuales

Tenemos principalmente dos tipos de efectores visuales, los monitores y los HMD. Tenemos algunos factores que tomar en cuenta en la inmersión visual para poder evaluar a los efectores visuales.

- Campo de vista (Field of view)
- Resolución (Resolution)
- Complejidad (Complexity)
- Velocidad de representación (Rendering Speed)
- Retraso perceptual (Perceptual Lag)
- Atracción (Engagement)

*Campo de vista:* En los humanos, nuestro campo de vista es de alrededor de 180° horizontales y alrededor de 140° verticales. Entre más campo visual sea abarcado por un efector, la sensación de inmersión se presume que sea mayor. Un buen HMD cubre de entre 80° a 140° horizontales.





**Ilustración 6:** La gráfica muestra el rango del campo de vista humano. El recuadro del centro muestra el campo visual obtenible con un HMD

**Resolución:** Es la medida de la granularidad de la imagen dada en pixeles. Si la resolución es grande, podremos ver imágenes claras y nítidas, mientras que si es pequeña las veremos como si estuvieran borrosas. Un HMD proporciona alrededor de 30,000 ó 40,000 pixeles, mientras que un buen monitor de PC o de Estación de Trabajo pueden dar 1,000,000 ó más pixeles de información.

**Complejidad:** Es la estructura de la imagen o escena y también puede determinar la calidad de la imagen. Dependiendo de si se usan polígonos grandes o pequeños para construir la imagen, sombreados, texturizados, etc. Entre más detalle en la escena, ésta será más rica en información pero también mermará la velocidad de la computadora para procesar cada nueva imagen que se necesite.

**Velocidad de representación:** Es la medida del tiempo que le toma a la computadora poder "redibujar" la escena de acuerdo a los requerimientos de movimiento o de actualización de estado de los objetos visibles en la escena. Para dar una sensación de presencia adecuada, se necesitan, en escenas de movimiento, de 20 a 30 imágenes por segundo, el efecto no es perceptible por el ojo humano, así que se desperdician recursos de cómputo.

Si queremos incrementar la sensación de presencia, nuestra meta será lograr un cómputo de entre 10 a 30 cuadros por segundo, en escenas monoscópicas, pero si se van a usar escenas estereoscópicas, esta velocidad se necesita duplicar, pues se tienen que hacer los cálculos para cada uno de los ojos, imagen izquierda, imagen derecha, lo cual nos lleva a calcular de 20 a 60 imágenes por segundo. Si la escena es muy compleja, lo más probable es que no logremos alcanzar estos requerimientos. He ahí que el diseñador del ambiente debe tener presente la capacidad del sistema para recalculer cada imagen.

*Retraso perceptual:* Es el tiempo por arriba del cual empezamos a notar que cualquier cambio en el estado de los objetos en el ambiente o cambios que nosotros mismos hayamos realizado en nuestro punto de vista no son registrados de inmediato y hay una descompensación entre lo que esperamos ver y lo que estamos viendo. Retrasos por arriba de los 50 milisegundos afectan el desempeño del sistema. Este retraso puede ser dependiente de los sensores de posición y orientación (que pueden ir de 3 a 100 milisegundos) y de los nuevos cálculos que se necesitan hacer para actualizar las imágenes. En el peor de los casos, este retraso puede ir hasta arriba de un cuarto de segundo, perdiéndose en medida muy importante la sensación de inmersión.

*Atracción:* Es la medida en la cual la aplicación de RV nos atrae, captura nuestro interés. Esto en gran parte depende del desempeño del sistema en general y de las cosas que uno pueda realizar dentro del ambiente y en como el ambiente nos responde. Entre más libertad de acción y respuesta se tenga en un ambiente de RV, se supone que debe de ser más atrayente.



Ilustración 7: Ejemplo de efector visual. HMD

Ahora, después de haber visto en qué consisten los factores que definen a los efectores visuales, mencionaremos que dependiendo de la aplicación de RV propuesta y de lo que se pretenda lograr con ella, se le dará distinta atención a cada uno de estos factores, llegando incluso a casos en los que alguno o todos se pueden desechar. Por ejemplo, en una aplicación de RV para gente invidente, los efectores visuales pasan a ser inútiles, por lo tanto, todos los factores que acabamos de mencionar se pueden desechar y se les dará mayor énfasis a los que definan a los efectores auditivos y hápticos.

#### 4.3.2. Efectores auditivos

El sentido del oído es, para la mayoría de las personas, el segundo más importante después de la vista. Mediante el sonido podemos complementar la sensación de inmersión en un grado muy importante, pues según algunos estudios demuestran, el mero hecho de oír el roce de superficies o el golpe de un objeto duro contra otro igual o blando, puede incluso llevar a la creencia de que se tiene la sensación táctil de ese roce de superficies o el choque de los objetos.

Si se utiliza sonido tridimensional, una de las cosas que la NASA empezó a implementar en sus propios sistemas de RV incluso podemos tener información sobre la posición y distancia de objetos en el ambiente virtual.

Por lo regular, los efectores auditivos son un par de audífonos colocados sobre nuestros propios oídos o en una habitación con un juego de bocinas bien colocadas.

También dentro de los efectores auditivos se pueden contar los sistemas de reconocimiento de voz, a través de los cuales se pueden dar comandos específicos al ambiente y facilitar la interacción. Si el sistema cuenta con capacidad para síntesis de voz, entonces gente invidente puede valerse de esos sistemas.

### 4.3.3. Efectores hápticos

El tacto se hace muy necesario en los sistemas de RV porque sin él cuando intentamos agarrar objetos virtuales, la operación se hace mucho más difícil.



Ilustración 8: Dos tipos de guante

El sistema háptico se divide en dos: mecanorreceptora y propioceptora. La mecanorreceptora es la que nos da información sobre texturas y dureza. La propioceptora es un poco más complicada, pues se basa en los esfuerzos que nuestros músculos realizan para determinar los pesos, formas y tamaño de las cosas.

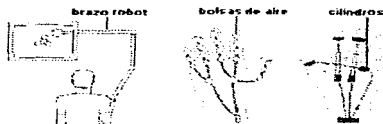
La retroalimentación táctil y de fuerza toman parte de lo que son nuestras percepciones hápticas. actualmente se están haciendo investigaciones en cuanto a cómo proporcionar estímulos hápticos generados a través de la computadora. Se han logrado algunos avances en cuanto a efectores táctiles, pero en cuanto a los de fuerza o propiosensitivos, el problema es mucho más complicado.

Es ahora bastante sencillo desarrollar efectores que proporcionen un estímulo táctil. Se suelen utilizar una amplia variedad de dispositivos para tal efecto, por ejemplo, pequeños globos colocados bajo las yemas de los dedos dentro de un guante que se inflan y desinflan para simular que estamos tocando algo. Otro recurso es el de utilizar pequeños electrodos que den un estímulo en los centros nerviosos de la mano. Dependiendo de la amplitud y frecuencia de la señal eléctrica se hace posible sentir diferentes texturas. La técnica de los electrodos se está

utilizando también para dar un estímulo a diferentes músculos y así sentir los “pesos” y “tamaños” de los objetos virtuales.

Dentro de los mecanorreceptores también se utilizan las llamadas aleaciones con memoria. Éstas consisten en aleaciones que son puestas a determinadas temperaturas y al llegar a esa temperatura se les da una forma determinada. Al enfriarse vuelven a un estado plano o de pequeños discos. Al aplicarse corrientes eléctricas a estos discos, estos “recuerdan” la forma que tenían anteriormente y la adoptan. Cesa el estímulo eléctrico y vuelven a la forma plana. Distribuyendo estos discos sobre la palma de la mano y aplicando corrientes eléctricas de distinta amplitud y frecuencia se pueden simular los estímulos que obtendríamos al sentir diferentes texturas.

El sistema propioceptor es más complicado de estimular en un ambiente virtual pues implica por lo general el uso de efectores más complicados e intrusivos. Por ejemplo, si queremos simular que levantamos un peso grande, lo que se haría es colocar sobre el brazo del usuario un exoesqueleto con una serie de servomotores. Los servomotores tratarían de oponer una fuerza equivalente a la que sentiríamos al querer mover o levantar ese objeto.



**Ilustración 9: Sistemas de retroalimentación háptica. El primero de la izquierda proporciona retroalimentación propioceptiva**

Los efectores que con más eficacia se han utilizado para una estimulación propioceptora consisten en joysticks con una base grande en donde están guardados dos servomotores. Al mover la palanca del joystick, los servomotores actúan de tal forma que nosotros sentimos una

fuerza equivalente a la de empujar o jalar algunos objetos pequeños (los servomotores que se utilizan no dan de sí para estímulos mayores). Incluso se puede simular con ellos el efecto de estiramiento y encogimiento de ligas o resortes.

El día que se cuente con efectores hápticos confiables y baratos, entonces se logrará un avance inmenso en dos aspectos: el primero, en proporcionar sensaciones de inmersión y de presencia mucho más profundas; y segundo, proporcionar otros medios de comunicación con ambientes virtuales a gente discapacitada y que por ello mismo no puedan utilizar efectores visuales o auditivos.

#### 4.3.4. Otros efectores

Dentro de esta categoría mencionaré todos aquellos efectores de propósito específico, o sea, que han sido fabricados o adaptados para su uso en una aplicación en particular, como sería el caso de los skies, bicicletas y raquetas virtuales. Precisamente por ser de uso específico suelen ser caros y no disponibles con facilidad. La ventaja que tienen es la de acrecentar considerablemente la sensación de inmersión.



**Ilustración 10:** Ejemplo de otro tipo de efector. La bicicleta virtual

#### 4.4. Otras consideraciones

En la mayoría de las categorías mencionadas anteriormente sobre los componentes de los sistemas de RV, se está pensando en sistemas de VR de propósito general. Sistemas de propósito particular o especial suelen ser bastante caros, pero el rendimiento y calidad de los ambientes es bastante buena. Dentro de este tipo de sistemas podríamos considerar a los usados en simuladores de vuelo profesionales (de uso militar o de aviación comercial), a los ambientes del Simnet del Departamento de Defensa de los Estados Unidos de Norteamérica y aquellos diseñados con la finalidad de estudiar algún desorden fisiológico o mental. La diferencia fundamental está en el tipo de efectores utilizados y en el poder de procesamiento de las CPUs. La diferencia en precios de un sistema de propósito general y uno particular estará dentro de dos ordenes de magnitud o más, de alrededor de USD\$10,000.00 en sistemas *Garage VR* a USD\$500,000.00 o más en los sistemas de simulación de vuelo para aviación comercial o militar.

## Capítulo V: Aplicaciones

### 5.1. Educación

La RV aplicada a la educación tiene bastantes expectativas. El potencial comunicador de conceptos, aparte de la ayuda que proporciona a la comprensión de éstos, le permitirían su aplicación a cualquier nivel. Dentro de la educación podemos contemplar también los usos que la RV tiene en tareas de capacitación y entrenamiento.

En cuanto a la capacitación y entrenamiento, la RV ha sido utilizada con bastante éxito por compañías de aerolíneas y por las fuerzas armadas. Dado los costos y los riesgos que implica el usar equipo real o situaciones reales, la RV plantea una alternativa segura y barata para estas tareas.

#### 5.1.1. El Teatro clásico griego y la RV

"Computadoras son teatro. La tecnología interactiva, como drama, provee una plataforma para representar realidades coherentes en las cuyos agentes desempeñar acciones con cualidades cognoscitivas, emocionales y productivas...Doscientos años de teoría dramática y práctica han sido devotas a un fin el cual es remarcablemente similar a aquel del discípulo del diseño de la interacción humano-computadora; O sea, crear realidades artificiales en las cuales el potencial de acción es cognóscitiva, emotiva y estéticamente acrecentado"<sup>1</sup>

"El Festival de Dionisio era un evento anual que celebraba la muerte simbólica y renacimiento del dios, y por lo tanto naturaleza. Muchas obras eran comisionadas para representarse en cada festival tantas como concursantes por el premio al mejor drama. La gente del teatro quienes estaban envueltos en la producción de la obras (incluyendo actores, músicos y costureros) mantenían una fuerte conexión a la religión Dionisiaca, formando eventualmente un gremio cuya cabeza era usualmente un sacerdote Dionisiaco.

<sup>1</sup> Brenda Laurel, *Computers as Theatre*, 1991.



Cada drama griego surge de la intersección de filosofía, religión y arte. La ocasión era ostensiblemente religiosa, y aquí hay una razón para creer que al menos algunos de los actores se sentían a sí mismos "poseídos por el dios" pues representaban en el festival que lo honraba. Los temas escogidos por los grandes dramaturgos trágicos para representación teatral en el festival eran asuntos de sería importancia, mostrando la evolución de la filosofía griega a través del tratamiento dramático de mitos conocidos e historias tales como la tragedia de Agamemnon, Orestes y Edipo. Comunicaban ideas religiosas y filosóficas por igual proveyendo la ocasión para la experiencia colectiva de la emoción. Muy simple, el drama griego era la forma en la cual la cultura griega públicamente pensaba y sentía acerca de los más importantes temas de la humanidad, incluyendo ética, moralidad, gobierno y religión. El llamar al drama meramente "entretenimiento" en este contexto es el perder la mayor parte del cuadro. Los griegos empleaban el drama y el teatro como *herramientas para el pensamiento*, en la misma forma en la cual visualizamos emplearlos en un futuro no muy distante."<sup>2</sup>

Recordando lo visto con respecto a los ritos dionisiacos y de iniciación, el teatro griego se deriva directamente de estos ritos. Estos ritos compuestos de elementos de canto, danza, sexo y la ingestión de pócimas que inducían estados mentales en los cuales la percepción alcanzaba un estado cumbre de forma tal que los conocimientos adquiridos durante estos ritos quedaban fuertemente impresos en las mentes de los participantes. Esto era algo muy necesario e importante en una época en la cual la única forma de adquirir y transmitir el conocimiento era a través de la tradición oral y de la experiencia. La sustitución de estos elementos en los ritos griegos por diálogos, trama, vestuarios, máscaras y coros dan origen al teatro griego.

La idea era entonces obtener los éxtasis dionisiacos provocando sentimientos similares en el público.

Aristóteles pensaba que la función de la tragedia en el teatro tenía el propósito de proporcionar al espíritu un medio para una purificación y descarga de emociones, en un estado llamado *catharsis*, purificación de los sentidos y el alma. Según Aristóteles, ciertas emociones

---

<sup>2</sup>Brenda Laurel, *Computers as Theatre*, 1991.

son provocadas mediante la tragedia para alcanzar determinado estado de ánimo. El método de evocación de estas emociones es la *mimesis*. También establece que el drama proporciona placer porque es una imitación de las necesidades, sentimientos e ideas más profundas que ayudan a la gente a comprender al mundo.

La proposición es simple: crear ambientes de RV en los cuales el público se convierte ahora en actor para de esta forma provocar su catarsis y desahogo de emociones de forma más particular en una especie de psicodrama.

En educación sería un experimento muy interesante el tratar de reproducir los estados mentales que estos ritos y el teatro griego producían y ver en qué forma se traduciría esto en la asimilación y el tiempo que el conocimiento queda impreso de forma cada vez más duradera en las mentes de los estudiantes.

Tomando en cuenta la ideas piagetistas sobre la educación a través de la experimentación, convierte a la RV en un candidato ideal para mejorar los niveles educativos.

Imaginemos ahora aplicaciones más concretas: los museos virtuales. En lugar de hacer una excursión escolar a algún sitio arqueológico de interés, podríamos sumergir a los estudiantes en una representación tridimensional, por ejemplo, del Templo Mayor en la época anterior a la conquista de México. El estudiante podría visitar cada uno de los rincones del templo, admirar las pinturas, atreverse a tocar las cosas sin la amenaza de un regaño e incluso tener de guía a un avatar que representara a Moctezuma.

En el caso de otras áreas del conocimiento, a través de sistemas de RV y de visualización en 3D, el estudiante de cualquier nivel puede llegar a comprender de mejor manera conceptos muy complejos al jugar y experimentar con ellos en tiempo real modificando sus parámetros, uno a la vez o varios simultáneamente.

En las experiencias obtenidas en el caso de capacitación y entrenamiento utilizando sistemas de RV, se ha llegado a demostrar que los individuos entrenados con éstos consiguen los mismos resultados que los individuos entrenados por métodos tradicionales en menor tiempo y a menor costo. Esto es particularmente cierto en el caso de los pilotos de aviones o helicópteros, ya sean comerciales o militares.

## 5.2. Psicología

Como vimos en el punto anterior, el hecho de poder tener ambientes de RV en el cual el público se convierte en actor de su propio drama, provee al psiquiatra de una herramienta poderosa para el tratamiento de enfermedades mentales, en especial aquellas que consisten de una deformación de la percepción de la realidad.

En el campo del tratamiento de fobias, la RV se está aplicando con éxito junto con técnicas de hipnosis. Así, se puede exponer al paciente a los elementos o situaciones que fundamentan su miedo desde perspectivas que él interprete como "seguras" y de forma gradual irlo acercando a niveles considerados como normales.

## 5.3. Entretenimiento y hogar

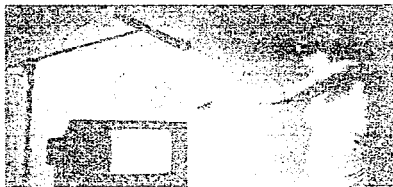
Uno de los aspectos que más han interesado al público con relación a la RV, es la nueva gama de entretenimientos que puede ofrecer, desde un simple juego de arcada o simulaciones de vuelo hasta fantásticos viajes a otros países, al espacio, al interior del cuerpo humano o en el tiempo.

### 5.3.1. Deportes

Las primeras aplicaciones que el público pudo apreciar sobre los usos de la RV fueron en el campo de los deportes.

Inicialmente algunos efectores utilizados en ambientes de RV se utilizaron para medir el rendimiento de algunos jugadores y la dinámica de sus movimientos. Ahora la idea es convertir al espectador en un deportista sin los riesgos, los gastos o las complicaciones que la práctica de algún deporte significa en el mundo real.

Dentro de las primeras experiencias que en esta área se obtuvieron fue la del desarrollo de un raquetball virtual. En sí, el sistema consistía de un HMD y una raqueta con un sensor de posición espacial. El problema era que no disponía de una retroalimentación háptica, así que uno no podía sentir la fuerza que la bola aplicaba a la raqueta cuando se la golpeaba.



**Ilustración 1: Raquetball virtual**

En las Olimpiadas de Barcelona en 1992, la empresa Silicon Graphics, Inc. a través de su filial en España, montó y organizó una exposición de deportes virtuales. Estos iban desde ciclismo hasta esquí virtual. Aparte del uso de HMDs, para cada uno de los deportes que se exhibían se hicieron efectores especiales, como por ejemplo la bicicleta y los esquís; éstos, aparte de semejar a sus equivalentes reales, estaban montados sobre planos de inclinación variable para tratar de simular condiciones de velocidad o pendientes sobre las que se viajara. La exhibición tuvo un gran éxito, mas el problema que persiste es el del costo de los equipos como para poder hacer accesible esta tecnología a nivel casero.

### 5.3.2. Arcadas

Desde que la NASA demostró la posibilidad de hacer RV a bajo precio, muchas compañías se dedicaron a hacer sus propios desarrollos de equipo y sistemas o a comprar el que otras compañías desarrollaban para integrarlos. Uno de los primeros mercados al que se orientaron fue el de los videojuegos.

A finales de los años 80s, una compañía inglesa llamada *Virtuality* empezó a fabricar y a comercializar los primeros sistemas de RV tipo arcada. De estos sistemas existen dos variantes: el *stand-up* (de pie) y el *sit-down* (sentado). Son sistemas en general muy sencillos. Obviando el hecho de estar parado o sentado, ambos se componen de lo que sería la base del sistema, un HMD y, dado el caso, una especie de pistola o un volante. Estos sistemas pueden cambiar el juego con cierta periodicidad dependiendo de la disponibilidad de nuevos títulos o del precio que un juego u otro tengan en el público.

También por esas fechas, una empresa de Chicago empezó a montar un centro de diversiones basado en el juego de rol *Battletech*. En dicho centro hay arreglos de consolas que simulan ser la cabina de robots gigantes. Las simulaciones consisten en batallas entre los diferentes tipos de robots. El jugador puede jugar solo o en equipos, acercándolo mucho a lo que se pretende sea la RV en el ciberespacio.

Hacia 1994, la compañía de videojuegos SEGA ofreció al público sacar al mercado el primer sistema casero de RV para videojuegos. El sistema consistiría de una consola con lector de disco óptico, un HMD y un control.

Para finales de 1995, Nintendo sacó al mercado su versión de dicho sistema al cual llamó *Virtual Boy*. Las imágenes son monocromáticas y en mi opinión no se acerca en lo más mínimo a lo que se propone que debe de ser la RV.

En el campo de las PC, hay muchos fabricantes que venden una variedad regularmente amplia de efectores de propósito general, principalmente hablamos de HMDs o de Shutter Glasses. Estos mediante el uso de software o tarjetas adicionales en la PC tratan de reproducir una experiencia estereoscópica. Sumando a esto el uso de sofisticadas tarjetas de sonido y buen software de juegos, se puede apreciar de forma más satisfactoria una experiencia de RV, aunque todavía queda mucho por hacer. En el análisis que se hizo en cuanto a Multimedia y RV se veía un ejemplo de lo que podría llegar a lograr un buen juego de RV, aunque todavía falta uno que incorpore de manera más formal todos los elementos que definen a un ambiente de RV. En la categoría de juegos, los que definitivamente se acercan al ideal de la RV son los clásicos simuladores de vuelo junto con el uso de efectores tipo joystick cada vez más sofisticados.

A veces lo más importante para obtener una experiencia de inmersión no es tanto el tener imágenes fotorrealistas o sonido tridimensional, sino el tener un buen diseño de ambiente. Si el diseño es atractivo, dinámico y permite un razonable grado de interacción, la inmersión queda casi asegurada.

### 5.3.3. RV en la casa

La compañía Matsushita Electric Works tiene una subsidiaria en Osaka, Japón, en donde hay un sistema de RV que permite a los compradores el probar la distribución, tamaño, color y utilidad de su futura nueva cocina. Se le proporciona al vendedor un plano de la cocina del comprador y después éste selecciona del catálogo los diferentes muebles que desea en su cocina. Al estar el modelo virtual ensamblado, el comprador hace un paseo virtual y prueba su cocina. La gran ventaja de ello es que el consumidor puede cambiar los accesorios que no le gusten, la posición de los muebles, el color y todo ello en tiempo real. Cuando finalmente se llega a la configuración que más satisface al comprador se hacen las órdenes pertinentes al almacén, garantizando porcentajes más altos de satisfacción que con otros métodos más tradicionales.

Se ha llegado a especular con respecto al papel que los sistemas de RV tendrán como un sustituto de la televisión. Digamos que en lugar de encender la pantalla de televisión para ver las noticias, nos ponemos un HMD o bien utilizamos un sistema de RV no intrusivo si disponemos de él en nuestra sala. Entonces en el noticiero podremos estar en el centro de la acción, teniendo la misma perspectiva que el camarógrafo, no sólo en el reducido campo visual de un televisor, sino una en la casi totalidad de nuestro campo visual. Esto sería mezclar las técnicas de RV con las de telepresencia.

Dado el caso, podríamos llegar a ser protagonistas del programa de nuestro gusto, escogiendo la perspectiva de alguno de los actores e incluso llegar a ser uno de ellos. Es posible que con los avances esperados en TV Interactiva se pudiera llegar a concretar esta idea.

#### 5.4. Medicina

El campo de la medicina ha sido blanco para el planteamiento de muchos proyectos involucrando el uso de la RV.

Los sistemas de realidad aumentada proporcionan incomparables ventajas al combinar las percepciones que tenemos de la realidad física con datos sobrepuestos a través de dispositivos de RV. Por ejemplo, un cirujano está tratando de realizar una operación de cierta complejidad, complicándose el cuadro por la presencia de hemorragias y por tratar de evitar tejidos adyacentes a la zona sobre la cual quiere trabajar. Apoyados en un sistema que a través de ultrasonido modele en tres dimensiones los órganos y tejidos, a la vez que monitoreando el punto de vista que el cirujano posea con respecto al paciente en cada momento, se puede superponer una imagen digital de los órganos de tal forma que el cirujano no tenga dificultad al localizar la zona que necesita. Estos sistemas serían de Realidad Ampliada.

En la Universidad de Carolina del Norte, en Chapel Hill, se está desarrollando un sistema que permite hacer ultrasonidos de pecho para localizar cáncer de mama. Al hacer el ultrasonido, el médico no tiene que mirar una pantalla, sino usar unos anteojos sobre los cuales se proyecta, el

seno de la paciente y los resultados de su examen en la misma posición en que está examinando. El sistema se va a mejorar en el aspecto de los gráficos.

Como nota interesante, uno de los proyectos más importantes en el área de la medicina que involucra a la RV es la construcción de un simulador de cirugías virtual, en el cual el alumno pueda ensayar los procedimientos quirúrgicos, en situaciones casi reales, sin poner en riesgo la vida de los pacientes.

En el caso de personas discapacitadas físicamente, los ambientes inmersivos de RV pueden contribuir a las terapias de rehabilitación proporcionándoles un acercamiento a las experiencias que por su misma condición ya no son capaces de realizar. Este es el caso de las personas que careciendo del uso de sus piernas desean disfrutar de algún paseo, entonces utilizan un ambiente de RV que les permita pasear por los lugares que a ellos les gustaría conocer o volver a visitar.

Las personas que adolecen de la carencia de algún otro sentido, por ejemplo la vista o el oído, encontrarán que los ambientes de RV pueden en gran medida compensar la carencia de ese sentido. En el caso del oído, se sustituirían las señales de sonido que se reciben en el entorno real y con algún sistema portátil de Realidad Ampliada esos sonidos se podrían traducir en señales de video proyectadas sobre algunos anteojos.

Las personas invidentes pueden utilizar ambientes de RV para sustituir todas las señales de visuales de su entorno en señales de audio que ellos puedan interpretar. El avance en los sistemas hápticos y de tacto también les proporcionaría otros canales a través de los cuales recibir información.

### 5.5. Actividades de alto riesgo

Dentro de las actividades de alto riesgo, podemos contar con las de las fuerzas armadas, policíacas y las de los cuerpos de rescate y bomberos. En sistemas de RV se están ya programando



escenarios en donde los miembros de estos cuerpos pueden recibir entrenamiento a situaciones generales y específicas, sin riesgo para su integridad física.

En el caso de escenarios en donde es riesgosa la presencia de un individuo, como podría ser el caso de una bomba o una fuga de gas, se pueden utilizar dispositivos de telepresencia, que consisten en tener en un extremo un sistema de realidad virtual y en el otro un robot que posee dispositivos que proporcionarán al operador la misma percepción visual y auditiva que si se encontrara en la zona de peligro. El dispositivo robot responderá a los gestos del operador, resolviendo así una situación potencialmente catastrófica sin poner en riesgo su integridad física.

La Marina de los Estados Unidos ha apoyado muchos sistemas de telepresencia para buceo a alta profundidad y para desactivar minas.

#### 5.6. Arquitectura y otras áreas

La mayoría de los arquitectos, diseñadores e ingenieros poseen una gran capacidad de percepción espacial. Les basta con observar los planos o bosquejos de un proyecto y se pueden formar una imagen mental del proyecto en su conjunto o de los detalles. La mayoría de sus clientes no poseen esa misma capacidad. Es en parte, por esta razón, que se construyen maquetas, representaciones artísticas y prototipos de tales proyectos. Estos medios poseen la ventaja de que permiten al cliente percibir de forma más clara la concepción del profesionista encargado de realizarlo, pero dejan en muchas ocasiones oscuridad en muchos detalles, como por ejemplo, distribución adecuada de luces ambientales, tamaño de pasillos, distribución de controles en una consola, comodidad de uso y distribución de muebles. Además, las representaciones artísticas de un proyecto no dejan de ser eso, representaciones de un artista de cómo debería quedar una presentación final del producto y si llegara a darse el caso de que el cliente no estuviera satisfecho con algún detalle, eso implicaría la reelaboración de planos, maquetas, representaciones del artista, prototipos, etc.

La Universidad de Carolina del Norte, Chapel Hill, utilizó un sistema de RV a principios de esta década para estudiar el proyecto de un nuevo auditorio. Gracias a este sistema se pudo localizar el problema potencial de la falta de espacio en un pasillo de acceso, el cual pudo ser solucionado antes de que se pusiera un solo tabique en la obra.

Me puedo imaginar una aplicación potencialmente exitosa para la arquitectura. Por lo regular los ambientes inmersivos también pueden proporcionarnos una representación de los alrededores del proyecto, por ejemplo, los edificios adyacentes, para ver cómo quedaría integrado el proyecto en el actual entorno arquitectónico. Si se utilizara un sistema de Realidad Ampliada, la presentación del proyecto podría hacerse *in situ* para visualizar el proyecto y el entorno inmediato, incluso a gran distancia del sitio. Esto consistiría de una careta o un HMD en donde se proyecte una toma de video (con la perspectiva que tiene el cliente del sitio) y superpuesta la representación virtual del proyecto. Obviamente, de esta forma habrían algunas limitaciones para visitar el interior del proyecto en un ambiente virtual, pero con fines de presentación sería una opción muy buena.

En áreas no científicas o no tecnológicas, la RV también tiene usos notables. Hay sistemas de bolsa en Wall Street que utilizan ambientes de RV para poder tener una mejor percepción de los movimientos del mercado. El modelado del mercado de valores se hace en forma de un bosque. Cada conjunto de acciones es representado por un árbol. Dichos árboles tienen un comportamiento de acuerdo a condiciones que se estén presentando. Por ejemplo, si un conjunto de acciones tiene un valor más grande en relación a otras, su representación será la de un árbol más grande. Si el conjunto de acciones tiene un crecimiento/decrecimiento en su valor de forma acelerada o desacelerada, esto se puede representar a través de variaciones en el color del árbol. Un corredor de bolsa usando el sistema de RV puede navegar sobre el bosque y en las zonas del bosque donde note algún comportamiento que le interese, puede centrar su atención en ellas y para estudiar los datos sobre determinado árbol basta con tocarlo y se despliega una ventana con toda la información pertinente.

## 5.7. Ingeniería

### 5.7.1. ¿Para qué RV en la Ingeniería?

Los sistemas de realidad virtual son vehículos de simulación con un gran potencial en la industria pues sirven para abatir los costos que implica la construcción de maquetas y prototipos. En muchas áreas de la industria y del quehacer humano, en donde la capacitación implique amplios riesgos de seguridad o costos grandes, éstos se pueden reducir considerablemente. En la Ingeniería no se puede dejar de considerar el potencial que la RV tiene como comunicadora de ideas y conceptos, a la vez que como vehículo de simulación y modelado en tiempo real.

### 5.7.2. El prototipo y la simulación

Una de las fases en muchos ciclos de vida de proyectos es la del prototipado. Utilizando RV llegamos a algo que se denomina *diseño de prototipo virtual*. Supongamos que tenemos un problema de ingeniería; usualmente planteamos el problema en término de las ecuaciones que definen la dinámica del sistema, obtenemos un modelo matemático y de requerirlo el sistema o nuestra solución, hacemos prototipos o maquetas que después se someten a pruebas que determinarán el comportamiento del modelo final. Este proceso exige una cantidad de tiempo considerable, por no hablar del gasto que exige el hacer modelos físicos.

Auxiliándonos de herramientas de CAD y simulación en tiempo real, el ingeniero o diseñador puede introducir directamente el modelo del sistema en la computadora y con ambientes de RV probar el comportamiento del sistema bajo condiciones muy próximas a la realidad. Si se necesitan hacer cambios sobre el modelo, no es necesario volver al escritorio a hacer las modificaciones o construir un nuevo prototipo o maqueta. Directamente en el ambiente se pueden hacer los cambios necesarios sobre el modelo o estructura, incluso sobre las condiciones de la simulación y ver los resultados instantáneamente.

El diseño de prototipo virtual acelera en gran medida el tiempo requerido, aparte de reducir sustancialmente los costos, para el análisis y diseño de soluciones en ingeniería y otras áreas.

En la NASA, en el Centro de Investigaciones AMES, se tiene un modelo de túnel de viento virtual en el cual se están probando las condiciones aerodinámicas del transbordador espacial. Los ingenieros pueden cambiar a voluntad su perspectiva de la simulación, a la vez que también pueden seleccionar los flujos de aire, independientemente o agrupados, y estudiar su comportamiento en diferentes perfiles del transbordador.

### 5.7.3. Diseño (CAD) y manufactura (CAM)

Las herramientas de CAD/CAM con las que contamos en la actualidad subsanan muchos inconvenientes de los procesos de diseño tradicionales de forma más o menos rápida y barata, pero casi siempre seguimos teniendo el problema de que el producto final cuenta con algunos detalles que dejan insatisfecho al cliente. Entonces es cuando podemos utilizar sistemas de RV con gran ventaja. Aparte de incorporar las herramientas de CAD/CAM que ya habíamos mencionado, podemos hacer que el cliente dé su opinión sobre el proyecto y corregir cualquier punto de insatisfacción antes de siquiera hacer un solo modelo físico del proyecto. Esto es, podemos hacer una representación del proyecto en un sistema de realidad virtual, con los efectores adecuados, y pedirle al cliente que lo pruebe. De esta forma se pueden estudiar distribución de luces, muebles, facilidad de manejo, etc., pudiéndose corregir esos detalles instantáneamente, contando con un equipo lo suficientemente poderoso y probarlos durante el curso de la misma demostración.

En el ámbito de la manufactura, la RV es una ayuda importante en la programación de manipuladores robot. Utilizando un sistema de telepresencia es posible controlar un brazo robot de la misma forma que moveríamos el nuestro propio. El brazo robot incorporaría una cámara o un juego de cámaras que proporcionarían al operador la misma perspectiva que si éste estuviera en el sitio de ensamble. El operador al mover su brazo hace que el brazo robot se

mueva de forma similar y al mismo tiempo está programando la secuencia de movimientos que el brazo robot necesitara para realizar de forma automática su trabajo. Este tipo de operaciones también tienen la ventaja de que, de presentarse algún inconveniente en la línea de ensamblado, por ejemplo que alguna pieza esté fuera de lugar, el operador pueda arreglar el problema manipulando directamente al brazo.



Ilustración 2: Túnel de viento virtual

#### 5.7.4. Visualización científica

El ejemplo del túnel de viento virtual lo podemos contemplar dentro de los ejemplos de aplicaciones de RV en la visualización científica. En general, los sistemas de visualización existentes son ya una herramienta bastante poderosa, pero si agregamos otras características de los sistemas de RV, podríamos cambiar los puntos de vista durante la simulación de algún fenómeno, incluso meternos dentro del proceso y obtener una idea más clara de lo que está ocurriendo. Si a esto agregamos la posibilidad de manipular en tiempo real las variables o condiciones de la simulación, volvemos a retomar lo dicho en el inicio de este capítulo en el sentido de que la RV se convierte en un vehículo para la enseñanza y comprensión de conceptos ya no sólo para los estudiantes de cualquier nivel, sino inclusive para los investigadores. ¿Qué dificultad habría para un estudiante de primaria empezar a adquirir los principios del álgebra o de la geometría analítica con un ambiente de RV bien diseñado? En

teoría ninguno, siempre y cuando la adquisición y comprensión de estos conocimientos sea bien dirigida y estuvieran dentro del nivel de desarrollo de sus estructuras mentales.

En la Universidad de Carolina del Norte en Chapel Hill, hace años que se está trabajando con un sistema de RV que simula las fuerzas de atracción/repulsión en los enlaces moleculares. El sistema da a entender de una forma más clara el porqué de buscar los mejores ángulos y posiciones para lograr un buen enlace molecular. El sistema incorpora retroalimentación háptica.



**Ilustración 3: Sistema Gripe-II de la UNC en Chapel Hill para el estudio de las fuerzas de atracción/repulsión en moléculas**

### 5.8. El futuro de la RV

El futuro de la RV todavía se presenta incierto de cierta forma. Se tienen muchos problemas que solucionar antes de decir que queda definitivamente incorporada a nuestra vida como una tecnología de uso común y diario. Tenemos, para empezar, el problema de la "fuerza

bruta” que en muchas computadoras PC, es todavía insuficiente, aunque los datos de los últimos cinco años son alentadores respecto de lo que podemos esperar para los siguientes cinco o diez años e incorporarlos para uso en tecnología de RV.

El siguiente problema que queda es el de la disponibilidad y precio de los efectores. Los HMDs han bajado mucho de precio desde los primeros intentos de la NASA a mediados de los 80s para obtener uno a muy bajo precio, pero para el consumidor promedio muchas veces no puede sufragar el gasto de un “juguete” tan caro, por lo menos no en estos días. Tenemos que esperar el abaratamiento definitivo de la tecnología, aparte de un desarrollo considerable que permita elevar el nivel de los sistemas de RV actuales, nivel V6, a por lo menos un nivel V3 dentro de los siguientes diez años, y obtener una confiabilidad mayor en los estímulos para los sentidos que han sido, por ahora, menos abordados dados los gastos y esfuerzos que ello implica actualmente.

Según un artículo del diario *The Economist*<sup>3</sup>, aparecido este año, lo que más ha hecho falta para la tecnología de RV para convertirse en un artículo de uso en el hogar, poniendo aparte los juegos, es una aplicación que sea suficientemente atractiva. Sin ello, la RV sigue siendo para el gran público un juguete que no saldrá de los ambientes académicos o corporativos.

### 5.8.1. Ciberespacio

La RV en las redes es un sueño acariciado desde inicios de los años 80s. En la novela *Neuromancer* de William Gibson se describe una red, un ciberespacio (esté término fue acuñado en dicha novela) en donde la gente navegaba los flujos de información. Quizás no estamos muy lejos de ello, incluso, quizás, ya lo estamos viviendo.

El impulso y aceptación que ha habido del Internet es uno de los factores que también han alentado la implementación de ambientes tridimensionales que cualquiera pudiera visitar en la

<sup>3</sup> TECHNOLOGY BRIEF, Still a virtual reality, *The Economist*,  
<http://www.economist.com/issue/12-10-96/st4054.html>

red. Los problemas que han habido al respecto, radican en el a veces escaso ancho de banda existente para poder transmitir de forma rápida la información de ambientes tridimensionales y la información necesaria para establecer una retroalimentación sensorial amplia. Para enfrentar este problema han surgido iniciativas como la de la elaboración de un lenguaje que describa ambientes tridimensionales que ocupen pocos recursos de la red, pero muchos más en las máquinas en donde se realiza la representación final de ese ambiente. El caso particular es el de VRML (Virtual Reality Modeling Lenguaje -Lenguaje de Modelado de Realidad Virtual-). El inconveniente que presenta VRML es la falta de soporte para poder tener ambientes interactivos, que respondan a nuestras acciones. Versiones posteriores de VRML (en agosto de 1996 se presentó su versión 2.0) deberán aportar soluciones a éste y otros problemas que se presenten y de esta forma poder experimentar una RV aceptable en la red. Una solución que se ha ido contemplando para ello es la de combinar el uso de VRML y Java. Java es un lenguaje orientado a objetos cuyo propósito es el de poder transmitir y ejecutar aplicaciones en la red. El uso de Java puede proporcionar a VRML con los elementos que le faltan para tener ambientes activos, no sólo presentaciones tridimensionales estáticas. El uso de Java sería factible para enviar la información pertinente para el estímulo de otros sentidos, aparte del de la vista (de lo cual se encarga VRML).

### 5.8.2. Mejorando las interfaces

Habíamos visto que de cierta forma la historia de las computadoras es la historia del desarrollo de sus interfaces y de cierta forma la RV es la última expresión en este aspecto. Pero las interfaces que proporciona la RV son todavía perfectibles, sobre todo los efectores que proporciona. Las ideas que se han llegado a plantear se han utilizado ya en la literatura de ficción o en series de TV o en el cine

Los sistemas de RV No Intrusiva se propone que evolucionen hacia sistemas en los que el ambiente proyectado sea muy fiel, con imágenes tridimensionales con las cuales creamos topamos y en algún momento esos ambientes deberán de permitirnos "sentir" los objetos del ambiente sin el uso de efectores, sólo el uso de nuestros miembros y sentidos.



Los sistemas de RV Inmersiva se propone que también eliminen el uso de efectores como los que usamos ahora, HMDs, guantes, varitas, etc., a cambio de tener una comunicación más directa con el cerebro, con nuestros pensamientos. Alcanzar una meta de este tipo implica el realizar estudios más profundos sobre la forma en cómo nuestro cerebro trabaja, sobre cómo recibe y transmite información, cómo la interpreta, en la forma en cómo podemos inducir la información que deseamos en el cerebro (analizar las ondas cerebrales, como interpretarlas, cómo reproducirlas con la información que deseamos, etc.). Definitivamente estamos muy lejos de llegar a una meta ahora, pero tal vez en el futuro, la existencia de las tecnologías habilitantes sea un hecho que permita ejecutar pasos más seguros en esta dirección. Por lo pronto, podemos esperar que se desarrollen efectores más confiables, baratos, accesibles y fáciles de usar para todos y cada uno de los sentidos que describimos en el capítulo uno de este trabajo.

Los avances y la dirección que tome el desarrollo de la RV dependerá en gran medida del interés que el público siga manteniendo en esta tecnología y en sus usos, así como de la forma que su aplicación provoque mejoras en la industria.

## Capítulo VI: Diseño de ambientes de RV

### 6.1. Definir los alcances del ambiente

Antes de diseñar un ambiente de RV conviene revisar las siguientes dos preguntas:

- ¿Es la RV valuable en la aplicación?
- ¿Es la RV viable en la aplicación?

De la respuesta a las dos preguntas anteriores depende mucho el utilizar o no una solución basada en RV. En muchos casos no es conveniente por cuestiones de requerimientos o económicas adoptar una solución de este tipo o francamente se está incurriendo en la necesidad de utilizar algo que no va a funcionar bien para el problema dado.

Tradicionalmente en muchos proyectos, sean o no de RV, se utiliza la metodología de cascada para el diseño de aplicaciones, el cual consiste de las siguientes etapas<sup>1</sup>:

- Especificaciones
- Diseño abstracto
- Diseño concreto
- Implementación

Aquí el paso de una etapa a otra está determinado por las especificaciones del sistema y éstas deben de lograrse a cualquier costo. El rendimiento rápido es algo secundario.

---

<sup>1</sup> Steve Bryson, SIGGRAPH 94, Course notes 2: Developing Advanced Virtual Reality Applications. Pág. 4-3.

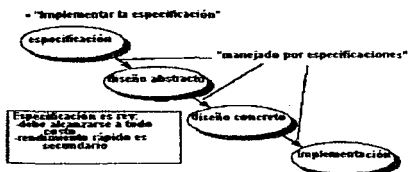


Ilustración 1: Diagrama de la metodología de diseño en "cascada" (waterfall)

La modalidad recomendada es una variación de la de cascada, en la cual uno puede volver a cualquier etapa anterior dependiendo de los requerimientos de rendimiento que se desean en el sistema. Esta variación se llama *Hybrid Top-Down and Bottom-Up Design* (Diseño de arriba-abajo y abajo-arriba).

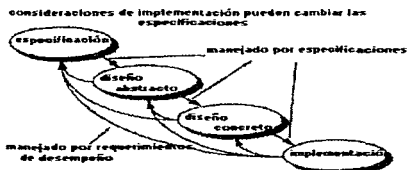


Ilustración 2: Metodología híbrida "arriba-abajo, abajo-arriba" (top-down, bottom-up)

En general, el diseño e implementación de cualquier sistema de RV se puede dividir en siete etapas, que se pueden comprender dentro de las etapas mencionadas anteriormente<sup>2</sup>:

- **Concepción:** Por lo general será la parte que consuma el mayor tiempo. En esta etapa se esbozará de la forma más detallada posible qué es lo que se desea que el ambiente contenga, cómo va a responder y la forma en cómo los usuarios lo van a explorar.

<sup>2</sup> Mark Pesce. VRML para Internet, traducción al español de la obra VRML Browsing and Building Cyberspace. Pág. 214.

- **Planeación:** En esta etapa decidiremos los alcances del sistema, las herramientas que utilizaremos y propondremos los requerimientos estimados en cuanto al poder de cómputo y efectores que necesitaremos. Estos requerimientos se contrastarán con el equipo y recursos disponibles y se fijarán las restricciones para el diseño y construcción. La elaboración de esquemas que describan el ambiente formalmente es recomendado. En la concepción y construcción de soluciones basadas en RV no es necesario tratar de ajustarse a las leyes físicas del mundo real, sino que es hasta recomendable utilizar la relativa libertad que proporcionan los ambientes virtuales.
- **Diseño:** Aquí se refinan detalles estéticos del ambiente para que sea atractivo visualmente.
- **Muestreo:** Se retoman elementos de la etapa de concepción y se estructuran los objetos que forman parte del ambiente y se definen sus atributos y comportamientos. Esto tiene que ver con la definición de la geometría del ambiente
- **Construcción:** Si las etapas anteriores se han realizado con cuidado, en la construcción se podrá proceder de forma rápida y fácil. El conocimiento de las herramientas de construcción es fundamental para evitar cometer errores o caer en inconsistencias. Se construye la base de datos tridimensionales y la aplicación de usuario; el administrador de simulación es alimentado con la geometría de ambiente y las reglas del ambiente.
- **Pruebas:** Se entra en un período de pruebas en el cual se evalúa la respuesta del ambiente, se miden las latencias, se conectan los efectores con los cuales se espera trabajar y se prueba la comodidad, intuitividad y atractivo de uso del ambiente. El período de pruebas es fundamental para detectar las fallas del sistema antes de su publicación.
- **Publicación:** Una vez que se está satisfecho con los resultados, el sistema se pone a funcionar con los usuarios finales.

Ahora, esta metodología no es rígida. Es lo bastante flexible como para que en un momento dado se pueda volver a algunas de las etapas anteriores, desde alguna posterior, a medida que se detecten problemas en cualquier punto, aunque se puede garantizar que la dedicación de tiempos y esfuerzos razonables en cada etapa reducirá al mínimo el volver a etapas posteriores a menos que haya un cambio bastante grande en la concepción, restricciones o atributos de los objetos del sistema.

Las tareas generales que se requieren de sistemas de RV genéricos son<sup>3</sup>:

- Presentación del ambiente
  - gráficos
  - sonido
  - sistema háptico
  - etcétera
- Obtención de datos del usuario
  - lectura de los rastreadores de posición y orientación
  - interpretación de comandos (manipulación)
  - etcétera
- Cómputo del estado del ambiente
  - mover objetos activos
  - reaccionar al usuario
  - etcétera

En cuanto a los requerimientos de rendimiento, podemos considerar estos puntos<sup>4</sup>:

- Vídeo
  - refresco rápido de vídeo (*frame rate*)
  - al menos un *frame rate* de 10 cuadros por segundo
  - depende de la naturaleza de la aplicación
  - si el ambiente es estático o sólo reacciona al usuario 10 cuadros por segundo son suficientes
  - en ambientes con objetos activos movimientos rápidos requieren mayores refrescos de vídeo

<sup>3</sup> Steve Bryson. SIGGRAPH 94, Course notes 2: Developing Advanced Virtual Reality Applications. Pág. 4-4.

<sup>4</sup> *Ibidem*. Pág. 4-5.

- **Interactividad**

- respuesta rápida al usuario (latencia/retardo)
- cuando mucho de 0.1 segundos
- en ambientes estáticos o que sólo reaccionan al usuario el tiempo de respuesta de 0.1 segundos es lo suficientemente pequeño
- en ambientes con objetos activos movimientos más rápidos requieren de retardos (*lags*) más pequeños

Las fallas en el rendimiento se traducen en fallas en el efecto de la presencia tridimensional, una capacidad degradada para interacción, control y contacto con los objetos del ambiente, corriéndose el riesgo de producirse *mareo de movimiento o de simulador* (*motion sickness* o *simulator sickness*).

## 6.2. El hardware

### 6.2.1. Evaluación de dispositivos

Recordando un poco sobre cuando se hablaba sobre conceptos básicos, en cuanto a navegación y manipulación (y considerando los puntos en los que la manipulación se podía dividir, esto es, en selección, interacción y comandos), al evaluar dispositivos para interacción en sistemas de RV, esta evaluación se hará tomando estas tareas en cuenta. Las debilidades encontradas en cada dispositivo dependerán tanto de cómo lo utilizamos físicamente como del software que controle a dicho dispositivo. En todo caso, la investigación y desarrollo de nuevos dispositivos así como de técnicas de interacción no ha cesado y seguirá adelante.

Un dispositivo para interacción en sistemas de RV será mejor en cuanto se desempeñe mejor de acuerdo a las capacidades de navegación y manipulación que nos proporcione, recalcando otra vez que parte de ese desempeño depende del software de control del dispositivo y que siempre el software es susceptible de mejorarse mucho antes que al dispositivo en sí.

Podemos ahora repasar de qué tipo de dispositivos (o efectores) disponemos para interactuar con algún sistema de RV. Algunos de estos dispositivos no ha sido específicamente diseñados para aplicaciones de RV, pero se siguen usando por cuestiones históricas (como el *mouse* y los teclados) y económicas.

Como dispositivos de interacción, disponemos de:

- Guantes (wired gloves)
- Force balls (force balls)
- Varitas y ratones (6DOF wands and mice)
- Boom (Boom)
- Reconocedores de voz (voice recognition)
- Biosensores (Biosensors)
- Ratreadores de ojo (eye tracking)

*Guantes:* Parecen, en la mayoría de los casos, guantes normales, sólo que pueden medir qué tanto tenemos cada uno de nuestros dedos flexionados o extendidos, qué tan abiertos están nuestros dedos entre sí, y, en casos ya un poco excepcionales, la fuerza con la que apretamos nuestros dedos. Los comandos se comunican a través de gestos realizados con la mano y si el guante dispone de un sensor de posición espacial (o de seis de libertad o 6DOF por sus siglas en inglés), nos permite manipular objetos de una forma tan natural como si lo hiciéramos en la vida real. En cuanto a navegación y otras tareas, el guante adolece de que hay que utilizar gestos de la mano que no parecen muy naturales o que requieren de cierto esfuerzo. Otra de las fallas más comunes de los guantes es que, a excepción de casos muy especiales, no proporcionan una retroalimentación háptica.



**Ilustración 3: Guantes. El DataGlove de VPL y el Dextrous Hand Master de Exos**

**Force balls:** Son dispositivos en forma de bola que miden la fuerza que el usuario aplica en cualquiera de sus grados de libertad. Algunos vienen equipados con botones para definir comandos de mucho uso. Son buenos para aplicaciones de navegación o manipulación de objetos. Sus defectos son que son intuitivos, requieren de cierto periodo para entrenamiento antes de usarse y no son muy precisos para la selección de objetos.

**Varitas y ratones:** La varita es un dispositivo que por su forma recuerda a las varitas mágicas, pero hasta ahí acaban las similitudes. Tanto la varita como el ratón o mouse pueden disponer de un sensor de 6DOF para saber cuál es su posición espacial con respecto al ambiente virtual. Son excelentes para las tareas de navegación, selección e interacción con objetos en los ambientes virtuales, pero tienen el problema de que los sistemas de sensores de 6DOF, dependiendo de su tipo, pueden afectar el rendimiento del dispositivo en general, a la vez que a su costo.

**Boom:** Este dispositivo combina dos tareas, a la vez que puede funcionar como un efector visual y funciona también como un dispositivo de navegación. Usualmente consta de una caja en donde se encuentra un visor de muy buena calidad conectado a través de una serie de brazos mecánicos a un poste de soporte. Dentro de sus ventajas más notables se encuentran su capacidad de navegación, es muy intuitivo y posee botones de comandos para tareas sencillas, aparte de que el retraso del sensor es mínimo (usualmente el sensor de posición espacial es de



tipo mecánico). Sus deficiencias se encuentran en su poca capacidad de manipulación de objetos.

*Reconocedores de voz:* Los reconocedores de voz proporcionan la gran ventaja de que con simples y cortas instrucciones verbales podemos llamar comandos e interactuar con objetos. Su desventaja es que no proporcionan un medio rápido de navegación.

*Biosensores:* Estos sensores son por lo regular pequeñas plaquitas conectadas a la piel que pueden medir la actividad eléctrica de los músculos. De esta forma, con simples gestos de la cara (boca, cejas, mejillas, mentón, párpados, etc.) o algún otro músculo, podemos llamar comandos e interactuar con algunos objetos.

La investigación en cuanto a biosensores está en etapas iniciales, así que todavía falta mucho para saber que se puede esperar de dispositivos basados en ellos.

*Rastreadores de ojo:* Estos dispositivos se utilizan para rastrear la dirección hacia la cual el ojo ve, de forma que con sólo mirar hacia un objeto se le puede seleccionar y llama un menú de comandos para poder manipular a este. Este tipo de dispositivos, junto con los biosensores, proporcionarían los medios de interacción necesarios para personas discapacitadas en sus funciones motoras. Todavía se encuentran en desarrollo.

Estos serían de forma genérica los dispositivos con los que regularmente se contará para interactuar en sistemas de RV, pero no son los únicos. Hay otros de propósito específico que no incluyo por el momento, pues dependen mucho de la aplicación para la cual fueron pensados, cómo serían por ejemplo: botas para ski virtual, bicicletas, una tabla de surf virtual, etc. Muchos de estos dispositivos por lo regular se utilizan para simular el movimiento esperado en determinada actividad física y actuar en función de ello.

### 6.3. El software

Al diseñar ambientes virtuales podemos adoptar cualquiera de las tres filosofías:

- Ambiente pasivo: es completamente estático, o sea, no más allá de cambiar el punto de vista (navegar). Este es el caso de la mayoría de los paseos virtuales arquitectónicos.
- Ambiente reactivo: los cómputos ocurren únicamente en función de los actos del usuario. Este sería el caso de los paseos virtuales arquitectónicos en los cuales el usuario pueden tomar y mover objetos, así como también de la mayoría de las demostraciones de *Garage VR* o *RV casera*.
- Ambiente activo: los cómputos ocurren independientemente de lo que haga o no el usuario. Este sería el caso de simulaciones físicas con objetos activos, p.e. simuladores de vuelo, entrenadores, juegos, etcétera.

En la programación se puede adoptar cualquiera de los siguientes modos:

- Manejada por eventos: apropiada para ambientes pasivos o reactivos con capacidades de interacción muy limitadas.

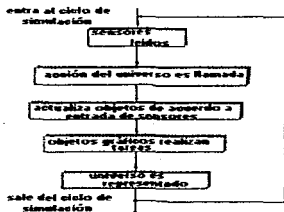


Ilustración 4: Diagrama de flujo de un proceso manejado por eventos

- Ciclo de simulación: apropiada para ambientes activos en los cuales todos los objetos mostrados al mismo tiempo de pantalla tienen estados válidos para un mismo tiempo de ambiente (paso temporal actual, o sea, no hay paso en el tiempo hasta que los estados de todos los objetos en pantalla hayan sido computados).

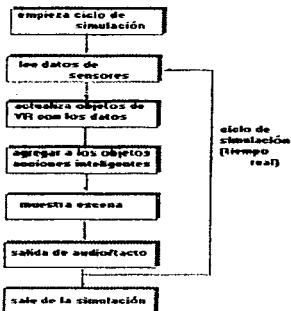


Ilustración 5: Diagrama de flujo del ciclo de simulación

- Concurrencia: apropiado para ambientes activos en los cuales todos los objetos mostrados al mismo tiempo en pantalla tienen estados válidos en la cercanía del mismo tiempo de ambiente (ligero desfaseamiento en los cálculos de los estados de los objetos).

#### 6.4. El tiempo de respuesta

Este depende en gran medida de la filosofía que adoptemos para diseñar el ambiente. En general, los sistemas pasivos requieren menos tiempo de cómputo, por lo tanto su tiempo de respuesta es mucho menor que si adoptamos un ambiente de tipo activo en el cual las variables que hay que monitorear y los refrescos de estado son muchos. Este tiempo depende también de la

plataforma de hardware que adoptemos. Tenemos una proporción inversamente proporcional entre el tiempo de respuesta y el costo de la plataforma de hardware.

Muchas veces el estimado del tiempo de respuesta global del sistema sólo se obtiene al pasar al período de pruebas, pero tiempos por debajo de los 100 milisegundos se consideran bastante buenos.

## **Conclusiones**

La RV representa una revolución cultural en cuanto a que modifica substancialmente las formas de elaboración y comunicación de ideas, pues tiende a acercarse en sus paradigmas a la forma en como interpretamos el mundo y a la vez nos permite ir más allá de esas interpretaciones al darnos la habilidad de experimentar con nuevos conceptos no posibles en la realidad.

La RV funciona como un sincronizador mental, ideal para el intercambio de ideas, pues permite la situación de marcos de referencia comunes independientemente de los antecedentes culturales o sociales de los usuarios.

Al mismo tiempo la RV representa un medio para alcanzar las metas de la amplificación de la inteligencia como lo propone J.R.C. Licklider, permitiendo la complementación hombre-máquina.

Desde el punto de vista cibernético, la RV reduce la entropía de la información al poder incorporar redundancia en la comunicación utilizando el mayor rango posible de nuestra percepción sensorial.

Desde un punto de vista filosófico, las computadoras son un teatro en el cual la RV es el escenario y los usuarios hacen el drama. Este concepto permite explorar diversas aplicaciones no técnicas de la RV, así como de muchas otras tecnologías relacionadas.

Considerando el potencial que proporciona esta tecnología, la RV no puede ser considerada como moda o juego pasajero. Más bien, hay que valorar en su justa medida la importancia de ésta en términos de las ventajas que nos da, ahorro en tiempo, dinero, disminución de riesgos y percepción más clara o intuitiva de la información.

Como aclaración pertinente queda el mencionar que la mayor limitante al desarrollo de sistemas de RV está en función del poder de cómputo del que dispongamos y de los costos de los

efectores que a nivel comercial encontremos. De acuerdo a la taxonomía de Zeltzer, actualmente los mejores sistemas de RV se ubican en una coordenada (0, 1, 1) -sin autonomía, con interactividad y con sensación de presencia-. Se notan grandes avances para los próximos 3 a 5 años, considerando el poder de cómputo al cual nos podemos allegar como usuarios finales, pudiéndose alcanzar en ese plazo sistemas que estén en el (1, 1, 1) -autonomía, interacción y presencia completas-. La idea consiste en no quedarse atrás en el uso y desarrollo de este tipo de sistemas, sino en saber incorporarlos en los sistemas productivos y educativos y que de esa incorporación haya beneficios en ambos sentidos, en el incremento de la productividad y en el desarrollo de la tecnología y la educación.

Al proponer soluciones basadas en RV, se deben de tomar en cuenta las siguientes dos cuestiones como piedras angulares que determinarán si se incorporan o no: el valor que el uso de RV represente en la solución y la viabilidad de poder implementar RV dentro de la solución. Si no se contestan de forma afirmativa ambas cuestiones, no es factible utilizarla.

Los objetivos propuestos al inicio de este trabajo se han alcanzado en cuanto a que se proporciona una visión general del estado actual de esta tecnología, la cual podrá servir como base para desarrollar trabajos que se enfoquen de forma más detallada a aspectos particulares de la RV, e incluso orientar sobre desarrollos que se quieran realizar en este campo.

Cabe resaltar que independientemente de la metodología que se emplee para diseñar e implementar sistemas de RV, hay dos consideraciones básicas que hacerse: los factores humanos del ambiente y los requerimientos de sistema. Estas consideraciones a su vez engloban otras cada vez más particulares, pero en general nos sirven para saber cómo atacar esos problemas. Si bien la propuesta original era la proposición de una metodología general para la aplicación de la RV en el campo de la ingeniería, la propuesta resultó de una naturaleza mucho más general, pudiéndose aplicar en cualquier ámbito.

A medida que se fue elaborando este trabajo, se cambió la apreciación que se tenía sobre esta tecnología en un aspecto muy sutil. Anteriormente se consideraba a la RV como un fin, pero

al terminarlo, la visión cambió de la de un fin a un medio. La RV es solo un medio más de comunicación de ideas y conceptos, si bien uno muy completo; es todavía muy costoso para poderse llevar al hogar promedio, incluso para su aplicación en muchas áreas de la industria y del quehacer humano.

El lograr que la RV rebase estos límites dependerá de los avances en los siguientes 5 a 10 años, en los cuales la tecnología tendrá que abaratarse lo suficiente y se encontrarán aplicaciones de naturaleza más cotidiana que las de sólo un medio de entretenimiento (que es como se está introduciendo en estos momentos en los hogares) o como instrumento de laboratorio.

Santiago Igor Valiente Gómez

Febrero de 1997.

## Apéndice A: El PowerGlove de Mattel

El PowerGlove es la versión económica del Data Glove de VPL y en lugar de fibra óptica utiliza bolsas de tinta conductoras de electricidad pegadas a los dedos. Por simplificación de diseño se omitió el dedo meñique y éste se considera como moviéndose junto con el dedo anular. La forma en como se sensa su posición y orientación es a través de dos emisores de ultrasonido que se encuentran en el dorso de la mano y tres receptores en disposición de escuadra que se colocan alrededor de la pantalla de televisión o del monitor de la computadora.



Ilustración 1: El PowerGlove de Mattel

Fue introducido al mercado en 1989, antes de Navidad, el PowerGlove estaba conceptualizado como un controlador para videojuegos del sistema Nintendo, razón por la cual incorporaba 14 distintos programas para poderse usar en la línea de 150 juegos existentes en esos días para el sistema, además de un tablero montado en el antebrazo para emular el controlador estándar de Nintendo. Originalmente este dispositivo se vendía por alrededor de US\$80.00.

Se manufacturaron 1.3 millones de unidades del PowerGlove y dado el escaso éxito que tuvo entre el público infantil y adolescente al cual iba dirigido se dejó de fabricar en 1991.



A raíz de un artículo publicado en la revista Byte, de julio de 1990<sup>1</sup>, en el cual se analizaban el Data Glove de VPL, el Dexterous Hand Master de Exos y el PowerGlove como dispositivos para manipular la información de la computadora en sustitución del mouse, empezó a causar interés la adquisición del PowerGlove para destinarlo a estos usos, pues en un anexo del artículo se publicó la forma en como el PowerGlove manejaba sus paquetes de datos, además del diagrama de tiempos para la transmisión de éstos y la forma en la cual conectarlo al puerto paralelo de una PC.

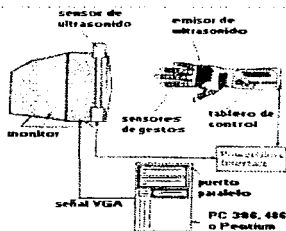


Ilustración 2: El sistema PG con una PC

El PowerGlove responde en 4 grados de libertad: eje x (izquierda y derecha), eje y (arriba y abajo), eje z (adentro y afuera) y rotación sobre el eje z, con una resolución de  $\frac{1}{4}$  de pulgada. El guante posee un microprocesador que analiza las flexiones de los dedos y realiza la conversión de datos para su transmisión. La flexión de los dedos sólo adquiere 4 valores posibles: 0 (totalmente extendido), 1 (ligeramente flexionado), 2 (medianamente flexionado) y 3 (completamente flexionado). El rango de uso es de 3 a 15 pies de distancia del juego de receptores, y dentro de un rango de 6 pies se obtiene una precisión de  $\frac{1}{4}$  de pulgada. El ángulo efectivo de trabajo es de  $45^\circ$  a partir del eje central.

El guante trabaja en dos modos: de baja y de alta resolución. El de baja resolución sirve para emular el controlador Nintendo, mientras que el de alta resolución es el que transmite

<sup>1</sup> Reach Out and Touch Your Data. Howard Eglowstein. Págs. 283-290

información sobre las coordenadas espaciales. El modo de alta resolución consiste en series de paquetes de 12 bytes, en el formato siguiente:

Byte

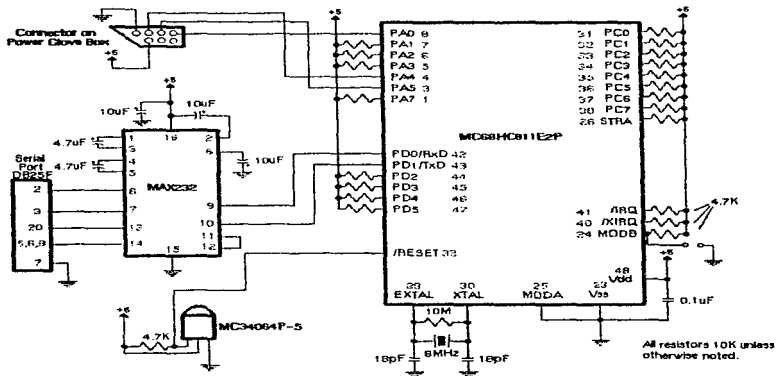
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A0	X	Y	Z	muación	dedos	teclas	00	00	3F	FF	FF

- 2 bits por dedo, para un total de 8 bits.

En la implementación original, por puerto paralelo, se hace una conversión del conector estándar de 7 pines del PowerGlove (PG) a algunas líneas del puerto paralelo estándar bidireccional.

Hay una variante para puerto serial que es de dominio público, llamada "caja de Menelli"<sup>2</sup>, basada en un microprocesador HC11 de Motorola.

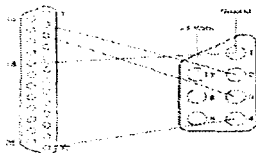
### 68HC11 Based Power Glove Interface - Ron Menelli 11/19/91



<sup>2</sup> <http://www.cms.dmu.ac.uk/~cpl/menelli.html>

El guante maneja la transmisión de datos de forma serial, pero no posee un generador de reloj propio para la transmisión. La computadora debe de proporcionarle al guante las señales de reloj (clock) y latch. El guante trabaja con +5V nominales.

El diagramas de conexión es el siguiente:



#### Conector Nintendo del PG

1. Tierra
2. Clock
3. Latch
4. Data Out
5. no aplicable
6. no aplicable
7. +5V

#### Conector DB-25

18. Tierra
2. Data 0 (Clock)
3. Data 1 (Latch)
13. +Selección(Data In)

Fuente externa de +5V

En el Internet se pueden obtener muchas más referencias sobre el PowerGlove, así como programas fuente para su uso.

Las librerías Rend386<sup>3</sup> para programación de ambientes virtuales soportan ampliamente al PowerGlove.

<sup>3</sup> Bernic Rochl, University of Waterloo, Electrical Engineering Dept. e-mail: brochl@sunec.uwaterloo.edu

La experiencia trabajando el PowerGlove indica que efectivamente es una alternativa muy económica para obtener un efector de entrada y navegación si se está dispuesto a sacrificar precisión y rapidez. Los sensores de ultrasonido del PG son extremadamente susceptibles a interferencia, y junto con problemas de sincronización (debido al programa que envía las señales a través del puerto paralelo para el control del guante) es muy fácil perder de vista la representación gráfica del guante o que haga cosas que uno no quiere. Además resulta bastante incomodo después de 15 o 20 minutos de uso.

En cuanto a implementación resulta muy sencillo hacer la adaptación del conector, pero es algo complicada la programación del puerto paralelo, sobre todo por la precisión que se requiere en los ciclos de reloj que se van a generar ahí. Lo recomendable es utilizar algún programa de los que se encuentran en Internet y modificarlo para obtener los resultados deseados. El uso del guante en ambientes virtuales se facilita mucho si se utilizan librerías, como el ya mencionado Rend386, que soporten su uso.

En conclusión resulta una experiencia interesante trabajar el PG e intentar ponerlo a funcionar. El esfuerzo vale la pena al poder ver una mano en la pantalla que replique las acciones de nuestra propia mano aunque, como ya mencione, uno se cansa a los 15 o 20 minutos de usarlo por la dificultad de lograr ciertas acciones. sobre todo la de mover la mano posiciones muy exactas y manipular objetos.

## Apéndice B: El Reality Engine de SGI

SGI, compañía prestigiada por sus plataformas para visualización y graficación interactiva, desarrolló a principios de los años 90s una arquitectura llamada *Reality Engine*. Dicha arquitectura fue desarrollada especialmente para sistemas de gráficos interactivos, es decir, en tiempo real tal como se requiere en aplicaciones de RV.

El esquema general de la arquitectura es como sigue:

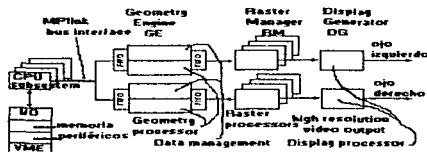


Ilustración 1: Esquema de la arquitectura del Reality Engine de SGI

El Geometry Engine es el componente que maneja la transferencia de datos desde el bus MPLink y el proceso de datos geométricos cuando éstos pasan al pipeline. Los FIFOs son utilizados para evitar encolamientos o cuellos de botella en el pipeline.

El Raster Manager procesa los datos que vienen del Geometry Engine dentro de un convertidor de rastreo de pixeles y después carga estos datos en la memoria buffer. Adicionalmente desempeña las funciones de texturizado, colorizado, anti-aliasing, efectos de niebla, luz y eliminación de superficies ocultas.

El Display Generator toma la información de los buffers de frame y la procesa en convertidores digital/análogo.

El desempeño general del Reality Engine es<sup>1</sup>:

- Polígonos texturizados: hasta 210.000 polígonos por segundo.
- Tasas de relleno de texturas: hasta 320 millones de píxeles por segundo.
- Salida de píxeles: 2.6 millones de píxeles por segundo en sistemas con resolución de 1280 x 1024 píxeles desde cada pipeline.
- Acceso a memoria de texturas: 50 Mbytes por segundo.

---

<sup>1</sup> Datos de 1992. The Science of Virtual Reality and Virtual Environments, Roy S. Kalawsky.

## Apéndice C: Scratch, Librerías y Editores

En la actualidad existen tres modos de implementar ambientes virtuales: scratch (programando todo uno mismo), uso de librerías o uso de editores.

Cuando se programa a partir de scratch, o sea, a partir de cero, uno se encuentra con la dificultad de tener que hacer todo: desde el ambiente gráficos hasta los manejadores de los efectores. Requiere mucho tiempo, pero los resultados suelen ser muy satisfactorios al obtenerse precisamente lo que uno necesita. Se requiere un conocimiento profundo de la programación de gráficos interactivos y animación.

El uso de librerías, como el Rend386<sup>1</sup>, proporcionan la facilidad de que las rutinas gráficas y de manejo de los efectores ya están hechas y uno se concentra más en la implementación de su ambiente virtual. Las librerías suelen ser muy poderosas, pero a final de cuentas estaremos limitados a los conceptos que manejen las librerías y tendremos que ajustarnos a lo que estas proporcionen quedando la opción de que si necesitamos algo más siempre podemos complementar las librerías con nuestras propias rutinas. Esta modalidad no consume tanto tiempo como la primera, pero también requiere cierta destreza en la programación.

Por último quedan los editores de ambiente. Siendo éstos de naturaleza comercial en su mayoría, realmente no requieren que la destreza que se requiera programando sea mucha, es más, en muchos casos no se requiere tener habilidad como programador. Dichos editores suelen ser de tipo gráfico y se proporciona una librería de objetos disponibles para construir el ambiente virtual. Se suele establecer asociaciones entre los objetos y también con pequeñas rutinas (*scripts*) que determinarán el comportamiento del objeto ante determinadas acciones o eventos.

---

<sup>1</sup> Se consigue en Internet. Su autor es Bernie Roehl, University of Waterloo, Electrical Engineering Dept. e-mail: broehl@suncc.uwaterloo.edu

El desarrollo con editores es sumamente rápido, pero estamos completamente restringidos en lo que se quiera hacer a lo que el editor permita.

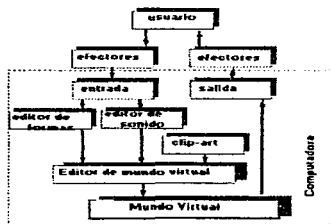


Ilustración 1: Esquema del funcionamiento de editores para crear ambientes de RV

A raíz del impacto que el conocimiento público de la RV trajo, muchas empresas se crearon que pusieron a la venta este tipo de herramientas de desarrollo. La ventaja de muchas de ellas es que se pueden desarrollar ambientes de RV con independencia de la plataforma de hardware que se disponga. Entre los productos que se encuentran están: Superscape de New Dimension International, Virtual Reality Studio, Swivel de VPL (de naturaleza académica), WorldToolkit de Sense8 y VREAM Virtual Reality Development System, entre muchos otros productos que se están desarrollando y que son cada vez más poderosos.



## Glosario

### A

Administrador de simulación	<i>(Simulation manager)</i> Es la parte de la aplicación de RV que se encarga de coordinar todos los eventos que ocurren en el ambiente.
Amplificación de la Inteligencia	<i>(Intelligence Amplification)</i> Propuesta en la cual no se pretende crear una inteligencia artificial parecida o superior a la humana, sino en complementar los atributos en los cuales los humanos demuestran tener gran capacidad con los que las computadoras o máquinas demuestran ser superiores.
Aplicación de usuario	Es la parte que el usuario ve del software de RV.
Arca de	<i>(Arcade)</i> Video juego.
ARPA	<i>(Advanced Research Projects Agency / Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada)</i> Institución creada por el gobierno de los Estados Unidos de Norteamérica como respuesta al lanzamiento del <i>Sputnik</i> en 1957. En ella se desarrollaron muchos de los conceptos y tecnología que actualmente se utilizan en computación e informática.
Atracción	<i>(Engagement)</i> Es una medida en la cual se determina la atracción que ejerce un ambiente virtual o una aplicación sobre el o los usuarios.
Audio tridimensional	<i>(3D audio)</i> Sonido que proporciona información acerca de la posición espacial y movimiento acerca del objeto que lo emite.

### B

Bases de datos tridimensionales	<i>(3D Databases)</i> Conjunto de registros que contienen información acerca de los objetos que pertenecen a un ambiente virtual y la relación entre ellos y con el ambiente mismo.
BOOM	Efecto de salida de video. Semejante en forma con una grúa de torre.

### C

Campo de vista	<i>(Field of view)</i> Es el rango total que percibimos de un estímulo. El campo de vista visual de un humano es de aproximadamente 180° horizontales por 140° verticales. El campo auditivo en promedio va de los 5Hz a los 20 kHz.
----------------	--

<b>Catarsis</b>	Proceso de purificación de los sentidos y el alma según Aristóteles. Alivio de las emociones desagradables presenciando su representación en una producción artística, como el drama. Alivio de una excitación anormal restableciendo la relación entre la emoción y el objeto que la excitó originalmente. Diccionario de Psicología. Howard C. Warren, editor. Traducción y revisión de E. Imaz, A. Alatorre y L. Altamirano. 1948. Fondo de Cultura Económica, México. Pág. 44.
<b>Ciberspacio</b>	( <i>Cyberspace</i> ) Término acuñado por William Gibson en su novela <i>Neuromancer</i> para describir una gran comunidad virtual en la cual todos se conectan a la red y navegan la información. Actualmente se utiliza para denominar los espacios a los cuales podemos acceder a través de las redes mundiales de computadoras.
<b>Cibernética</b>	Ciencia del estudio de los sistemas de control y de regulación.
<b>Ciclo de simulación</b>	( <i>Simulation Loop</i> ) Forma de programación para ambientes de simulación o RV. Consiste en el manejo de ciclos que para ser completados y pasar al siguiente, se necesita tener actualizados los estados de todos los objetos que pertenecen al ambiente.
<b>Computación</b>	Ciencia de los cómputos. Someter datos al tratamiento de una computadora. <i>Gran Diccionario Patria de la Lengua Española</i> . Tomo II. 1983. Ed. Patria, México.
<b>Computadora</b>	Término genérico para indicar un sistema para el procesamiento de datos. Si no se indica lo contrario por computadora se entiende una máquina digital para el cálculo numérico o para la gestión de listas de caracteres. Diccionario de Términos Informáticos. Biblioteca Básica de Informática. 1985. Ingelek. Chile.
<b>Complejidad</b>	( <i>Complexity</i> ) Es la estructura de la escena y también puede determinar la calidad de ésta.
<b>Convertidor de señal</b>	Dispositivo que transforma una señal de forma que sea manejable por otro dispositivo.
<b>CPU</b>	( <i>Central Processing Unit / Unidad Central de Proceso</i> ) Dispositivo que consta de una unidad de control, una unidad lógico-aritmética y memoria. Es la parte de la computadora que se encarga de procesar las instrucciones.
<b>Cyberpunk</b>	Movimiento literario que nace a principios de los años 80s. Se caracteriza por la presentación de sociedades en las que se contrasta el uso de alta tecnología, principalmente de información, con organizaciones sociales de tipo clan.

**D**

- Data Glove** Dispositivo de tipo guante. Fabricado utilizando fibra óptica.
- Desktop VR** (*RV de escritorio*) Término utilizado para denominar todos aquellos sistemas de RV que se hacen con computadoras personales y con aplicaciones poco poderosas. Ver *Garage VR*.

**E**

- Efector** Dispositivos de entrada/salida que son los que proporcionan de forma directa los estímulos sensoriales a los usuarios de sistemas de RV.

**F**

- Force Ball** (*Bola de fuerza*) Efector de navegación para sistemas de RV. Consiste de una bola a la cual se le aplican fuerzas o giros en determinadas direcciones y esto se traduce en direcciones o acciones que se replican en el ambiente de RV.

**G**

- Garage VR** (*RV de cochera / RV de aficionado*) Vertiente de la RV que intenta buscar alternativas baratas y accesibles para hacer desarrollos caseros de RV, utilizando principalmente adaptaciones de juegos de video o dispositivos de manufactura casera.
- Geometría** (*Geometry*) Información sobre la disposición de los objetos en un ambiente de RV y las relaciones entre ellos.
- Guante** (*Glove*) Efector de entrada para ambientes de RV. En modelos sofisticados que proporcionan una retroalimentación háptica, funciona también como efector de salida.

**H**

- Háptico** (*Haptic*) Es la conjunción de los sistemas mecanorreceptores (tacto, texturas) y propioceptores (sensado de fuerzas y masas).
- Hardware** Todos los elementos físicos, tangibles, que forman parte de una computadora.

- HMD** (*Head Mounted Display / Visor Montado en la Cabeza*) Efector de salida que consiste en un casco con pantallas enfrente de los ojos. Sirve para aumentar la sensación de inmersión en ambientes de RV.
- Hood** (*Capucha*) Efector de salida. Es un cono que se coloca enfrente del monitor de la computadora. Dentro de él hay una división de tal forma que al poner la cara enfrente y manejando una división de pantalla en el monitor de la computadora, se puede percibir imágenes estereoscópicas.
- I**
- Infonauta** Navegante de la información.
- Informática** Conjunto de conocimientos científicos y técnicas que hacen posible el tratamiento automático de la información por medio de calculadoras electrónicas. *Gran Diccionario Patria de la Lengua Española*. Tomo IV. 1983. Ed. Patria. México.
- Interfaz** (*Interface*) Mecanismo a través del cual dos partes de un sistema se pueden comunicar entre sí.
- L**
- Latencia** (*Latency*) Tiempo que transcurre entre la ejecución de una acción con un efector de entrada y la actualización que dicho acto provoque en un ambiente de RV.
- M**
- Máquina de realidad** (*Reality Engine*) Parte de la computadora (hardware y software) que se encarga del procesamiento y manejo de ambientes virtuales.
- Marco de simulador** (*Simulation sickness*) Es un fenómeno que se presenta en los simuladores o ambientes virtuales cuando hay un desfase entre lo que se percibe y lo que se espera percibir.
- Mecanorreceptor** Es el mecanismo que en nuestro sentido del tacto nos proporciona información sobre dureza y textura de los objetos.
- Mimesis** Proceso mediante el cual se evocan determinadas emociones, según Aristóteles. T coria según la cual el arte es una especie de imitación. *Diccionario de Psicología*. Howard C. Warren, editor. Traducción y revisión de E. Imaz, A. Alatorre y L. Alarinos. 1948. Fondo de Cultura Económica. México. Pág. 278.

**Mouse aéreo** Efector de entrada, que a diferencia de un mouse normal, proporciona navegación en el espacio tridimensional.

**N**

**NASA** (*National Aerospace Agency / Agencia Nacional Aeroespacial*) Dependencia gubernamental de los Estados Unidos de Norteamérica dedicada al desarrollo de la infraestructura y tecnologías necesarias para el uso y exploración del espacio.

**P**

**Pixel** (*Picture Element*) Elemento base más pequeño de una imagen digital. Diccionario de Términos Informáticos. Biblioteca Básica de Informática. 1985. Inpelek. Chile.

**PowerGlove** Efector de tipo guante. Es una versión económica del Data Glove que en lugar de fibra óptica utiliza bolsas de tinta conductora de electricidad.

**Programación dirigida a eventos** (*Event Driven Programming*) Paradigma de programación en la cual se construye un monitor de eventos y éste al detectar determinado evento ejecuta la rutina apropiada. Adecuada para sistemas de RV pasivos y con poco poder de cómputo.

**Programación orientada a objetos** (*Object Oriented Programming*) Paradigma de programación en la cual se manejan entidades lógicas con identidad y comportamiento propios.

**Propriocepción** Recepción de estímulos procedentes del interior del organismo. *Gran Diccionario Patria de la Lengua Española*. Tomo V. 1983. Ed. Patria. México.

**Proprioceptivo** Dícese de los estímulos nerviosos producidos dentro de los tejidos por la acción del propio organismo y también de la recepción de esos estímulos. *Gran Diccionario Patria de la Lengua Española*. Tomo V. 1983. Ed. Patria. México.

**R**

**Rastreador de posición y orientación** (*Position and orientation tracker*) Dispositivos que se encargan de sensar la posición y orientación de efectores en el espacio tridimensional.

**Realidad ampliada** (*Enhanced Reality*) Ver *Realidad superpuesta*.

**Realidad aumentada** (*Augmented Reality*) Ver *Realidad superpuesta*.

**Realidad artificial** (*Artificial Reality*) Término sinónimo de la RV. Hay quienes la identifican con la *Realidad proyectada*.

---

Realidad de tanque de peces	<i>(Fish Tank Reality)</i> Ver <i>Realidad proyectada</i> .
Realidad inmersiva	<i>(Immersive Reality)</i> Rama de la RV con la que se asocia comúnmente el término. Se refiere a todos aquellos sistemas que bloquean la percepción del ambiente real para ayudar a la <i>inmersión</i> en un ambiente virtual.
Realidad intrusiva	<i>(Intrusive Reality)</i> Ver <i>Realidad inmersiva</i> .
Realidad no intrusiva	<i>(Non-Intrusive Reality)</i> Se refiere a todos aquellos sistemas de RV en los cuales no se requiere el uso de efectores para proporcionar la sensación de <i>inmersión</i> . Ver <i>Realidad proyectada</i> .
Realidad proyectada	<i>(Projected Reality)</i> Sistemas de RV en los cuales se suele hacer una proyección del ambiente virtual sobre las paredes de una habitación. Existe una cámara que envía los gestos del usuario a una computadora para ser interpretados y actuar en función de esa interpretación.
Realidad superpuesta	<i>(Superimposed Reality)</i> Sistemas de RV en los cuales se hacen proyecciones del ambiente virtual sobre el ambiente real, aprovechándose las ventajas de ambos.
Realidad virtual	<i>(RV / Virtual Reality)</i> Describe a todas aquellas técnicas avanzadas de simulación por computadora con las cuales se pretende obtener la mayor retroalimentación sensorial posible con el objeto de manipular datos e intercambiar información de forma mucho más natural e intuitiva.
Resolución	<i>(Resolution)</i> Es el grado de fineza con la que se obtiene una medición o dato. En una imagen, es la cantidad de puntos que la conforman.
Retraso perceptual	<i>(Perceptual Lag)</i> Es el tiempo por arriba del cual empezamos a notar que cualquier cambio en el estado de los objetos en el ambiente o en el punto de vista no es registrado inmediatamente y hay una descompensación entre lo que se espera percibir y lo que se percibe conduciendo a lo que se llama mareo de simulador.

**S**

Sentidos	Mecanismos a través de los cuales obtenemos información sobre el medio ambiente que nos rodea. Tradicionalmente se consideran cinco: visión, oído, tacto, olfato y gusto. Para los fines de la RV se consideran también: balance, sistema feromonal y sistema inmunológico.
----------	---

---

Shutter Glasses	<i>(Anteojos de persiana)</i> Anteojos de cristal líquido que sincronizados con el sistema de video de la computadora bloquean cada fracción de segundo determinada la vista del ojo izquierdo o del derecho al mismo tiempo que se visualiza en el monitor de la computadora la imagen que corresponde al ojo no bloqueado. El efecto final es el de imágenes en 3D estereoscópicas.
Software	Elementos lógicos o de programación de una computadora.
<b>T</b>	
Telepresencia	Rama de la RV en la cual la retroalimentación sensorial no es generada por una computadora, sino por dispositivos a distancia. Ideal para evaluación de escenarios sobre todo aquellos en los que un humano físicamente no puede estar.
Transputers	Computadoras transmisoras.
<b>V</b>	
Velocidad de representación	<i>(Rendering Speed)</i> Es la medida de tiempo que le toma a la computadora poder recalcular una escena de acuerdo a los requerimientos de movimiento o actualización de estado de los objetos contenidos en ella.
<b>W</b>	
Wand	<i>(Varita)</i> Efector de entrada que semeja una varita y que permite navegar en el espacio tridimensional.
WoW	<i>(World on Window / Mundo en ventana)</i> Modalidad de la RV en la cual el paradigma es el manejo del monitor de la computadora como una "ventana" al mundo virtual. Ver <i>Desktop VR</i> .
<b>3</b>	
3DOF	<i>(Three Degrees Of Freedom / Tres grados de libertad)</i> Se refiere a la capacidad de moverse espacialmente sobre los ejes cartesianos $x$ , $y$ y $z$ .
<b>6</b>	
6DOF	<i>(Six Degrees Of Freedom / Seis grados de libertad)</i> Se refiere a la capacidad de moverse espacialmente sobre los ejes cartesianos $x$ , $y$ y $z$ , así como de realizar rotaciones sobre dichos ejes.

## Bibliografía

*Adventures in Virtual Reality.*

Tom Hayward.

QUE.

1993.

*Artificial Reality II.*

Myron W. Krueger.

Addison Wesley.

1990.

*Cibernética y Sociedad* (traducción de la obra *The Human Use of Human Beings. Cybernetics and Society*).

Norbert Wiener.

Editorial Sudamericana.

1969.

*Cyberarts: Exploring Art & Technology.*

Linda Jacobson.

Miller Freeman, Inc.

1992.

*Cyberspace: First Steps.*

Michael Benedikt.

The MIT Press.

1991.



*El Camino hacia la Realidad Virtual.*

Victor M. Chapela Barba.

Memorias del 2º Congreso Metropolitano para Estudiantes de Ingeniería. Tomo II:  
Computación e Informática.

AMIME/CIME.

1993.

*Experiential Computing: Virtual Reality in Manufacturing, Medicine, Entertainment,  
Cyberspace, Research, Art, Sports.*

Autores varios.

IRIS Universe: The Magazine of Visual Computing, 36.

Silicon Graphics, Inc.

Summer, 1996.

*Garage Virtual Reality.*

Linda Jacobson.

SAMS Publishing.

1994.

*SIGGRAPH 93 Course Notes 23: Applied Virtual Reality.*

Robin Bargar, Frederick P. Brooks Jr., Sumit Das, Scott Fisher, James Helman, Daniel Sandin.

ACM SIGGRAPH.

1993.

*SIGGRAPH 94 Course Notes 2: Developing Advanced Virtual Reality Applications.*

Steven K. Feiner, Randy Pausch, Dennis Proffitt, Henry Sowizral, Andries van Dam.

ACM SIGGRAPH.

1994.

*SIGGRAPH 94 Course Notes 17: Programming Virtual Worlds.*

Stephen Ghee, Mark Mine, Jon Naughton-Green, Randy Pausch.

ACM SIGGRAPH.

1994.

*SIGGRAPH 95 Course Notes 9: Developing Advanced Virtual Reality Applications.*

Ronald Azuma, Randy Pausch, Dennis Proffitt, Henry Sowizral, Andries van Dam.

ACM SIGGRAPH.

1995.

*SIGGRAPH 96 Course Notes 14: Introduction to Virtual Reality.*

Pat Gelband, Stephen Ghee, Randy Pausch, Hans Weber.

ACM SIGGRAPH.

1996.

*Silicon Mirage: The Art and Science of Virtual Reality.*

Steve Aukstakalnis & David Blatner.

Peachpit Press, Inc.

1992.

*Virtual Reality.*

Autores varios.

IEEE Computer Graphics and Applications.

IEEE.

January, 1994.

*Virtual Reality.*

Howard Rheingold.

Touchstone/Simon & Schuster.

1991.

*Virtual Reality and the Exploration of Cyberspace.*

Francis Hamit.

SAMS Publishing.

1993.

*Virtual Reality Madness.*

Ron Wodaski.

SAMS Publishing.

1993.

*Virtual Reality Technology.*

Grigore Burdea, Philippe Coiffet.

John Wiley & Sons, Inc.

1994.

*Virtual Reality: Through the new looking glass.*

Ken Pimentel & Kevin Teixeira.

Intel/Windcrest/McGraw-Hill.

1992