

89
20j



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS POLITICAS Y SOCIALES

REALIDAD VIRTUAL, CIBERNETICA Y COMUNICACION-REALIDAD VIRTUAL; UNA FORMA COMUNICACIONAL ALTERNATIVA.

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA
C O M U N I C A C I O N
P R E S E N T A
ARTURO MARTINEZ GARNELO

DIRECTOR DE TESIS: JORGE A. LUMBRERAS CASTRO



CIUDAD UNIVERSITARIA,

MARZO 1997

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

**A mi Director de tesis:
Mtro. Jorge A. Lumbreras Castro,
con admiración y respeto**

**A mis Padres y hermanos:
por su incondicional cariño y
comprensión.**

**Con Amor a Lulú, compañera de
mi vida. A Jesusito nuestro
primogénito.**

**Mi agradecimiento especial ;
a un ser extraordinario por
brindarme la oportunidad de abrir otra
ventana en la vida, por tu constante
impulso y motivación reflejado en
invaluable cariño y sensibilidad; al
brillante jurista, mi padre adoptivo:
Dr. Jesús Martínez Garnelo.**

Índice.

	págs.
Introducción	I
Capítulo 1. Comunicación y cibernética	
Presentación	1
1.1 Antecedentes	3
1.2 Cibernética	8
1.3 Teoría de la información	19
1.4 Elementos que componen la teoría de la información	35
1.5 El modelo de Shannon-Weaver	37
Capítulo 2. Realidad Virtual	
Presentación	43
2.1 ¿Qué es la Realidad Virtual?	45
2.2 Antecedentes de la Realidad Virtual	49
2.2.1 El Sensorama	51

2.2.2 El ordenador, interfaz de la RV	53
2.2.3 Las tarjetas perforadoras: primeros dispositivos de entrada	55
2.2.4 La analogía cibernética	56
2.2.5 El Whirlwind	57
2.2.6 El Sketchpad: primera interacción usuario-máquina	57
2.2.7 El Visiocasco	58
2.2.8 El Cubo	59
2.2.9 El Grafismo computacional	60
2.2.10 Primeras inmersiones artificiales	62
2.2.11 De la inmersión artificial a la navegación	63
2.2.12 De la navegación a la simulación	65
2.2.13 El Guante	67
2.2.14 El Sonido	68
2.2.15 Algunas cuestiones culturales	69
2.3 Sistemas de la Realidad Virtual	71
2.3.1 Sistemas inmersivos	71

2.3.2 Sistemas proyectivos	72
2.3.3 Sistemas de sobremesa	73
2.4 Estructura de un sistema de Realidad Virtual	73
2.4.1 Dispositivos de entrada	74
2.4.2 Dispositivos de salida	74
2.4.3 El sistema de procesamiento	75
2.4.3.1 El Hardware	77
2.4.3.2 El Software: lenguaje de computadora	79
2.5 Dispositivos de entrada	81
2.5.1 Dispositivos de localización	82
2.5.1.1 Detección de la orientación del usuario	82
2.5.1.2 Detección de la posición del usuario	82
2.5.1.3 Control de aplicación	83
2.5.1.4 Digitalización de objetos	83
2.5.2 Dispositivos de control	85
2.6 Dispositivos de salida	88

2.6.1 Dispositivos de presentación	88
2.6.2 Dispositivos de audio	92
2.6.3 Dispositivos de realimentación táctil	93
2.6.4 Dispositivos móviles	93
2.7 Características de los sistemas de RV	94
2.7.1 Capacidad sintética	94
2.7.2 Interactividad	95
2.7.3 Tridimensionalidad	96
2.7.4 Ilusión de realidad	98
2.8 Aplicaciones prácticas de la Realidad Virtual	100
2.8.1 Entretenimiento	100
2.8.2 Medicina	102
2.8.3 Arquitectura	104
2.8.4 Educación	105
2.8.5 Cibersexo	105
2.8.6 Ciencia y tecnología	106

2.8.7 Arte e infografía	107
2.8.8 Telepresencia y robótica	108
2.8.9. Aplicaciones militares	109
2.9 El futuro de la Realidad Virtual	110
2.9.1 RV en red y Ciberespacio	112
 Capítulo 3. Realidad Virtual, Cibernética y Comunicación	
-Presentación	116
3.1 La RV, forma de representación	118
3.2 La interacción	121
3.3 Comunicación hombre-máquina	125
3.4 El ciberespacio	128
3.5 Realidad Virtual: medio de comunicación	130
3.6 Modelo matemático de la teoría de la información	135
3.7 RV, cibernética y comunicación	142
Conclusiones	146

Bibliografia

150

Hemerografia

153

INTRODUCCIÓN.

Con las denominadas "nuevas tecnologías" de la comunicación se ha vislumbrado el surgimiento de una transformación en la sociedad, de un advenimiento de otras formas de expresión y sociabilidad, de una avasalladora informatización que ha dado lugar a una sociedad postindustrial, o sencillamente a la "Era de la información" al concluir este siglo XX, porque es el elemento primordial en la producción industrial y un recurso relevante en todas las funciones de la sociedad moderna, en la que aparecen valores y relaciones sociales nuevas, por lo que la sociedad debe adaptarse a los adelantos tecnológicos; no obstante, son las relaciones sociales las que determinan el uso de las tecnologías.

En este contexto, la informática se ha convertido en una herramienta de trabajo indispensable para el hombre de hoy, que aplicada a la telemática o comunicación (unión técnica de las telecomunicaciones con la informática), ha dado pauta al estudio de otras tecnologías como la telemediática (aplicación de la telemática a los medios de comunicación). La informática dedicada a otras áreas origina también la videomática (informática aplicada al video); animática (informática aplicada a la producción de dibujos

animados); burótica u ofimática (informática a los trabajos de oficinas); privática (informática aplicada a los usos de administración particular), etc.¹

Este progresivo avance y desarrollo de las nuevas tecnologías en las que se encuentra la informática y ciencias computacionales plantean otro tipo de relación entre el hombre y la máquina, una comunicación cibernética praxiológica que da cabida al naciente ser posthumano,² producto de realidades virtuales, el cual transfiere poder a los instrumentos electrónicos, y a la vez, esos aparatos influyen en la condición social en cuanto al manejo exorbitante de información y al uso de códigos binarios alfanuméricos pertenecientes a un sistema lingüístico, lenguaje monosémico para el entendimiento usuario-computadora.

Esta revolución científico-tecnológica ha provocado un incesante cambio en la educación, el trabajo y demás esferas sociales lo que conlleva a un rotundo impacto sobre las formas tradicionales de pensar: en la política, el derecho, la economía y en ello, la comunicación. Surge entonces, la tecnología que adjunta las aportaciones de diferentes ciencias y disciplinas que se llama Realidad Virtual, donde el ciber-hombre u Homo-tecno³ ha

¹ Ver Carmen Gómez Mont. Nuevas tecnologías de comunicación. p. 80.

² Ver Henrique González Casanova. "Realidad", en Revista trimestral de Trabajo Social. p. 15.

³ Naif Yehya. "Realidad", en Revista trimestral de Trabajo Social. p. 20.

alcanzado la categoría y la condición posthumana para explicarse un autismo interactivo con todo lo que le provee el ciberespacio o mundo virtual.

Cibercultura o cultura cibernética, en que la información digitalizada es aprovechada por este tipo de individuos provistos con mecanismos novedosos y cuya labor de la comunicación es crear nuevos símbolos que conduzcan a un lenguaje e interpretación diferentes de los que hasta ahora se conocen; a modelar imágenes que debido a la contribución de dichas tecnologías, alcanzan un extraordinario realismo, acontecimiento que se confirma, con la aparición sobre la pantalla del ordenador de un grafismo computarizado, que posibilita potencialmente a producir escenas de Realidad Virtual .

La Realidad Virtual puede ser considerada una realidad alternativa en que se efectúa una forma de inmersión-inclusión que causa en el usuario la sensación de “sumergirse” en un mundo artificial, sintético. En ese espacio generado por el ordenador llamado ciberespacio, se produce una intersección de la estereoscopia y simulación, en el cual el usuario experimenta situaciones multisensoriales “reales”.

Siendo relevantes los planteamientos que sobre el t3pico se han indicado, esta tesis por m3todo expositivo se ha dividido en tres cap3tulos: 1.) "Comunicaci3n y Cibern3tica", 2.) "Realidad Virtual" y 3:) "Realidad Virtual, Cibern3tica y Comunicaci3n".

En el primer cap3tulo, "Comunicaci3n y Cibern3tica", tiene como punto de partida, aportar la base categor3ica y metodol3gica que permite sustentar el funcionamiento de la Realidad Virtual que conlleve a ubicarla como un medio de comunicaci3n, que se produce por el control, regulaci3n y retroalimentaci3n de las m3quinas, en este caso la computadora, de acuerdo al estudio cibern3tico de Norbert Wiener.

Tambi3n expone en l3neas generales la teor3a de la informaci3n, la cual guarda estrecha relaci3n de aplicaci3n conceptual con el desarrollo de la cibern3tica, con respecto a la univocidad de se3ales elegidas por un emisor para ser transferidas a un destino, de acuerdo al modelo de comunicaci3n de Shannon y Weaver, conocida tambi3n como teor3a matem3tica de la comunicaci3n, porque a trav3s de una f3rmula es permisible medir la cantidad de mensajes enviados, por lo que es pertinente mencionar a lo largo del cap3tulo, los antecedentes de ambas disciplinas, que marcan el par3metro en este trabajo para el estudio de la nueva tecnolog3a; as3 como los elementos que componen a la teor3a de la informaci3n y su respectivo modelo de comunicaci3n, que dan pauta, en el siguiente

capítulo, a aclarar que tanto el usuario como la máquina son emisores y receptores de mensajes.

El siguiente capítulo, titulado "Realidad Virtual", tema central de la investigación, tiene por objetivo explicar en qué consiste el fenómeno; proceso en que el ordenador asume la función de mediar entre la representación y el poder imaginativo en interrelación con el usuario, que al accionar con la máquina vive la simulación de la experiencia virtual.

En síntesis, se expone qué es la Realidad Virtual, los antecedentes que dan origen a su advenimiento, los tipos de sistemas de Realidad Virtual que existen, su estructura constituida por el sistema periférico (dispositivos de entrada y salida) y la estación de proceso; las características de los sistemas de Realidad Virtual que facilitan su mejor comprensión: capacidad sintética, interactividad e ilusión de realidad; se menciona también, algunas de sus aplicaciones prácticas, así como el futuro de la tecnología, tema final del capítulo.

Todos esos son factores que proporcionan el instrumental indispensable para ubicar a la Realidad Virtual dentro de un modelo de comunicación cibernético basado en la teoría de la información, es decir, que con ello se desarrolla un esquema de comunicación circular

cerrado, porque no se admite otro actor como elemento participante que pueda interrumpir el ciclo de mensajes entre el usuario y la máquina, y por consiguiente, de la máquina al usuario.

En el tercer y último capítulo: “Realidad Virtual, Cibernética y Comunicación”, se conjuntan los capítulos anteriores: “Comunicación y Cibernética” y “Realidad Virtual”, para mostrar que la Realidad Virtual es una nueva alternativa comunicacional, planteándose que debido a la correlación de los dos campos de estudio: la cibernética y la teoría de la información, es posible confirmar que la Realidad Virtual es un medio creativo de comunicación alternativa. Esto se debe a los postulados que ambas corrientes aportan al confrontarlas con el fenómeno de la Realidad Virtual, es decir, se crea un sistema de regulación y de control dirigido por el usuario; asimismo, por el mecanismo de realimentación, los mensajes transmitidos de un emisor a un receptor de manera bidireccional permiten un contacto comunicacional.

Por tal razón, se exponen varios puntos en los que se argumenta de manera cohesionada: la Realidad Virtual, forma de representación, la interacción, la comunicación hombre-máquina, el ciberespacio, Realidad Virtual medio de comunicación, el modelo matemático de la teoría de la información, y se concluye con un diagrama para enlazar a la Realidad

Virtual con la cibernética y la teoría de la información, áreas afines a un mismo proceso de comunicación.

Por ende, la Realidad Virtual es una representación abstracta que se vuelve manipulable, y en cuyo ambiente virtual, el individuo experimenta una realidad ilusoria; porque la Realidad Virtual no tiene límites: lo inimaginable se convierte en imaginable, en un entorno en que el cibernauta se “descorporaliza” y los objetos con los que interacciona los percibe con forma, color, textura, peso. La Realidad Virtual es una hiperrealidad en donde todo es posible, transformación paradójica de la dualidad presencia-ausencia,⁴ en que el individuo se interna en otra dimensión, en un espacio y tiempo distintos.

No está por demás particularizar que el presente estudio no pretende analizar cuál ha sido el desarrollo de la Realidad Virtual como tecnología de vanguardia en países desarrollados o quienes cuenten con recursos para hacerlo, las implicaciones psicológicas, filosóficas, jurídicas o de otra clase en las que se trastoque a la sociedad que de una u otra forma en ello incide; sino sólomente el de describir el fenómeno como un medio de comunicación a partir del estudio cibernético y de la teoría informativa.

⁴ Ver Tomás Maldonado. *Lo Real y lo Virtual*. p. 59.

La tesis que se presenta es descriptiva y analítica de una alternativa comunicacional cuyo objeto de estudio es la Realidad Virtual. Su finalidad consiste en aportar los elementos necesarios para que el alumno o investigador conozcan en qué consiste dicha tecnología.

Capítulo 1.

Comunicación y cibernética.

Presentación.

El presente apartado tiene como punto de partida la exposición general del campo de estudio de la cibernética, la cual desarrolla su actividad en el control y retroalimentación en las máquinas de información (ordenadores o computadoras), en las que su iniciador, el ingeniero y matemático Norbert Wiener, realizó la analogía entre el funcionamiento de éstas y el cerebro humano con el sistema nervioso, por medio de la aplicación de conceptos tales como: incertidumbre o entropía, probabilidad, retroalimentación o feedback, información, bit; dispositivos para la ejecución en la automatización del sistema.

La cibernética es la ciencia que da pauta al desenvolvimiento de la Teoría de la Información, desarrollada en 1948 por el matemático Claude Shannon y Weaver, la cual es una teoría funcionalista en la que se precisa el concepto de información como medida estadística de equiprobabilidad, es decir, como señal mensurable en términos cuantitativos; no con referencia al sentido semántico del mensaje, diferenciándose la información desde este planteamiento, como la emisión del flujo de señales con respecto a la información en el sentido convencional, de transmisión de mensajes provistos de significados. Enfoque en el que se precisan conceptos para su mejor comprensión, como los de entropía, señal, ruido, mensaje, redundancia, canal; retomados de la cibernética, para describir los elementos que componen la teoría de la información con su modelo de comunicación.

El capítulo se dirige en estricto sentido a los criterios que ofrecen la cibernética y la teoría informativa, porque aportan un instrumental categorial y metodológico para la explicación y funcionalidad de la nueva tecnología llamada Realidad Virtual, cuyo fin comunicativo es la interrelación y convergencia con el usuario.

El fundamento de los postulados cibernéticos en que se realiza una forma de comunicación hombre-máquina, y el de la teoría informacional en que se produce la transmisión de información por medio de señales en el sistema computarizado, es el marco contextual que

permite vincular y explicar el fenómeno de la Realidad Virtual como una tecnología comunicacional, precisamente por la inmersión e interacción de ésta con el usuario, al crearse un mundo artificial en la computadora, ambiente sintético que recibe el nombre de ciberespacio: intersección de la estereoscopia y la simulación.

Tema central de la investigación, ya que gracias a la Realidad Virtual es posible la interactividad y la interface que permite establecer la comunicación usuario-computadora como mecanismo cerrado emisor-receptor, receptor-emisor, al efectuarse un lenguaje recíproco de entendimiento; desprendiéndose que la Realidad Virtual es una forma de conjunción con la comunicación.

1.1 Antecedentes.

La comunicación puede ser entendida básicamente desde tres perspectivas teórico-metodológicas: funcionalismo, estructuralismo y marxismo, las cuales tienen finalidades distintas como formas singulares de dimensionar la realidad. Independientemente que la comunicación se conciba como interacción social, compartir un lenguaje, símbolos culturales, hábitos sociales, rituales y otras formas de símbolos, es un acto inherente al ser humano.

A continuación se describen de manera breve y general, cada uno de esos enfoques metodológicos.

El funcionalismo ve a la sociedad como un sistema, es decir, como un todo, y parte de varios conceptos para su explicación:

A) Las funciones y las instituciones: toda sociedad humana tiene un conjunto de necesidades comunes y a partir de ellas existen instituciones que tienden a satisfacerlas.

B) Equilibrio y conflicto: toda sociedad humana tiende al equilibrio, porque posee sus propios recursos para poder autorregular sus conflictos por medio de reglas establecidas en las que se guían los individuos. Las disfunciones al ser corregidas permiten la transformación o el cauce del conflicto.

C) La estructura social: Paoli señala que

la sociedad humana es un organismo interrelacionado, cuyos elementos forman una estructura donde cada uno de ellos se afecta si alguno deja de funcionar... esta idea organicista nos lleva al concepto de interrelación. La interrelación se da entre los individuos que dentro de instituciones pueden desempeñar roles los unos con respecto de los otros... las relaciones de los individuos dentro de una institución forman una estructura; así, la familia, los sistemas bancarios, el

transporte, forman estructuras sociales que se enlazan dentro de un sistema. Para otros, la estructura es toda la sociedad.¹

D) La historia: la sociedad puede ser entendida sincrónicamente; si sus necesidades son satisfechas, las instituciones cumplen sus funciones; dichas instituciones se transforman para responder a nuevas necesidades.

De los criterios anteriores, Charles R. Wright, adherido a este enfoque, conceptúa:

comunicación es el proceso por medio del cual se transmiten significados de una persona a otra. Para los seres humanos, el proceso es a la vez fundamental y vital. Fundamental en cuanto toda sociedad humana, desde la primitiva hasta la moderna, está fundada en la capacidad que el hombre tiene de transmitir sus intenciones, deseos, sentimientos, saber y experiencia, de persona a persona. Es vital en tanto la posibilidad de comunicación con los otros aumenta las oportunidades individuales para sobrevivir, del mismo modo como su ausencia es vista, generalmente, como una forma seria de trastorno patológico de la personalidad.²

El estructuralismo se origina a partir de los estudios lingüísticos de Ferdinand de Saussure, y pretende explicar la sociedad a través de modelos para estudiar la acción humana en su contexto a través del campo semiológico o semiótico. A diferencia del funcionalismo, las unidades interrelacionadas no son consideradas como un conjunto de elementos sino como formas significantes. Estos modelos constituyen estructuras que enfatizan las relaciones sintáctico-semántica del sistema, por lo que constituyen conjuntos de reglas combinatorias de los significantes que evocan significados comunes para informar y comunicar.

¹ J. Antonio Paoli. Comunicación e información. p. 24.

² Charles R. Wright. Comunicación de masas p. 9.

Para Abraham Moles, teórico de esta corriente, la comunicación es

la acción que permite a un individuo o a un organismo, situado en una época y en un punto dado, participar de las experiencias-estímulos del medio ambiente de otro individuo o de otro sistema, situados en otra época o en otro lugar, utilizando los elementos o conocimientos que tienen en común con ellos.³

Por último, el marxismo constituye una corriente opuesta a las dos anteriores cuyo método radica en que la teoría y la praxis al implicarse mutuamente, reflejan una visión de la realidad, entendiéndose como teoría de una clase social, que se fundamenta en el materialismo histórico y dialéctico. Al abordar el fenómeno de la comunicación, se le considera como un hecho social que se origina y desempeña en la superestructura, la cual se basa en pensamientos, ideas y representaciones del mundo, y está relacionada y determinada con la base económica, denominada "estructura". Por lo tanto, los medios de comunicación, que se ubican en la superestructura, son formas de poder, al servicio de la clase dominante, y su función consiste en legitimar el ejercicio de un orden hegemónico.

Ante esta postura, Hans Magnus Enzensberger puntualiza que

los medios de comunicación son producto del desarrollo industrial y su creación se explica por la necesidad de este mismo desarrollo, de crear nuevas formas de control de las conciencias y métodos más eficaces para la transmisión de información debido a sus características de alcance masivo, los medios son fuerzas productivas, de un gran potencial liberador.⁴

³ Florence Toussaint. Crítica de la información de masas, p. 43.

⁴ Florence Toussaint ob. cit. pp. 76-77. (La metodología utilizada en el presente trabajo con respecto al aparato crítico, es la siguiente:

Ob. cit. (obra citada), cuando se sustituye el título de una obra ya citada

Ibidem (lo mismo) cuando la misma obra ha sido citada por segunda vez en forma consecutiva y únicamente ha variado el número de página

Idem (igual), cuando la cita anterior es del mismo autor, libro y página (s).

De lo anterior se desprende que el concepto de comunicación, al aceptar varias connotaciones, adquiere un carácter polisémico, de acuerdo a cada una de las tres corrientes en que se analiza la ciencia comunicacional. De todas estas perspectivas se abordará la comunicación desde la Teoría de la Información o Teoría matemática de la comunicación de Shannon y Weaver, para efectuar la relación existente con la Realidad Virtual como forma o medio de comunicación.

Esto se debe a que en función del propio objeto de estudio, la teoría matemática ofrece un instrumental categórico y conceptual pertinente para su estudio e investigación. De esta forma, la teoría de la información se entiende como teoría de la comunicación, si se acepta la extrapolación que desplaza el análisis de los procesos de intercambio y procesamiento de información entre máquinas (la Realidad Virtual generada por la computadora), hacia la relación de interacción y de práctica humana, suponiendo con ello, que ambos procesos son equivalentes.

Por ende, es esencial abordar al campo de la cibernética, que al incluir en su terreno a la teoría de la información, propicia que el proceso de comunicación se realice entre hombres, entre máquinas y, entre hombres y máquinas; punto de interconexión con la Realidad Virtual.

La cibernética es la ciencia del control por medio de máquinas de información, ya sean éstas máquinas naturales, como las orgánicas, o artificiales. La cibernética se originó en los Estados Unidos de América, en los años cuarenta, en la reunión concertada de matemáticos (N. Wiener, Von Neumann), físicos y técnicos (V. Bush, Bigelow) y fisiólogos (W. B. Cannon, Mac Culloch). Las máquinas sencillas modifican la relación fuerza/desplazamiento sin crear trabajo. Los mecanismos de relojería transforman en movimiento la energía de un resorte. Las máquinas motrices, como la de vapor, transforman la energía química en energía cinética. Las máquinas más características del siglo XX... son máquinas de información.⁵

⁵ Raymond Ruyer. La cibernética y el origen de la información. p. 9.

En la cibernética, la comunicación se concibe como un instrumento de control. Para la cibernética <<información>> no se refiere al contenido cognitivo de un mensaje, sino que constituye la medida de libertad de elección al seleccionar un mensaje, la medida de una situación de equiprobabilidad, que depende del grado de entropía (desorden, imprevisibilidad de un sistema), que cuanto más alto sea más posibilidad de elección permite, más probabilidades de elección comporta.

Mientras que la cibernética trata de establecer una teoría matemática para los sistemas de control como principio universal, los teoremas de Shannon se aplican a todo tipo de comunicación.

Quando el mensaje es emitido a través de un medio que implique la electrónica, el esquema se compondrá de una fuente de información, un mensaje codificado emitido a su vez por un transmisor que lleva una señal o impulso acompañada por una interferencia o ruido, mismo que llega hasta un receptor que lo decodificará.*

Cabe resaltar que esta definición se ha retomado precisamente porque supone en el medio a la electrónica, y la Realidad Virtual consiste precisamente, en una tecnología que tiene uno de sus soportes en esta área, además de la informática, la ingeniería y ciencias computacionales. La teoría de la información nace básicamente por una serie de descubrimientos científicos en la física, en la ingeniería, en las matemáticas y en la cibernética. Para establecer la comunicación entre la máquina y el hombre (Realidad Virtual y usuario) hay un puente de información en doble flujo, es decir, un proceso de ida y vuelta para la retransmisión de información nueva y ordenada, por parte de cada emisor que a la vez se convierte en receptor; Claude Shannon tuvo como punto de referencia a la disciplina cibernética para reformular que la información es sólo una medida de la dificultad de transmitir las secuencias producidas por alguna fuente de información.

* Carlos González Alonso. Principios básicos de comunicación p 24

En este nuevo sentido técnico, información denota cualquier señal que pueda codificarse para su transmisión por medio de un canal que conecte una fuente con un receptor, prescindiendo del contenido semántico. Es por ello que el pensamiento del ingeniero y matemático norteamericano Norbert Wiener fue trascendente en la teoría de la información de Shannon, con respecto a la cantidad de señales emitidas, a diferencia de los mensajes transmitidos cargados de significado y que son equivalentes en lo que se refiere a la información. "Ante esta diferencia, la señal transmitida puede interpretarse metafóricamente como mensaje: por ejemplo, la descarga de un impulso nervioso."

1.2 Cibernética.

En 1947, un año antes de la publicación de la teoría de Shannon, en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), Wiener ya afirmaba: "la información es entropía".⁴ Cuando empezó la Segunda Guerra Mundial, las armas existentes no eran tan peligrosas como los bombarderos alemanes que vigilaban más veloces y a mayor altura, pues habían superado a los de la Primera Guerra Mundial. En 1940, en el mes de octubre, después de iniciado el bombardeo a Inglaterra y cuando los ingleses disparaban sus cañones al azar en contra del ejército enemigo, en los laboratorios Bell nació la idea de ingeniería de una mira eléctrica que calculara o computara y finalmente pronosticara en qué lugar se encontraría el avión segundos después de haber sido disparado por el cañón.

Entonces dio inicio la investigación en la que se pretendía diseñar aparatos automáticos que fueran capaces de rastrear un avión, computar su posición, dirección y velocidad, así como el lugar donde estaría ubicado en el momento en que el proyectil antiaéreo hubiera terminado su trayectoria hasta el blanco. En esta investigación participaban científicos del laboratorio Bell y del MIT (donde Wiener laboraba).

Los artilleros británicos se enfrentaban -por lo menos- a dos tipos de incertidumbres cuando intentaban derribar los bombardeos alemanes. Para lograrlo no se trataba tan sólo de apuntar los cañones directamente al avión

⁴ Ver Theodore Roszak. El culto a la información. p. 26

⁵ Ver Jeremy Campbell. El hombre gramatical. p. 22

enemigo. Como el blanco avanzaba por el aire tan rápidamente como el proyectil, los soldados necesitaban apuntar mucho más adelante: treinta veces la longitud del avión. Para acertar utilizando el nuevo instrumento, la señal del radar debía ser tan precisa y el vuelo del bombardero tan predecible como se pudiera ser. Pero en la pantalla del radar las indicaciones que trazan el vuelo de un avión se deforman a causa de perturbaciones eléctricas, y el piloto del avión se esfuerza naturalmente por confundir a sus atacantes volando de una manera peculiar e insospechada.⁹

En este trabajo bélico, Norbert Wiener se preocupó en profundizar conceptos relacionados con la probabilidad e incertidumbre, a lo que denominó "el más alto destino de las matemáticas, el descubrimiento del orden en medio del desorden", que un año más tarde Claude Shannon esquematizaría en su Teoría Matemática de la Información. Además, el estado imperfecto del radar como instrumento tecnológico, clave al comenzar la guerra, ofreció a los científicos y en especial a Wiener, la tarea de separar el mensaje ordenado del desorden provocado por la perturbación eléctrica indeseada o "ruido".

En el lenguaje de la comunicación, ruido es cualquier cosa que corrompe la integridad de un mensaje: los ruidos atmosféricos en un aparato de radio, las alteraciones en un texto impreso, la deformación de la imagen en la pantalla de un televisor.¹⁰

Los canales de comunicación están expuestos al ruido, limitador esencial de la transmisión efectiva del mensaje. Hay dos tipos principales de ruido de comunicación: de canal y semántico. El ruido de canal incluye cualquier perturbación que interfiera la fidelidad material del mensaje (y es el que interesa a la teoría de la información). El ruido semántico se traduce en la interpretación equivocada de mensajes, los ruidos son señales ajenas a la fuente de información. La teoría de la información enseña que sin estructura, sin un código, un sistema es inútil. Es perfectamente libre, pero la libertad es indistinguible del ruido en el canal.

⁹ Jeremy Campbell, ob. cit. p. 9

¹⁰ Ibidem. p. 29.

Pronosticar en qué lugar se encontraría un avión en tiempo de segundos, para que así los artilleros dirigieran el proyectil delante de él y dar en el blanco, fue un problema estadístico. La trayectoria o recorrido que sigue el avión es una probabilidad considerada como alguna de las muchas posibilidades. El hecho de separar los mensajes del ruido también se lleva a cabo estadísticamente. En este sentido mensaje es cualquier secuencia finita de señales de un código dado. En si lo que pretende la teoría de la información es sólo su transmisión con un mínimo de errores.

Pero en un sentido más amplio, "mensaje" es sinónimo de contenido, o sea, lo que está dicho en un texto, en un discurso. Un mensaje es una selección ordenada de símbolos que tienen como fin comunicar información; por ordenada se significa disposición deliberada y por selección se entiende la discriminación entre un conjunto mayor de alternativas.¹¹

En la teoría de Shannon, la esencia de una buena comunicación es que el mensaje debe ser apropiadamente codificado antes de enviarlo, de modo que llegue a su destino tal como salió del transmisor, intacto y libre de errores causados por los efectos aleatorizadores¹² del ruido. Esto significa que desde la fuente hay que incluir cierta cantidad de redundancia en el mensaje... en su segundo teorema para canal de ruido, Shannon probó que si existen códigos que mantienen el orden ante un desorden general. Estos códigos aseguran la transmisión de mensajes casi tan perfectos y libres de errores según como los codificadores se preocupen por hacerlo, siempre que se emplee el código ideal. El notable teorema de Shannon muestra que los mensajes no necesitan llegar aclarados, aún cuando estén sujetos al efecto mezclador de la segunda ley de la termodinámica.¹³

Norbert Wiener escribió en 1948 la obra La utilización humana de seres humanos, mejor conocida como Cibernética. Considerado fundador de esta ciencia, acuñó el término <<cibernación>> para referirse a la nueva tecnología automatizada, lo que dio pauta a la

¹¹ Ver Reed H. Blake, et. al. Taxonomía de conceptos de la comunicación. p 12

¹² Aleatorio: del latín aleatorius, adj. incierto, eventual, azaroso

¹³ Jeremy Campbell ob. cit. pp. 154-155.

denominada Segunda Revolución Industrial: el ordenador.¹⁴ Wiener les da el nombre de "máquina-computadora ultrarrápida".

Uno de los aspectos claves de la cibernación es el feed back, es decir, la capacidad de una máquina de utilizar los resultados de su propio funcionamiento a modo de información para regularse a sí misma, y por ende, ajustarse como parte de un proceso continuo.

Feed back puede ser traducido como "retroalimentación"; es una técnica de control que consiste en la comparación, a cada instante, del resultado del proceso con un patrón preestablecido. Cuando hay desviaciones (error), el sistema controlador actúa en el sentido de restablecer el patrón deseado.¹⁵

La cibernética considera al ser vivo como un mecanismo que se autorregula y establece una interacción con el medio ambiente, a partir de un modelo neurofisiológico como un sistema organizado que transforma un mensaje de entrada en uno de salida y el control de funcionamiento se realiza gracias al feedback.

Para Wiener, el feed back es una característica esencial de la mente y de la vida. Todas las cosas vivas practican alguna forma del feed back al adaptarse a su entorno: "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 como de su vida social", decía Wiener.

Lo que afirmaba Wiener era nada menos que, al perfeccionar el feed back y el medio de manipular rápidamente los datos, la ciencia de la cibernética estaba adquiriendo una comprensión más profunda de la vida misma como, en esencia, procesamiento de información. <<Mi tesis es -escribió- que el funcionamiento físico del individuo viviente y el manejo de algunas de las nuevas máquinas de

¹⁴ La palabra ordenador (computer) entró en el vocabulario público durante el decenio de 1950. El primer ordenador o computadora de programa almacenado que aprovechó una reputación significativa fue el UNIVAC, resultado del ingenio de John Mauchly y J. P. Eckery; se basaba en investigaciones militares que se realizaron en la Universidad de Pensilvania durante la guerra (Véase Theodore Roszak, ob. cit. pp. 17-19)

¹⁵ Chaun S. Katz. Diccionario básico de comunicación, p. 223.

comunicación son exactamente paralelos por sus intentos análogos de controlar la entropía por medio del feed back>>>.¹⁶

En la cibernética, el control es posible a través del feed back. Según Chaim S. Katz el dispositivo de feed back no actúa con el fenómeno en sí, actúa con el error que se está revelando en el momento mediante el desvío. El dispositivo de feed back controlador del proceso, hace que éste se reajuste y se encuadre en el modelo deseado. Este método es (en tesis) aplicable tanto al control de temperatura de un horno (donde variaciones de la calidad del combustible provocan variaciones en la temperatura) como en el control de las variaciones en ciertas variables macroeconómicas en una región o en un país. El feed back y los sistemas de control son empleados en la cibernética a tal grado que otorga a la disciplina su nombre: ho Kubernétes, en griego, es "el timonel", el que regula, controla y orienta el navío.¹⁷

La cibernética es la ciencia del mantenimiento del orden en un sistema, sea natural o artificial. Como todas las cosas del mundo manifiestan tendencia a la entropía, al desorden, las desviaciones fortuitas del orden deben ser continuamente corregidas. Esto se lleva a cabo utilizando la información sobre la conducta del sistema para producir un comportamiento diferente, más regular. Por ese medio, el sistema se conserva en servicio. El término cibernética proviene de una palabra griega que significa timonel y tiene el sentido de estabilidad, de funcionamiento constante y correcto.¹⁸

Shannon, ingeniero de la compañía Bell y originario de Petoskey, Michigan, utilizó la ecuación de la entropía al sugerir la analogía entre la energía y la información. La entropía era el lazo que las unía, como una función de la cantidad de información aplicada en su teoría informativa.

¹⁶ Theodore Roszak ob cit p 20.

¹⁷ Ver Chaim S. Katz ob cit p 83.

¹⁸ Jeremy Campbell ob cit p 24

El estudio de la cibernética se ocupa de la comunicación y el control en el cerebro y sistema nervioso de organismos y máquinas. "Es el estudio de los mensajes y en particular de su control eficaz..." (Wiener, 1950: 9), fundamentalmente en el ámbito fisiológico y de Ingeniería. En este campo de estudio, resulta básico el concepto de realimentación. La palabra cibernética proviene del término griego Kybernetes que significa timonel. Sugiere, pues, el papel central que un mecanismo de retroalimentación desempeña en el control de la comunicación.¹⁹

El método cibernético consiste en estudiar al ser humano como si fuera una máquina, y analiza el comportamiento de la máquina como si fuese un ser humano. La homología y analogía que existe entre un computador electrónico y un cerebro humano es utilizado para obtener ventajas recíprocas. En uno y otro sistema se presentan conductores o canales de transmisión; en los dos se producen señales que recorren esos conductos llevando su mensaje o señal a una parte de la máquina o al cerebro de acuerdo a la retroalimentación. A través de ambos pasan corrientes, hilos electrónicos o nerviosos, se producen conexiones y circuitos, y contienen una red de comunicaciones para las señales que hacen funcionar cada una de las piezas, cada uno de los órganos.

La automatización²⁰ ha explotado esta analogía para impulsar su progreso científico y tecnológico al construir máquinas que cumplen más funciones cerebrales. En la cibernética, para los procesos de automatización se necesita más cantidad de unidades informativas. La medida de esta cantidad se llama bit. O sea que la automatización significa construir máquinas que responden en sus movimientos a un sistema numeroso de

¹⁹ Reed H. Blake y Edwin O. Haroldsen, ob. cit. p. 149

²⁰ "No es correcto que se llame <<automación>> a la máquina que trabaja sin que participe el hombre en su dirección. La verdad es que el hombre interviene siempre, aunque sea de modo indirecto, en el proceso de la información. El trabajo de un <<automata>> no es más que la reproducción material del trabajo humano. Aun en el caso extremo de que el proceso automático de una máquina originase el automatismo de otra, el hombre estaría siempre presente en la construcción del <<automata>> primigenio. De una u otra forma, el ser humano está en el impulso inicial y en la dirección de los mecanismos de automación. Como dice Novick: <<el hombre es el primer motor del mundo de los <<automatas>>. Por consiguiente, cualquier tipo de automación, cualquier máquina automata, representa un sistema de enlace entre el hombre y la naturaleza." (Marino Yerro Belmonte. Información y comunicación en la sociedad actual. p. 40).

unidades informativas o bits que van cambiando las funciones de los distintos órganos de la máquina para su ejecución.

Shannon escogió como su unidad de información el dígito binario o bit. Un bit es una medida de cantidad de información, así como un galón, una onza y una pulgada miden volumen, peso y longitud. Un bit es sólo una elección entre dos mensajes igualmente probables. Es una respuesta de "sí" o "no" a la pregunta hipotética "¿Es este?". La respuesta "sí" resuelve toda incertidumbre en la mente de la persona que recibe el mensaje, porque sabe cuál de los dos mensajes es el real. La respuesta "no" también resuelve su incertidumbre, porque sabe que el mensaje real no es la primera alternativa sino la segunda.²¹

Por lo tanto, en la selección se obtiene un resultado concreto en este sistema de elección binaria, por ello, las respuestas que se producen son unívocas.

En la cibernética, el estudio de la célula nerviosa o neurona, considerada como la unidad fundamental del sistema nervioso humano es comparado con el transistor²² de una computadora, marco de referencia en la cosmovisión del pensamiento de sistemas. El modelo cibernético es el instrumento de la construcción de analogías, al considerar que el sistema nervioso es reductible a máquinas tanto en sus funciones receptoras como en sus funciones ejecutoras, entre seres vivos y mecanismos.

El ser humano, visto como una máquina terminal, presenta un sistema de comunicación que puede considerarse en tres niveles. El primer nivel es el oído humano, compuesto de mecanismos biológicos que transmiten el sonido al cerebro. El segundo nivel es semántico. En este punto Wiener especula sobre los mecanismos neuronales en el cerebro, que traducen sonidos en significados. El tercer nivel es conductual, tanto en términos de acciones como respuestas

²¹ Jeremy Campbell, ob. cit. p. 99.

²² En las décadas de 1950 y 1960 surgió el invento del transistor y el circuito integrado, estos conductores al ser miniaturizados permitían que el ordenador fuese más compacto y que sus funciones de procesamiento se acelerasen aun más; al mismo tiempo, y gracias también a la labor de Shannon, el ordenador iba penetrando en la creciente red de telecomunicaciones del mundo. (Véase Theodore Roszak, ob. cit. p. 27)

significativas a las comunicaciones lingüísticas, así como en la forma de una conversación responsiva.²³

De esta manera, también resulta provechoso el hecho de utilizar la información tal y como se estudia en la cibernética, que permite controlarla a través del mecanismo del feedback y en las analogías que presenta el sistema nervioso humano con los cerebros electrónicos, en donde ambos sistemas generan un sinnúmero de mensajes; ámbito en el que confluyen la teoría informativa y la ciencia comunicacional. Aspectos que someten a la Realidad Virtual en un medio de comunicación no sólo con el usuario, sino también por representar un significado de evolución y de cambio técnico-científico en la rama de la computación, cuyo resultado fructífero se refleja en la informática e ingeniería electrónica, en el Internet (red mundial de ordenadores), y por ser un fin en sus diversas aplicaciones.

Tanto el sistema nervioso como la máquina automática, son fundamentalmente semejantes en el sentido de que toman decisiones sobre la base de sus decisiones pasadas. Ya sea que una máquina decida entre dos alternativas, tales como abrir o cerrar un conmutador, o que una fibra nerviosa decida liberar un impulso, la analogía es estrecha y detallada.²⁴ La equivalencia entre el ser humano y la computadora, entre la máquina y ciertos aspectos del comportamiento físico y psíquico del hombre es cada vez más cercana.

Wiener describe lo que él llama las dos revoluciones industriales. La primera se definió con la sustitución del poder muscular humano por una máquina; quizá su gran impacto sobre la sociedad se haya empequeñecido debido a la segunda revolución industrial a la cual nos enfrentamos ahora. La misma está simbolizada por la aparición de un tubo al vacío, la ciencia de la electrónica que allí surge, culminando en el concepto cibernético de retroalimentación, el cual, cuando se aplica adecuadamente a los procesos industriales, puede resultar en procesos de manufactura completos (automatización) controlados por computadora.²⁵

²³ Robert Lilitenfeld. Teoría de sistemas. p. 91.

²⁴ Ver Robert Lilitenfeld. ob. cit. p. 88

²⁵ Robert Lilitenfeld ob. cit. p. 94.

Cabe mencionar que debido a la analogía existente entre el hombre y la máquina con respecto a su estructura y funcionamiento, Wiener enunció dos tesis:

La primera de esas tesis establece que las máquinas de información no pueden ampliar la información: jamás hay más información en el mensaje que sale de una máquina que en el mensaje que le es confiado... La segunda tesis asevera que los cerebros y los sistemas nerviosos son máquinas de información, por supuesto más perfeccionadas que las construidas industrialmente, pero del mismo orden que éstas, y que no ocultan ninguna propiedad trascendente o imposible de imitar por un mecanismo.²⁶

La cibernética como ontología fundadora según ha destacado Katz, propone una descripción del conocimiento de los seres vivos en su comportamiento que es aproximada, pero procura una descripción para ser terminada efectivamente en un futuro próximo. Tal caracterización de los seres vivos aparece en el "demonio de Maxwell", ser estadístico que es una construcción imaginaria que actúa siempre con el propósito de anular el aumento de la entropía o crecimiento del "desorden" en el universo.

La cibernética como sistema de autorregulación,

propone describir la vida como la interacción entre un ambiente caótico y un ambiente cerrado, el organismo, en enfática búsqueda de un equilibrio siempre perdido. El ambiente da la información, y sobre esta información el organismo determina su comportamiento. Considerando al ser vivo como un sólo sistema homeostático²⁷, o como la conexión de diversos sistemas homeostáticos, esta caracterización para el organismo supone una especie de "alfabeto elemental",

²⁶ Raymond Ruyer, ob. cit. pp. 15-16.

²⁷ "Homeostasis es término griego que incluye el significado de <<homo>>, carga, y <<stasis>>, estado o estabilidad. El contenido significativo de la palabra se podría delimitar diciendo que es el mantenimiento de la carga en condiciones de equilibrio. O para decirlo con palabras de W. Ross Ashby en su introducción a la cibernética, la homeostasis no hace más que respetar la tendencia del movimiento hacia el estado de equilibrio." (Véase Marino Yerro Belmonte ob. cit. p. 243)

de sistema elemental de símbolos y referencias situado en el ambiente, en relación al cual el ser vivo se manifestaría.²⁴

El trabajo de Wiener en torno a los mecanismos de retroalimentación, tanto en máquinas construidas por el hombre como en organismos, se basa en la estructura de ambos sistemas; tales mecanismos son los responsables de la homeostasis. Se puede ejemplificar en la estructura de las computadoras que constan de: entrada de datos, memoria, instrucciones, salida. La característica básica es que la máquina debe operar de acuerdo con la retroalimentación, es decir, el control de la máquina basado en su desempeño real.

Estos mecanismos producen inversiones locales y temporales de la entropía. De hecho, sabemos que las reacciones musculares humanas están controladas y reguladas precisamente del mismo modo: el reflejo mediante el cual uno busca alcanzar un objeto se modifica mediante la información retroalimentada al cerebro en cuanto a la distancia entre el objeto y la mano que pretende tomarlo. Wiener da por supuesta la significación de la retroalimentación no sólo para el control muscular o mecánico, sino también para el control social.²⁵

De esta forma, el método cibernético está basado en la relación comparativa del sistema cerebral con el sistema de computadoras o cerebros electrónicos, y fue punto de referencia para mostrar afinidades, en las que Norbert Wiener fundó su disciplina para innovar un campo nuevo de conocimiento, y, a la vez, sugerir una comunicación totalmente diferente a las conocidas hasta entonces (humana, animal, pictográfica, entre otras); un tipo de comunicación que a través de los mecanismos de control y retroalimentación en la transmisión de información lograban en el hombre y la máquina una comunicación específica, no verbal, que al transcurrir los años muestra diversas perspectivas, tal como se observa en el vínculo de la Realidad Virtual y el usuario.

²⁴ Chaim S. Katz, ob. cit. pp. 84-85.

²⁵ Robert Lilienfeld, ob. cit. pp. 87-88

Wiener expuso sus ideas en un informe confidencial de guerra que envió al Comité Nacional de Investigación de la Defensa y que luego circuló entre sus colegas. En estos grupos elitistas se conoció con el nombre de Peligro Amarillo, en reconocimiento al color de su forro y a la formidable dificultad de su contenido...El Peligro Amarillo, escrito en realidad por Julián Bigelow basado en notas tomadas mientras Wiener escribía en el pizarrón del aula 2-224 del MIT, fue una considerable contribución a un aspecto importante de la teoría de la información. Sin embargo, Wiener no se refería a su trabajo como teoría de la comunicación.³⁰

La teoría de la información sustentada en la cibernética rompió con la teoría clásica de comunicación de los años 20³¹ que trataba los mensajes como hechos aislados; Wiener y Shannon marcaron la ruptura con esta antigua forma de pensamiento, por lo que a partir de entonces ya no tuvo sentido hablar de un elemento fijo de información: una señal, una letra en una página, un punto en la pantalla del radar, sino contemplar en un modelo comunicacional tanto la velocidad como la cantidad de información de mensajes y señales enviadas por la fuente a su destino.

De lo anterior, se desprende que a través de la ecuación: cibernética-teoría de la información, se establece la comprensión del enlace que permite demarcar la comunicación entre la máquina y el hombre de manera biunívoca, por medio del intercambio de información (señales); produciéndose un esquema y tipo de comunicación "cerrada". Interacción que se efectúa entre la Realidad Virtual y el usuario para desarrollarse una forma específica de comunicación.

³⁰ Jeremy Campbell ob. cit. p. 36

³¹ En 1928, Hartley publicó un escrito: "Transmisión de información", en cual definió a la comunicación como la selección de una secuencia de símbolos, en que cada selección eliminaba otros símbolos que habrían podido ser elegidos pero no lo fueron. Sólo se podía esperar encontrar en el número de secuencias no elegidas una medida cuantitativa de información... Shannon reconoció el valor de la obra de Hartley y Harry Nyquist, y del peligro amarillo dijo que contiene la "primera formulación clara de la comunicación como problema estadístico". (Véase Jeremy Campbell ob. cit. p. 34).

1.3 Teoría de la Información.

En 1947, el matemático Claude Shannon dio a conocer un innovador ensayo bajo el título: Teoría matemática de la comunicación en el que desarrolló un modelo de comunicación electrónica, publicado por Warren Weaver al año siguiente en el Bell System Technical Journal, cuando Shannon trabajaba para el Laboratorio Telefónico Bell.

La teoría matemática de la información es básicamente una teoría sobre la transmisión óptima de los mensajes. El libro consta de dos ensayos separados: el primero es una exposición no técnica de Warren Weaver, y el segundo es el de la teoría matemática de la transmisión del mensaje de Shannon, en el que trata alcances y limitaciones de la transmisión del mensaje sin ocuparse de su significado sino de problemas tales como codificación y decodificación de mensajes, la preservación de señales cuando existe estática, los límites prácticos de la velocidad a la que pueden enviarse las señales, etc.³²

De acuerdo a Mauro Wolf, el origen del modelo arranca de los trabajos de ingeniería de las telecomunicaciones: Escarpit descubre en él tres momentos fundamentales: un estudio de Nyquist de 1924, sobre la velocidad de transmisión de los mensajes telegráficos; un trabajo de 1928 de Hartley sobre la medida de la cantidad de información y finalmente la teoría de la información de Shannon, en 1948.

Todos estos estudios tienen por objeto mejorar la velocidad de la transmisión de los mensajes, disminuir las distorsiones y las pérdidas de información, y aumentar el rendimiento general del proceso de transmisión de información. Esta última es entendida como una propiedad estadística de la fuente de los mensajes, como medida de una situación de equiprobabilidad, de distribución estadística uniforme que existe en la fuente, como valor de equiprobabilidad entre muchos elementos combinables, valor que es tanto mayor cuanto más posibilidades hay de elegir.³³

³² Ver Robert Lilenfeld, ob. cit. p. 102.

³³ Mauro Wolf, La investigación de la comunicación de masas, p. 127.

En todos los procesos informativos es preciso emplear la estadística como ciencia de la probabilidad de los fenómenos aleatorios. En el artículo, Shannon ponía de manifiesto a la nueva disciplina: Teoría de la Información, la ciencia de los mensajes. Teoría que revolucionó el término información, como el concepto usual que denotaba un significado verbal denominado hecho.

Información en su acepción usual, parece admitir forzosamente una noción de conciencia y de sentido... es la transmisión a un ser consciente de una significación, de una noción, por medio de un mensaje más o menos convencional y por un soporte espacio-temporal: impreso, mensaje telefónico, onda sonora, etc.³⁴

Shannon dio a la palabra otro enfoque que la escindió de su utilización convencional, con respecto al propósito de los mensajes periodísticos o rumor que circula. La teoría matemática de la comunicación, como señala Cherry: trata exclusivamente de las señales y su contenido informativo, con abstracción de todos los usos humanos específicos. Las ciencias físicas y la ingeniería no se preguntan: ¿qué tipo de información?, sino: ¿cuánta información?.³⁵

La información ya no está relacionada con el contenido semántico de las afirmaciones; en vez de ello, pasa a ser una medida puramente cuantitativa de los intercambios comunicativos, en especial porque éstos tienen lugar a través de algún cauce técnico que exige que ese mensaje sea codificado y luego descodificado, pongamos por caso, en impulsos electrónicos.³⁶

Ocupado en el problema de encauzar señales por cables telefónicos o desde satélites espaciales, la cantidad de información fue la primer medida precisa y científica expresada por Shannon. lo cual rompía con el uso restringido del concepto de información. La deducción de Shannon para resolver un problema específico por radio y por teléfono fue el

³⁴ Raymond Ruyer ob cit. p. 11.

³⁵ Ver Reed H Blake y Edwin O Haroldsen ob cit p. 147.

³⁶ Theodore Roszak ob cit. p. 23

principio de la entropía: "Ley de física, que anunciaba que el universo se dirige a un estado de completo desorden".³⁷ "Trasladada a la teoría de la Información, la entropía es una función que define la cantidad de información asociada a un mensaje dado."³⁸ El matemático John Von Neumann sugirió a Shannon que llamara entropía a su medida de la información, proposición que no le fue de utilidad. "Incertidumbre" le pareció más apropiada como una medida de variabilidad.

Parte de la dificultad se origina en el hecho de que, aunque entropía se refiere al estado físico de un sistema físico, es una medida del desordenamiento de ese sistema, y el desorden no es una propiedad objetiva en forma total. El observador humano no puede ser excluido por completo, ya que la idea de orden se encuentra inextricablemente ligada a la conciencia mental.³⁹

A continuación se describen de manera general los descubrimientos realizados por la física y la termodinámica con respecto al fenómeno de la entropía.

Oliver Costa de Beauregard, físico francés, se refiere a la entropía como simultáneamente objetiva y subjetiva. Para él, la entropía es un aspecto de la probabilidad, y ésta "funciona como el eje entre la materia y la mente, que están atadas y producen reacciones entre sí".⁴⁰

Para Beauregard existe:

Alta entropía, la cual no puede utilizarse con ningún fin constructivo. Porque no ha sido anulada y es inaccesible. Por ejemplo, menciona: el desequilibrio que provoca el sol ardiente al quemarse en el ambiente frío del espacio, es lo que mueve la gran máquina de la naturaleza y la civilización en este planeta.

³⁷ Ver Jeremy Campbell. ob. cit. p. 18.

³⁸ Chaim S. Katz. ob. cit. p. 181.

³⁹ Jeremy Campbell. ob. cit. pp. 38-39.

⁴⁰ Ver Jeremy Campbell. ob. cit. p. 39.

Máxima entropía, que se encuentra en una situación de cambio constante bajo la superficie visible, conforme las moléculas se revuelven y chocan en confusión aleatoria; el sistema perdió sus contrastes, su ordenada disposición, que le daban la posibilidad de llevar a cabo un fin. Cualquier región del sistema es la misma, y esta homogeneidad la hace incapaz de llevar a cabo algo importante desde el enfoque humano. Por lo tanto, al no haber ningún cambio visible sobre la superficie, en el sistema todo sigue igual.

Baja entropía, es decir que contiene un contraste adecuado de temperatura baja y alta porque las moléculas de que está compuesto no están tan mezcladas e indefinidas como podrían estarlo. Por ejemplo,

en un vaso de agua con trozos de hielo presenta una distinción claramente marcada entre las partes calientes y las frías. Su entropía es baja, debido a que las moléculas de que está compuesto no están tan mezcladas e indefinidas como podrían estarlo. Minutos después la entropía del contenido del vaso crecerá al máximo. Los pedazos de hielo se disolverán y el agua se mantendrá a una temperatura uniforme. Antes de la disolución del hielo, el contenido del vaso transmitía un "mensaje" sobre la disposición de las distintas partes del sistema. Cuando se ha deshecho el hielo, sólo se puede decir que hay un vaso a la temperatura ambiente; así, las moléculas del hielo fundido con el agua sólo transmiten al observador un "ruido" sin sentido.⁴¹

El principio de la entropía fue realizado por vez primera al inicio del siglo XIX, por el ingeniero francés Sadi Carnot, el cual idealizó la máquina de calor del modo en que Shannon imaginó el sistema de comunicación; descubrimiento que se aplicó a cualquier máquina que utilizara cualquier tipo de combustible. Carnot demostró que una máquina térmica (operando en un ciclo de dilatación y comprensión de un gas ideal, llamado ciclo de Carnot) posee un rendimiento limitado por las temperaturas entre las que la máquina opera: la temperatura más alta, la "fuente caliente", la temperatura más baja, la "fuente fría"

⁴¹ Jeremy Campbell. ob. cit. p. 41.

En la obra *Reflexions sur la puissance motrice du feu* publicada en 1824, Carnot presentó en sus conclusiones: "que el calor sólo puede hacer trabajo cuando baja la temperatura. Debe existir diferencia. Es la diferencia de calor y la "altura de su caída" lo que decide la cantidad de trabajo mecánico que puede realizarse".⁴²

Conforme ha transcurrido el siglo XX, los investigadores comprendieron que la energía es inductible. Su cantidad en el universo no cambia. Sin embargo puede transformarse y convertirse en otro tipo de energía. El calor es una de estas formas; otras más son la electricidad, el trabajo y los procesos químicos. El físico alemán Rudolf Clausius, condujo a toda la ciencia de la termodinámica -en sentido literal, "el movimiento del calor"- a un nuevo nivel de complejidad al enunciar la conducta de la energía en dos leyes. La primera ley de la termodinámica postula que la energía se conserva, no se crea ni se destruye. La segunda ley de la termodinámica afirma que mientras la energía no cambia su cantidad total puede perder calidad. El nombre que Clausius dio a la medida de esta pérdida de calidad fue entropía (de una raíz del griego que significa "Transformación")... Clausius resumió sus conclusiones en el famoso distico: La energía del universo es constante, la entropía del universo tiende a su máximo.⁴³

Para Clausius, la entropía era un nexo entre el calor y la temperatura. Se expresaba como una fracción donde el calor es dividido por la temperatura. Clausius afirmó que cuando una cantidad de calor sale de un cuerpo caliente, su entropía disminuye por la cantidad de calor dividida entre la temperatura original del cuerpo caliente. Cuando esta misma cantidad de calor entra en un cuerpo frío, su entropía aumenta por la cantidad de calor dividido entre la temperatura original del cuerpo frío. Se debe añadir que la termodinámica estudia sistemas cerrados, es decir, sistemas que no intercambian energía con el ambiente, o cuyos intercambios son conocidos y mensurables.

Por su parte, Boltzman, físico austriaco, se apoyó en el físico escocés James Clerk Maxwell, quien realizó un ensayo acerca de los anillos de Saturno, en la que enseñó que la única forma de medir la estabilidad y el movimiento de los anillos en el espacio, es

⁴² Ibidem p. 38-39

⁴³ Ibidem pp. 44-45

suponer que forman un sistema de partículas separadas. Trató a los gases como acumulaciones de pequeñas partículas que se agitan a distintas velocidades y que chocan entre sí. Maxwell calculó las velocidades más probables de las partículas del gas a una temperatura dada, y probó que era posible obtener información sobre el comportamiento del gas en conjunto, sobre sus propiedades en grande escala, capaces de ser medidas, tal como presión y viscosidad.⁴⁴

Posteriormente, Boltzmann utilizó métodos estadísticos para llegar a un tratamiento nuevo de la entropía basado en la probabilidad, convirtiéndola en una propiedad estadística de un enorme número de partículas. En el nuevo esquema, la entropía es un aumento del desorden entre las partículas. En equilibrio, estado de máxima entropía, existe el máximo desorden posible. Una mayor mezcla de partículas sólo conduce a la misma cantidad de desorden. Para dar mayor énfasis a la situación anterior, se clarifica con el siguiente ejemplo:

Al echar agua caliente en una tina de agua fría, la mayoría de las moléculas rápidas se localizan en el extremo caliente y la mayoría de las lentas en el extremo frío. El contraste resulta tan claro que puede ser percibido por nuestros sentidos. Esa estructura ordenada es "el mensaje" que transmite. Pero después, toda el agua queda tibia. Las moléculas rápidas y las lentas, todas, se mezclan en una confusión que cambia sin cesar, y no hay modo que se pueda seguir su rastro. Como los cambios que experimentan son aleatorios, no siguen reglas. En este estado, el agua es como el ruido. Boltzmann probó que el ser humano no puede saber (y no debería interesarle saber) lo que cada molécula -en el agua de la bañera, por ejemplo- hace en un momento dado.⁴⁵

De lo anterior se deduce, que en la información como en la entropía está ligada la idea de diversidad y de desorden.

⁴⁴ Ver *Ibidem*, pp. 48-49

⁴⁵ *Ibidem*, pp. 53-54

Un estado de alta entropía quiere decir que existen muchas formas distintas en que pueden distribuirse las partes del sistema, y un estado de baja entropía significa que existe menos, entonces la entropía puede ser presentada por algún término matemático que simbolice esos posibles modos de distribución y mida su variedad.⁴⁶

Este fue el enfoque de Boltzmann con respecto a la 2ª ley y su ecuación básica es: $S = K \log W$, donde S es entropía, K es una constante universal, conocida como la constante de Boltzmann, y W tiene que ver con el número de formas en que las partes del sistema pueden distribuirse. La entropía S llega a su máximo cuando todas las partes del sistema se encuentran tan absolutamente confundidas y al azar, que no existe motivo para esperar que una disposición específica sea favorecida entre el número colosal del resto.

Boltzmann señaló que cuanto más alta fuera la entropía, menor era la información que se podía obtener del microcosmos, las partes constituyentes de la materia. Obsérvese otro ejemplo:

Utilizando la ecuación de Boltzmann, $S = K \log W$, la S (o entropía) de la biblioteca es baja si su W (número de formas posibles de colocación) es pequeño. Cuando la entropía de la biblioteca se encuentra a su mínimo nivel, esto es, cuando todos los libros están colocados en el único orden prescrito y toda la información necesaria para su colocación se halla almacenada en los ficheros, S tiene su valor más bajo. Por otra parte S es alta si el número de formas en que los libros están colocados es grande, es decir, si W tiene un gran valor.

En la biblioteca, alta entropía significa falta de información, incertidumbre. En un sistema termodinámico, alta entropía significa falta de información sobre la estructura interna y una pérdida de capacidad para aprovechar la energía con propósito útil. Al devolver los libros a su lugar correspondiente, la entropía de la biblioteca se reduce.⁴⁷

⁴⁶ Ibidem. p. 57

⁴⁷ Ibidem. p. 59.

Una de las paradojas más famosas de la física se basa en la fantasía de que un gas en estado de máxima entropía puede ser provisto de su propio "bibliotecario" para reinstaurar su orden. Si un ser inteligente, minúsculo y ágil pudiera introducirse en el micromundo de un recipiente con gas, podría separar las moléculas rápidas y las lentas como el bibliotecario separa los libros. El sistema estaría entonces en capacidad de realizar trabajo. No importa que tal hazaña sea imposible en la práctica. En principio es imaginable y podría ser una forma de violar la ley de la entropía en aumento. El ser imaginario capaz de tal hazaña fue idea de James Clerk Maxwell, y se le llamó demonio de Maxwell. Si el demonio pudiera separar las moléculas mezcladas de un gas, poniendo las rápidas en un compartimiento y las lentas en otro, abriendo y cerrando una puerta perfecta, sin fricción, conseguiría el resultado que la termodinámica considera imposible e invertiría un proceso irreversible. Para hacer claro el asunto, se supone que el demonio no debe emplear nada de energía al cerrar y abrir la puerta corrediza.⁴⁸

Aun cuando el demonio no usara energía para correr la puerta, necesitaría obtener información para poder distinguir las moléculas rápidas de las lentas, pero no sería suficiente como para reducir la entropía porque para lograr informarse sobre las moléculas en la cámara oscura de gas, el demonio ocuparía una fuente de luz, y al proporcionarle una linterna y encenderla, el demonio va a originar cierta cantidad de orden, un contraste entre la energía de la luz, de alto grado, y la degradada energía de las moléculas no separadas de gas. Y la segunda ley decreta que este orden debe ser destruido, aumentando la entropía y tendiendo a establecer en todo el sistema, incluyendo al demonio, un estado de equilibrio. En 1922, el físico Leo Szilard terminó con esta paradoja y demostró que el demonio, solamente por el hecho de obtener información acerca de las moléculas, crea al menos tanta entropía como la que eliminaría separando las moléculas en compartimentos.⁴⁹

La defensa del principio de la entropía que realizó Boltzmann, y con la cual elevó la 2ª ley de la termodinámica a un nivel general, se basaba en un importante principio de la

⁴⁸ Ibidem, p. 60.

⁴⁹ Ver Ibidem, pp. 60-61.

probabilidad conocido como ley de los grandes números. Ley creada por el suizo James Bernoulli en su obra "El arte de la conjetura". James R. Newman la llamó "Nido de sutilezas y trampas". El Teorema de oro como llamó Bernoulli a dicha ley, prueba que a la larga, las probabilidades se aproximan más y más a la certeza.

Si una moneda perfectamente equilibrada se lanza una vez al aire, es posible suponer que la probabilidad de que caiga en alguno de los dos lados, es de una entre dos. Pero si se arroja diez veces, no hay garantía de que el resultado sea parejo: cinco veces cada lado. Debido a que cada ocasión que se lanza no tiene que ver con las demás, es posible que la moneda caiga diez veces del mismo lado, contrariando las esperanzas del jugador que apuesta contra tal secuencia. Conforme aumenta el número de tiros, es más probable que el porcentaje de un lado difiera del otro sólo por una pequeña cantidad. Cuando más veces se lance la moneda lo probable es que sea aún menor la diferencia. Esto, que parece confortante, en realidad no lo es. Hay que notar que la palabra "probable" se utiliza dos veces, en dos contextos diferentes, y que el teorema promete solo un porcentaje semejante, no una igualdad absoluta.⁵⁰

Una teoría de la probabilidad es simplemente un método para codificar un conocimiento parcial, en otras palabras, codifica la información perdida. Según ella la probabilidad que se encuentra en la raíz de la teoría de la información está relacionada de manera inextricable con la cantidad y el tipo de conocimiento que poseemos sobre cualquier hecho cuyo desenlace es incierto. En la teoría de Shannon, la entropía es una distribución de la probabilidad que asigna varias posibilidades a un conjunto de mensajes posibles, pero también la entropía es una medida de lo que la persona que recibe el mensaje no conocía de éste. La entropía es un índice de su incertidumbre, con respecto a lo que espera. Si la entropía es la máxima posible, es decir, si todos los mensajes posibles son igualmente probables entonces también su ignorancia es la máxima.⁵¹

⁵⁰ Ibidem p 68

⁵¹ Ver Ibidem p 81

La noción de entropía es sumamente importante en física debido a que está materialmente o físicamente asociada al proceso termodinámico de la transformación del calor en trabajo. El calor es desordenado, es la forma más desordenada de energía. Sin embargo, todas las otras formas de energía, cuando se utilizan, se convierten en la energía calorífica, de modo que la tendencia universal de la energía es caer en estado de desorden.

En la teoría de la información, la entropía como una medida de la cantidad de información está asociada a un mensaje transmitido por un sistema de comunicación. Físicos, matemáticos e ingenieros electrónicos (como Shannon, Wiener, Von Neuman y N. Morgenster) abordaron los problemas de la comunicación desde la perspectiva de determinar cuáles son las condiciones para la transmisión de mensajes⁵² con independencia de cuál pueda ser el contenido de los mensajes transmitidos.

Desde ese enfoque informativo se analiza a continuación cuál es la cantidad de señales que pueda transportarse por un determinado canal⁵³, de modo que puedan transmitirse mayor cantidad de mensajes distintos y con la menor ambigüedad, siendo esto posible gracias a la teoría de la información, la cual tiene su origen en la teoría matemática de la comunicación, cuyos postulados consideran el transporte de señales y la medida de la complejidad como criterios últimos de los que depende la posibilidad de transmitir mensajes.

La métrica de la teoría de la información reposa en el cálculo de probabilidades. La razón se debe a que la información es un orden del que dependen secuencias de señales distinguibles; para lograr esta distinción es necesario eliminar la ambigüedad que se deriva de la diversidad de secuencias. La eliminación de esta ambigüedad dependerá:

a) Del conocimiento del repertorio de secuencias distintas posibles entre el emisor y receptor.

⁵² "En este sentido, debe entenderse por mensaje cualquier secuencia de señales que, pertenecientes a un conjunto definido (o repertorio) de señales conocidos de antemano, permite la aparición de algún cierto orden en la sucesión. A partir de esta sucesión es posible <<expresar>> o <<representar>> algo distinto con cada una (independientemente de <<lo>> que sea ese algo)." José Luis Priuel Raigada, Teoría de la comunicación, p. 87

⁵³ "Canal es cualquier conducto físico por el que discurren las señales en una transformación de mensajes." Idem

b) De la frecuencia con que cada secuencia aparece.

La relación que cabe establecer entre ambos datos no es otra cosa que la probabilidad de aparición de una determinada secuencia.⁵⁴ Luego la medida de la información compete a la organización del sistema del cual las señales forman parte. Para un mensaje cualquiera cada señal empleada poseerá una posibilidad (P_i) dependiendo de cuál sea el repertorio de señales: cuantas más señales emplee un mensaje y mayor sea su longitud, será mayor la probabilidad de mensajes distintos para la misma longitud.⁵⁵ La probabilidad de que existan mensajes distintos de una misma longitud vendrá expresada por la función exponencial a que se aplica el número total de señales del repertorio. Cabe expresar el número de mensajes posibles, como el resultado de efectuar la operación de elevar a una potencia concreta el número de señales del repertorio. Un modo cómodo de realizar este cálculo consiste en servirse de una medida logarítmica o logaritmo.⁵⁶

Siempre y cuando se conozca la base (que no es otra cosa que el número total de señales posibles y diferentes) se podrá conocer también, además de la probabilidad de las señales, la probabilidad del mensaje; para ello se multiplicarán las probabilidades de cada una de las señales, y si se opera con logaritmos, bastará con sumar cada una de esas probabilidades.

$$H = - \sum_{i=1}^n P_i \log P_i$$

Así, tenemos: fórmula que calcula la cantidad de información H de un mensaje en función de la suma de las probabilidades de cada una de las señales empleadas, multiplicada cada una por el logaritmo de su probabilidad. Se le antepone el signo menos (-) y de esa forma el resultado dará una cifra positiva,

⁵⁴ "El concepto de probabilidad y su medida se basa en la relación n/N , donde n es el número de secuencias reales y N el número de las secuencias posibles. Si n se acerca en número a N , el resultado se aproxima a 1; mientras que si n es un número muy inferior a N , el resultado se acerca 0" Ibidem p. 90.

⁵⁵ "Por ejemplo, para un repertorio de 10 señales (el 0, el 1, el 2, el 3... hasta el 9), existen 102 (=100) mensajes distintos de dos cifras (del 00 al 99), y 103 (=1000) mensajes distintos de tres cifras, y así sucesivamente" Idem.

⁵⁶ "Así, log decimal (sobre la base 10) de 100 es igual a 2, log10 de 1000 es igual a 3, log10 de 10000 es igual a 4, etc." Idem

pues de lo contrario, al calcular algoritmos de una probabilidad (que es una relación cociente $-n/n-$) el resultado sería un número negativo.

Los teóricos de la información, con el objeto de simplificar este cálculo y considerando que el mecanismo más sencillo para la transmisión de señales en un aparato electrónico es aquel mediante el cual la diversidad de señales se reduce sólo a dos (paso de corriente/interrupción de corriente), toman como base del logaritmo la base 2 (\log_2), o logaritmo binario; de ahí que la fórmula anterior se estandarice:

$$H = - \sum_i P_i \log_2 P_i$$

cuyo resultado será la cantidad de información para un código binario de señales, o cantidad de información calculada en bits (contracción de <<binary digits>>),⁵⁷ como se ejemplifica en el tercer capítulo.

Piñuel Raigada menciona que los aspectos de los procesos comunicativos que interesan a la teoría de la información son:

A) Determinar la cantidad de información (simbolizada con la letra "H") que puede contener un flujo de mensajes. La posibilidad de este cálculo se establece a partir de la relación entre el número de señales distintas efectivamente conducidas o transportadas en el mensaje, y el número total de señales distintas de que se dispone para transmitirlo en la fuente. (Distintas, según el autor, no quiere decir diferentes, aunque las diferentes con mayor razón deben ser distintas). Dicho de otro modo, se trata de calcular la <<previsibilidad>> de las señales. Es decir, la cantidad de la información, "H", se funda en el cálculo de probabilidades. El cálculo de esta previsibilidad nos concede saber los mensajes que son formalmente distintos y diferentes. Cuanto mayor es la complejidad del sistema de señales, mayor es la capacidad que tiene el agente de informarla (organizarla) para la transmisión de mensajes distintos.

⁵⁷ Ver José Luis Piñuel Raigada ob. cit. pp. 90-91.

El investigador ejemplifica con el siguiente caso:

En términos de comunicación se puede mencionar que entre el repertorio de señales de que hacen uso las luciérnagas (con sus emisiones intermitentes de luz: repertorio de sólo dos señales diferentes, luz/no luz) y el repertorio de señales acústicas con que cuentan algunas aves existe una gran diferencia. Las aves, en principio, cuentan con mayor capacidad de producir mensajes diferentes como consecuencia de la mayor cantidad de información que permite el mayor número de señales distintas por segundo, con el consiguiente aumento de la complejidad. Sin embargo, el cálculo meramente informacional de la cantidad de información no se corresponde necesariamente con el uso expresivo de esa información con el incremento del repertorio de señales y no el aumento en igual proporción la variedad de mensajes utilizados, la comunicación es más redundante, con lo cual los mensajes resultan más previsibles.³⁸

B) Determinar el canal o red de comunicación alternativo (que en el caso de la realidad virtual es a través de los dispositivos de entrada y salida, que se abordarán en el siguiente capítulo), por la que puede circular más información (mayor número de mensajes por número de señales), con más rapidez y a mayor número de usuarios.

C) Determinar la forma de codificación, es decir, de organización de secuencias de señales, que permite con mayor simplicidad discriminar sin ambigüedad mayor variedad de mensajes, es decir, un código programado en el sistema de procesamiento de la computadora

D) Determinar los efectos que sobre la decodificación (es decir, la identificación correcta de las señales empleadas y de su secuencia) puede producir las perturbaciones introducidas durante el transporte. Estas perturbaciones pueden generarse por la falta de capacidad del canal o por la apertura de este canal a otras señales externas al mensaje, como son los ruidos.

³⁸ José Luis Piñuel Raigada ob cit p. 88

En otras palabras, las variables que los teóricos de la información calculan sirven para medir y verificar las condiciones óptimas para la transmisión de mensajes. Tales condiciones requieren:

- 1°. Que al número más reducido posible de señales se ajuste la mayor cantidad de mensajes diferentes posibles.
- 2°. Que se seleccione el canal más apropiado para hacer circular más información y al mayor número de usuarios.
- 3°. Que se construya el código más rentable para mayor número posible de mensajes y con la menor ambigüedad en su determinación.
- 4°. Que se limiten al mínimo los riesgos de la distorsión y el ruido en la transmisión, provocados por aquellos fenómenos con los que forzosamente hay que contar al no poder ser eliminados de la naturaleza. El logro de este objetivo peligra cuando no se dispone de la capacidad de evitar las distorsiones y los ruidos introducidos por el medio o entorno natural; por eso es necesario reducir la imprevisibilidad de los mensajes (cantidad de información) o, lo que es lo mismo, aumentar la redundancia⁵⁹

La comunicación supone una clase de interacción, en la cual los seres vivos y las máquinas intercambian información. Mientras que por información se entiende un orden⁶⁰ en la transmisión de señales, propiamente enmarcadas dentro del estudio de la teoría informativa como puede observarse a continuación.

La señal se define:

⁵⁹ José Luis Piñuel Raigada, ob. cit., p. 88.

⁶⁰ "El orden al que remite el concepto de información es aquella dimensión que se halla implícita en varios de los conceptos con los que trabajan diferentes especialistas en Ciencias Humanas: se halla implícito en el concepto de programa con el que operan los cibernéticos; en el concepto de configuración que manejan los psicólogos; en el concepto de código utilizado por los juristas, antropólogos y lingüistas, etc." José Luis Piñuel Raigada, ob. cit., p. 83.

como un cambio en la intensidad de la emisión o admisión de energía por parte de la sustancia expresiva,⁶¹ o un cambio en la frecuencia de ese intercambio atribuible a la modificación que las expresiones han realizado sobre la sustancia expresiva. En términos físicos, esos cambios de intensidad y/o frecuencia se denominan <<modulaciones>>. Señal, desde el punto de vista físico, va a ser cualquier modulación energética generada por un cuerpo físico o por la actividad inintencionada o intencionada de un ser vivo, que se transmite en el espacio o en el tiempo y que puede estimular a otro ser. Para que una modulación energética obre como señal, el primer requisito es que el ser que las percibe disponga de instrumentos biológicos o tecnológicos aptos para distinguir esas modulaciones de todas las otras que le estimulan al mismo tiempo. Desde el punto de vista informativo, las modulaciones energéticas necesitan un decodificador. Desde el punto de vista comunicativo, las señales requieren un destinatario (Alter).⁶²

Para la teoría de la información es esencial la función informativa de las señales, por tal motivo, enseguida se analiza desde esa perspectiva, de acuerdo a dicho autor:

La noción de señal, en información, supone:

- a) Una materia sobre la que un agente (emisor) aplica un quantum de energía en virtud de la cual la materia resulta modificada, por medio de la conexión de dispositivos entre el hombre y la máquina.
- b) Un intercambio energético entre la materia modificada y su entorno, de modo de que por ese intercambio surjan las modulaciones y el usuario perciba el mundo virtual.

⁶¹ Para Manuel Martín Serrano, sustancia expresiva es "la materia que el actor (Ego) debe alterar de forma temporal o permanente, para que la comunicación con el Actor (Alter) sea posible. Con Ego se refiere al primer Actor que en una determinada interacción inicia el intercambio comunicativo y Alter (o Altars) para referirse al Actor (o Actores) que en esa misma interacción resulta ser solicitado comunicativamente por Ego".

⁶² José Luis Piñuel Raigada ob. cit. p. 84.

c) La posibilidad de que las energías moduladas por dicho intercambio salven una distancia espacio/temporal entre un agente emisor y un agente receptor, produciéndose una interacción.

d) Un agente (receptor) capaz de captar ese intercambio precedente (entre la materia y el medio) en forma de estímulos energéticos que impresionan alguno de sus órganos receptores (el sistema perceptual del operador y el de procesamiento de la computadora). Los agentes emisor y receptor pueden ser Actores (animales o humanos) y/o máquinas (usuario-computadora, de acuerdo a la realidad virtual).

En términos comunicativos, lo que interesa de los intercambios de señales es el modo en que operan un conjunto de modulaciones energéticas susceptibles de ser emitidas y captadas por los actores de la comunicación, es decir, el análisis del transporte de energías moduladas se analiza en la comunicación porque es susceptible de constituir:

- A nivel biológico, perturbaciones del equilibrio homeostático. como cualquier otra energía proveniente del entorno.
- A nivel sensorial, excitaciones de los órganos de los sentidos.
- A nivel de comportamiento, estímulos para la modificación de la conducta en la interacción.⁶³

No está por demás recordar, el estudio que realiza la cibernética con respecto a la relación homológica máquina-hombre, es decir, a nivel de estructura y funcionamiento, en el envío e intercambio de señales de la misma máquina a partir de:

- La retroalimentación, como función de control y dirección del equilibrio homeostático (mecanismo de regulación del sistema).
- Los sensores, circuitos y otros dispositivos como partes de sus órganos electrónicos que aceptan unidades informativas o bits.
- La entropía, reacción que modifica el funcionamiento del sistema a causa del desorden por falta de información.

⁶³ Ibidem pp 84-85.

La primer condición necesaria para poder efectuar una función o aplicación en un conjunto de señales, es que éstas vengan seleccionadas por un orden; esta condición supone que las señales se sucedan unas a otras en el espacio y/o tiempo, conformando determinadas secuencias de entre todas las secuencias posibles. Si la secuencia de señales no fuese distinguible física, perceptiva y cognitivamente, no sería posible la comunicación. Informar es sinónimo de introducir un orden en el flujo de señales. La información prepara, pues, el conjunto real de señales para que sobre él pueda efectuarse una función o aplicación respecto al conjunto de pautas.⁶⁴

Por lo tanto, resultan fundamentales los lineamientos de Wiener y Shannon, en que se transporta una información precisa, una señal que llegue a su destino, un tipo de mensaje que cumpla en conectar dos puntos: es decir, el control de un sistema (humano o mecánico) que se autorregula por la retroalimentación, de acuerdo a la cibernética. Asimismo, un intercambio de señales-mensajes que se traducen en información con referencia a la teoría informativa. Siendo insustituible en ambos campos una eficaz comunicación; proceso que a la postre se caracteriza en la tecnología de la Realidad Virtual en contacto pleno con el usuario, una correlación comunicativa mecánica-humana.

1.4 Elementos que componen la teoría de la información.

La formalización de la Teoría de la Información ha sido utilizada en ingeniería de las telecomunicaciones. El modelo matemático-informacional, pretende representar un sistema general de comunicación, porque excluye de ésta cualquier referencia a contenidos y selecciona únicamente el fenómeno que cualquier sistema de comunicación supone: la transmisión de señales. Su criterio de uso consiste en estudiar la optimización de la transmisión de mensajes, a partir de las condiciones que impone un transporte de señales.

Este modelo conceptual-analógico selecciona los componentes siguientes:

⁶⁴ Ibidem. p. 86

A) Una fuente de información: desde la cual a través de un aparato transmisor es emitida la señal.

B) Un transmisor: término que se aplica indistintamente al emisor y al aparato tecnológico encargado de la emisión de señales de que dispone la fuente, las cuales, en la medida que se ajustan a un orden, constituyen un mensaje.

C) Un canal: o conducto físico por el que discurren las señales, que posee una capacidad determinada respecto a la intensidad y frecuencia de señales. De esta forma, la relación entre la capacidad del canal (C) y la cantidad de información (H) capaz de ser generada por la fuente, sigue el principio fundamental de esta teoría respecto al canal:

Si $C \geq H$, se puede idear algún sistema de codificación de las señales que permita transmitir las sin que se vean afectadas, o bien reduciendo su distorsión al mínimo. Por el contrario si $C \leq H$, no podrá ser ideado ningún sistema de codificación que asegure que las señales no sufrirán ningún tipo de distorsión.⁶⁵

D) Una fuente de ruidos. Los ruidos son señales ajenas a la fuente de información o bien interfieren el paso de las otras por el canal, si éste es inerte a perturbaciones exteriores, o bien interfieren la recepción de las señales transmitidas al confluír simultáneamente con éstas en la recepción. El ruido es el único componente externo al proceso de transmisión de señales.

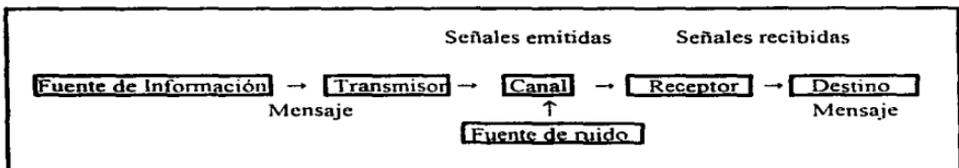
E) Un receptor. El término receptor puede aplicarse en ingeniería al aparato tecnológico que recibe las señales y las decodifica en un código.

F) Un destino, término que refiere al punto final del proceso unidireccional de transmisión. Su función es correlativa a la fuente de información. Este componente es indispensable para verificar la fidelidad de la transmisión al efectuarse la comunicación entre ambos actores.

⁶⁵ Ibidem. p. 149.

1.5 El modelo de Shannon-Weaver.

Históricamente puede observarse que a nivel semántico los términos <<comunicación>> y <<comunicar>> sufren sensibles modificaciones: <<los usos que en su conjunto significan "compartir" pasan progresivamente a un segundo plano para dejar lugar a los usos lingüísticos centrados en torno al significado de "transmitir.">>⁶⁶



(Shannon y Weaver, *The mathematical theory of communication*, p. 34)⁶⁷

El esquema que ofrece la teoría de la información es lineal, parte de un recorrido que inicia con la fuente de información hasta llegar a un destino, y está compuesto por seis elementos que se enlazan para la transmisión del mensaje. El modelo precisa que en cada proceso comunicativo

existe siempre una fuente o manantial de la información, desde la cual, a través de un aparato transmisor, es emitida una señal; esta señal viaja a través de un canal a lo largo del cual puede ser interferida por un ruido. Al salir del canal, la señal es recogida por un receptor que la convierte en un mensaje. Como tal, el mensaje es comprendido por el destinatario (Eco, 1972, 10).⁶⁸

⁶⁶ Mauro Wolf, ob. cit. p. 126

⁶⁷ Diagrama tomado de Manuel Martín Serrano, ob. cit. p. 150

⁶⁸ Mauro Wolf, ob. cit. p. 128

El mensaje representa puntos de convergencia dando respuesta a un resultado prepositivamente deseado, es decir, una comunicación eficaz entre el emisor y receptor. Los recuadros representan los componentes del modelo. Este modelo pretende dar cuenta de cualquier proceso de comunicación independientemente de que se realice entre hombres, instituciones, animales o máquinas:

- a) Si el modelo matemático-informal se aplica al estudio del intercambio entre máquinas, no hay problema epistemológico, en la medida en que el proceso es cerrado.
- b) Si el modelo se aplica al nivel de los seres vivos, los agentes de la transmisión asumen en el modelo el papel de los siguientes componentes:
 - Fuente de información y transmisión (en la emisión), siendo la fuente la capacidad del ser vivo para generar señales y el trasmisor el instrumento (biológico o tecnológico) de que se sirve.
 - Receptor y destino (en la recepción), siendo el destino la capacidad del agente para captar la complejidad de la transmisión y receptor su órgano (biológico o tecnológico) empleado para la recepción y decodificación.
- c) A nivel social no existe posibilidad de aplicar este modelo. Se puede apreciar que este modelo propone una concepción lineal del proceso comunicativo, que discurre entre un principio (fuente) y un final (destino), en donde queda cortada la transmisión.⁶⁹

En el caso de la realidad virtual es necesaria una codificación de las señales electrónicas, que al ser emitidas por el usuario tienen un significado unívoco para el receptor (computadora); es por ello que este modelo no tiene aplicabilidad a nivel social.

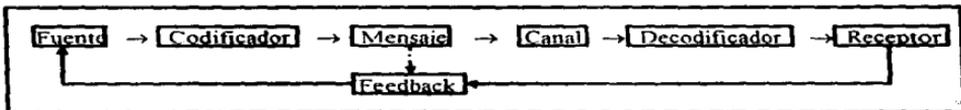
El esquema de Shannon, en tanto que fórmula, pretende una aplicabilidad universal repetible. Los esquemas sociológicos no pretenden tanto la aplicabilidad, su utilización como fórmulas matemático-lógicas, como la posibilidad de sintetizar, resumir en unos trozos pertinentes y universales, la

⁶⁹ Manuel Martín Serrano. ob. cit. p. 150

complejidad de elementos y de estructuras de relación de estos elementos en los procesos de comunicación humanos.⁷⁰

La cibernética transforma este modelo lineal en otro circular, introduciendo en la teoría el concepto de retroalimentación (feed back) como mecanismo de regulación del sistema. El feedback o mensaje de retorno se da en el momento cuando llega al receptor y dicho mensaje lo envía a la fuente. Aunque también, el mensaje mismo puede ser fuente de retroalimentación, en caso de que existiese ruido en el canal, por ser este conducto portador y limitador a la vez de dicho mensaje. Por ende, entre la fuente emisora y el receptor, no se da la experiencia o el mecanismo de retroalimentación para decodificarse el mensaje como dicho emisor lo preveía.

De esta forma, se tiene un nuevo esquema⁷¹ :



De acuerdo con Shannon y Weaver, en este modelo, el codificador pasa a ser el transmisor (emisor o aparato tecnológico); y el decodificador toma el puesto del receptor (que en la Realidad Virtual es el ordenador).

Según David K. Berlo, el codificador en la comunicación (que él llama encodificador),

... es el encargado de tomar las ideas de la "fuente" y disponerlas en un código, expresando así el objetivo de la fuente en forma de mensaje. En la comunicación de persona a persona la función de encodificar es efectuada por medio de la capacidad motora de la "fuente": mecanismos vocales (que producen la palabra hablada, los gritos, las notas musicales, etc.); los sistemas

⁷⁰ Miguel de Moragas Spa. Teoría de la comunicación, p. 66.

⁷¹ Diagrama tomado de Antonio Paoli, ob. cit. p. 31. (La línea punteada del mensaje al feed-back, que indica ruido en el canal, es sugerencia propia).

musculares de la mano (que da lugar a la palabra escrita, los dibujos, etc.); los sistemas musculares de las demás partes del cuerpo (que orientan los gestos del rostro y ademanes de los brazos, las posturas, etc)... Así como la fuente necesita un **encodificador para traducir sus propósitos en mensajes, para expresar el propósito en un código,**⁷² al receptor le hace falta un **decodificador para retraducir, decodificar el mensaje y darle la forma que sea utilizable por el receptor.**⁷³

Este esquema tiene aplicabilidad a otro proceso comunicativo y es el que interesa para el análisis del presente trabajo:

d) Si se produce entre una máquina y un ser humano, como se establece en la Realidad Virtual, sistema interactivo que permite al usuario sumergirse en un mundo artificial, sintético, llamado ciberespacio, generado por la computadora.

Por lo que la funcionalidad de dicho modelo comunicativo no sólo ha consistido en su amplia aplicabilidad, sino también en descubrir los factores de interferencia de la transmisión de información, es decir, el problema del ruido debido a una pérdida o distorsión de la señal que se produce en el canal. Fenómeno conocido como "Teorema del canal ruidoso", basado en una mejor utilización de la codificación. Se trataba de llegar a determinar la forma más económica, rápida y segura de codificar un mensaje, sin que apareciera el ruido en la transmisión.

De esta manera, de acuerdo con Shannon,

se evidencia así la presencia en el esquema comunicativo de otro elemento, el código. Para que el destinatario pueda comprender la señal correctamente es necesario que, tanto en el momento de la emisión como en el momento de la destinación, se haga referencia a un mismo código. El código es un sistema de reglas que atribuye a determinadas señales un determinado valor. Decimos valor

⁷² "Código puede definirse como todo grupo de símbolos que puede ser estructurado de manera que tenga algún significado para alguien". David K. Berlo. El proceso de la comunicación, p. 45.

⁷³ David K. Berlo. ob. cit pp. 24-25.

y no <<significado>>, porque en el caso de un aparato homeostático (relación entre dos máquinas) no puede decirse que la máquina destinataria <<comprenda el significado>> de la señal (como no sea en sentido metafórico): ha sido instruida para responder de una determinada forma a una sollicitación determinada (Eco, 1972, 11)⁴

Finalmente, de todo lo anterior, es posible resumir y ejemplificar de manera sencilla, la teoría de Shannon

con un ejemplo extraído de ESCARPIT (1976), la perspectiva de los teóricos de la información es parecida a la del empleado de correos que debe transmitir un telegrama: respecto al emisor y al destinatario, que están interesados en el significado del mensaje que se intercambian, su punto de vista es distinto. El significado de lo que transmite le es indiferente, ya que su papel es el de hacer pagar de forma proporcional a la extensión del texto, es decir, a la transmisión de una <<cantidad de información>>⁵

En efecto, por medio de la Teoría de la Información ha sido posible extender el intercambio de mensajes entre hombres y máquinas, en cuya capacidad de estas últimas se limita al tratamiento de señales o modulaciones energéticas que pueden responder inteligentemente a mensajes humanos, cuando el programador emplea códigos estrictamente elaborados. Este empleo de la Teoría de la Información en el campo de las máquinas es adecuado porque cabe la posibilidad de operar con el mecanismo denominado "cerramiento" en el sistema de comunicación, lo que facilita la elaboración de lenguajes-máquina precisos.

Decio Pignatari señala que una de las limitaciones del modelo, producto de su carácter físico-matemático, se encuentra en la señal: en comunicación humana se transmite información y contenido, algo que no se destaca en las señales. En tanto que tiene su carácter matemático, sólo se ocupa de las señales en su

⁴ Mauro Wolf, ob. cit. pp. 129-130.

⁵ Mauro Wolf, ob. cit. p. 131.

realidad física y a nivel puramente sintáctico, descartando los niveles semántico y pragmático.⁷⁶

Por ende, con las bases científicas y tecnológicas del campo cibernético y del estudio de la teoría de la información, es viable adentrarse al fenómeno de la Realidad Virtual; tecnología electrónica que tiene su fundamento en ambas disciplinas únicamente para poder explicar, que al realizarse la interconexión de señales-mensajes entre la computadora y el usuario, tiene como efecto principal un modelo particular de comunicación por el intercambio de información en relación biunívoca hombre-máquina.

Es decir, a través del esquema que anuncia la teoría informativa, es permisible que el usuario sea la fuente de información que transmite órdenes o mensajes (cualquier secuencia de señales), utilizando canales (dispositivos de entrada propios del sistema de la Realidad Virtual), para que sean decodificados por el ordenador (destino) y a la vez los dispositivos de salida se encarguen de retornar el mensaje para retroalimentar a la fuente inicial; por lo que en lugar de ser un sistema lineal, la cibernética lo transforma en otro circular, por el feed back como mecanismo de regulación del sistema, cumpliéndose así, un modelo comunicativo "cerrado" usuario-ordenador. En consecuencia, se establece que la Realidad Virtual es un medio y una forma específica de comunicación. Experiencia tecnológica-humana, que se revela como parte de la trascendencia histórica al concluir este siglo XX; una fusión que responde a cambios inimaginables en la vida del hombre de hoy, y sin duda, con sorprendentes transformaciones que incidirán en la sociedad del futuro en su modo de actuar y de pensar.

⁷⁶ Claudia Benassini. Teoría de la comunicación en Estados Unidos y Europa. p. 22.

Capítulo 2. Realidad Virtual.

Presentación.

El capítulo que a continuación se describe, tiene como propósito conocer el fenómeno de la Realidad Virtual, tecnología en que el ordenador actúa como mediador de la representación abstracta y potenciador de la imaginación; en mutua asociación con el ser humano que al accionar con la máquina se siente sumergido en la experiencia virtual.

Un modelo de sistema de Realidad Virtual, se constituye básicamente de un casco visualizador, elemento clave en este tipo de experimento como dispositivo de salida, que presenta al operador de forma visual, imágenes estereoscópicas, agregándose sonidos, y el guante de datos conectado a la computadora, la cual ejecuta un programa, que permite, que el usuario inmerso en el mundo virtual o ciberespacio, pueda "navegar" por él e interactuar con objetos y seres virtuales, por lo que es posible crear entornos tridimensionales artificiales, que dan lugar a un mundo alternativo.

Es por ello, que se menciona de manera breve y general, sólo algunos de los aspectos más ilustrativos de su funcionamiento, con los cuales se realiza la interrelación cibernética usuario-computadora, y al mismo tiempo una forma de comunicación con base en la teoría de la información, dejando al margen otros rasgos no menos importantes. Apartados en los que se esboza: qué es la Realidad Virtual, los antecedentes para su surgimiento, los tipos de sistema de Realidad Virtual, su estructura conformada por los dispositivos de entrada y salida, así como el sistema de procesamiento; las características de los sistemas de Realidad Virtual: capacidad sintética, interactividad, tridimensionalidad e ilusión de la realidad; las aplicaciones prácticas más usuales, para concluir con el futuro de la tecnología.

Proceso que proporciona elementos indispensables para ubicar la Realidad Virtual, dentro de un modelo de comunicación cibernético, basado en la teoría informativa, en un flujo innumerable de intercambio de señales usuario-máquina; información bidireccional que

propicia generar e iniciar un tipo específico de comunicación, del hombre y su entorno virtual, y de éste con una sociedad futurista en vías de transformación en la cibercomunicación.

2.1 ¿Qué es la Realidad Virtual?

La realidad virtual, conocida también como (RV), alude a una combinación de elementos tecnológicos capaces de transportar al usuario a un mundo sintético, artificial, creado en la computadora, que recibe el nombre de ciberespacio: intersección de la estereoscopia y la simulación; para interactuar en él, explorarlo o practicar técnicas, que de acuerdo a su naturaleza ha de desempeñar en el mundo real.

La realidad virtual

es una experiencia en la que se crea la sensación de estar sumergido en un mundo artificial, sintético, generado por el ordenador. En él, el individuo puede tocar y utilizar los objetos que ve. que "virtualmente" sólo existen en su imaginación, aunque "realmente" existen en la memoria del ordenador"

De esta forma, el usuario siente la ilusión de experimentar una realidad alternativa al ser protagonista en la inmersión. En la memoria de la computadora se almacenan las formas y coordenadas de los objetos gráficos, como también seres que constituyen el mundo virtual; y el conjunto de periféricos (dispositivos de entrada y salida), conectados al sistema computarizado acceden a modificar sus parámetros o visualizarlos. La computadora es como una ventana a través de la cual el usuario puede asomarse y percibir dicho mundo; es un medio de representación comunicacional.

Para la comprensión del tema, es pertinente determinar el significado de lo que es real y virtual.

Virtual, del latín virtus (virtud, fuerza), es lo que está en potencia en lo real, lo que tiene en sí todas las condiciones esenciales para su realización... si se quiere conservar el sentido corriente de las palabras <real> y <virtual>, hay que hacer intervenir una tercera palabra. Se puede hablar, en efecto, de la virtualidad o de la realidad de los objetos que se perciben. El dualismo fundamental se sitúa

entre lo que se percibe y lo que es, entre lo que se suscita en nosotros y lo que está fuera de nosotros. Los fenómenos que requieren nuestros sentidos son siempre reales: son fenómenos físicos. Por el contrario, las representaciones cognitivas que éstos desencadenan en nuestros cerebros pueden corresponder a objetos que existen realmente o a objetos que no existen. Cuando existen se dice que esos objetos son reales. En el caso contrario se les puede calificar de virtuales, como esas imágenes que nos hacen ver las lentillas divergentes o esos espejismos que nos hacen creer que a pocos metros de nosotros hay un oasis.⁷⁸

La RV es un mundo que se asemeja a la realidad. La virtualidad es entendida y vista como la creación de un sistema de representación cuya existencia es potencial en la inmersión, no real, y sólo persigue una simulación, una ilusión a través de la interacción en un ambiente tridimensional.

"El diccionario define virtual como <<que existe o resulta en esencia o efecto pero no como forma, nombre o hecho real>>. Realidad es <<la cualidad o estado de ser real o verdadero>>."⁷⁹

La palabra virtual se refiere a algo que parece estar presente, pero que en verdad no lo está; mientras que lo real, que tiene existencia verdadera y efectiva.

... La realidad es lo que es. El ser es consiguientemente la realidad, puesto que el ser es, pero el ser no es solamente un ente, es un verbo activo y para ello todos nosotros somos, y consiguientemente, todos nosotros somos realidades. Y si todos somos realidades el hombre es un inventor profesional de realidades, es invento, descubridor, es decir, persona capaz de encontrar. Para hablar de la realidad necesariamente hay que aproximarse a lo social, a la sociedad, al conjunto de personas unidas en determinados conjuntos más o menos permanentes, más o menos fluctuantes, a través de relaciones casuales, circunstanciales, más o menos duraderas.⁸⁰

⁷⁸ Claude Cadoz. Las Realidades Virtuales pp. 9-10

⁷⁹ L. Casey Larjani. Realidad virtual. Prólogo p xi

⁸⁰ Hermique González Casanova "Realidad", en Revista trimestral de Trabajo Social p. 15

Casey Larjani, define la RV "como una combinación de la potencia de una computadora sofisticada de alta velocidad, con imágenes, sonidos y otros efectos". Otras definiciones que la autora retoma son:

Un entorno en tres dimensiones sintetizado por computadora en el que varios participantes acoplados de forma adecuada pueden atraer y manipular elementos físicos simulados en el entorno y, de alguna manera, relacionarse con las representaciones de otras personas pasadas, presentes o ficticias o con criaturas inventadas [Nugent]. O bien, un sistema interactivo computarizado tan rápido e intuitivo que la computadora desaparece de la mente del usuario, dejando como real el entorno generado por la computadora [Goldfarb], o simplemente, un mundo de animación en el que nos podemos adentrar.⁸¹

El término RV (virtual reality: VR) es la expresión usualmente más común, aunque en publicaciones técnicas y científicas prefieren hablar de: realidad artificial (artificial reality); mundo virtual (virtual world); ambiente virtual (virtual enviroment); espacio virtual tridimensional (3D virtual space); o ambientes sintéticos (synthetics enviroment).

Tomás Maldonado, investigador en tecnologías audiovisuales, entiende por RV

esa particular tipología de realidad simulada en la que el observador (en este caso espectador, actor y operador) puede penetrar interactivamente, con ayuda de determinadas prótesis ópticas, táctiles o auditivas, en un ambiente tridimensional generado por el ordenador... En la práctica, la definición alude principalmente a la realidad virtual del tipo "inmersión-inclusión" (immersive-inclusive), o sea, una realidad en la que el agente ve desde el interior un espacio tridimensional.⁸²

Otro concepto, que descansa en un factor psicológico, es el propuesto por Del Pino González, quien conceptualiza a un sistema de realidad virtual como "un sistema

⁸¹ Idem.

⁸² Tomás Maldonado. *Lo Real y lo Virtual* pp 101-102

interactivo que permite sintetizar un mundo tridimensional ficticio, creando en el usuario una ilusión de realidad".⁴³

Por lo tanto, la RV está conformada de los siguientes aspectos:

- A)** La simulación del paso de la realidad física a la realidad virtual generada por la computadora, fenómeno en el que el usuario se aísla de su entorno físico exterior.
- B)** La interacción del operador con el ciberespacio, en el que tiene la percepción de "tocar" y "manipular" los objetos virtuales. La RV es un sistema de representación abstracto del mundo virtual, mundo simulado en que se produce la interacción usuario-máquina.
- C)** Inmersión: al sumergirse en un sistema de RV, el operador experimenta sensaciones multisensoriales. La inmersión es lo que hace "virtual" a esa forma de realidad.
- D)** Imágenes tridimensionales (no bidimensionales), acompañadas de audio y sistema periférico. La virtualidad surge en el paso de la bidimensionalidad a la tridimensionalidad. La RV crea un ambiente tridimensional lo más semejante a la realidad, a tal grado que el mismo usuario llaga a interactuar dentro de ese mundo virtual.
- E)** La RV es una realidad alternativa, en la cual el cerebro está mutuamente acoplado con la computadora, por lo que existe una estrechez del usuario con la máquina.
- F)** La RV es un nuevo sistema creativo de comunicación interactiva del operador con el ordenador, el primer actor comunica, el segundo informa, y en este ciclo de intercambio de mensajes-señales, de acuerdo a la teoría de la información, se establece un modelo comunicativo circular, cerrado, por la retroalimentación y control cibernético.

En la RV, el ordenador lleva a efecto una mutación al crear un ciberespacio, en donde las categorías de tiempo y espacio se ubican en otras formas diferentes de acción y

⁴³L. M. Del Pino González. Realidad Virtual. p. 19.

connotación, resultado del desarrollo operativo de la computadora ligado al raciocinio humano; es decir, la máquina influye sobre el pensamiento humano y asimismo, el hombre converge sobre el accionar de la máquina para registrarse una interactividad entre ambos actores, por lo que no es posible la disociación en este medio comunicativo.

De esta manera, la RV es una alternativa comunicacional basada en dos características esenciales para su realización: 1) La inmersión, que permite al usuario estar "físicamente" dentro del ambiente virtual -conformado estrictamente por la peculiaridad de tridimensionalidad- rodeado por la demostración visual, en donde puede "navegar" y tener experiencias multisensoriales "reales" y; 2) las posibilidades de interacción, rasgo indispensable que fortalece la interdependencia comunicativa, por la respuesta a mensajes del usuario con la máquina y con el entorno al que se siente "envuelto" o "sumergido". Esto propicia un vínculo activo-perceptivo que deja al cibernauta "tocar", "mover" y "manipular" los objetos del mundo virtual para no ser un simple espectador o elemento pasivo, efectuándose una interacción comunicacional.

2.2 Antecedentes de la Realidad Virtual.

Si tomamos el concepto de simulación y representación, tenemos a Ptolomeo y Copérnico entre los pioneros de la realidad virtual. Las esferas almilares y celestes, representaciones tridimensionales de los sistemas geocéntrico y heliocéntrico, respectivamente, son quizá los primeros intentos de creación de una realidad virtual tridimensional. Pero no podemos aún hablar en estos términos, pues falta un concepto esencial, la interacción.²²

El origen de la RV surgió en el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, a partir de la primer computadora electrónica digital que obtuvo el ejército en la década de los 40, hasta los experimentos de la Fuerza Aérea sobre los displays de cabeza de los años 80; ambos hechos refieren que los militares estadounidenses siempre estuvieron interesados en las innovaciones tecnológicas de las computadoras y fueron los primeros en adquirirlas.

²² José Raúl Alonso Realidad Virtual. ¿Cuánto hemos avanzado?. Mundo 21. pp. 6-7

La RV y la tecnología desde entonces, está ligada a los propósitos militares donde encontró sus primeras aplicaciones: los simuladores de vuelo, cuyo fin es la posibilidad de supervivencia de un piloto en combate, y, al mismo tiempo, nulificar la posibilidad de supervivencia del enemigo.

Un simulador de vuelo es un sistema informatizado que consta de una cabina como la del aparato real, con los mismos mandos e indicadores, y en cuyas ventanillas se colocan una serie de monitores a los que se proyectan imágenes generadas por ordenador. Una plataforma móvil sobre la que se sitúa el conjunto simula las sacudidas y movimientos del aparato real de acuerdo con las acciones del piloto.⁸⁵

Por ejemplo, el programa Super Cockpit, que inicia en 1977, se registra en la serie de simuladores de vuelo inaugurados durante la Segunda Guerra Mundial y es el primero que crea condiciones realistas para el entrenamiento de pilotos. El responsable de este programa, Tom Furness, tenía como finalidad unir eficazmente el sistema perceptivo del piloto al dispositivo de visualización. El programa Super Cockpit, proyecto secreto financiado por la aeronáutica estadounidense y desarrollado en el laboratorio de investigación Armstrong en la base militar de Wright Patterson en Dayton, E.U., "es un dispositivo de visualización que superpone a las imágenes reales de las informaciones destinadas al control del aparato, en un cockpit de avión de caza, la presentación de las amenazas, de los blancos e informaciones para el disparo de las armas".⁸⁶

En una de sus versiones efectuada en 1982, el Cockpit tenía la presentación de una <<burbuja panorámica virtual tridimensional>>, en su interior se exponía toda la información que el piloto necesitaría en la operación: control del aparato para la presentación de amenazas, blancos imprevistos y disparos de armas.

-El sistema de visualización, que utilizaba tubos catódicos y espejos sin estaño, permitía ver las imágenes sintéticas sin eliminar la visión de la escena real.

⁸⁵ Miguel Angel Casanova González. ob cit pp 19-20

⁸⁶ Claude Cadoz. ob cit p. 114.

Mediante la utilización de una base de datos que correspondía a la descripción del territorio sobrevolado, la síntesis de imagen daba, superpuesta a la visión real, una representación simplificada y exenta de toda ambigüedad. La coincidencia de la representación y de la realidad estaba asegurada por la utilización y de un radar y de sensores de posición colocados sobre el casco.⁸⁷

Con dicha simulación, se eliminaba la situación de algún accidente real para el piloto, y los gastos de aprendizaje eran menores con respecto a la utilización de aparatos reales. La flota norteamericana que atacó los objetivos militares de la Guerra del Golfo en 1991, tenían conocimiento del terreno porque previamente lo habían sobrevolado virtualmente. A continuación se mencionan los personajes más importantes que, debido a sus investigaciones, hicieron posible lo que hoy se conoce como RV.

2.2.1. El Sensorama.

Morton Heilig diseñó en 1962 la máquina Sensorama, dispositivo multisensorial que sirve para estimular los sentidos de la vista, tacto, oído y olfato del operador; fue una muestra no computarizada de un sistema pionero de la RV, que consistía en una pantalla de proyección y el usuario sentado frente a ella se asía a un par de palancas.

El Sensorama conducía al usuario a través de varias escenas, incluyendo un paseo en bicicleta por Brooklyn y sobre las dunas de California. Estimulaba el sentido del tacto a través de las vibraciones de las palancas y de un asiento que se movía bruscamente a medida que la "bici" se desplazaba. Estimulaba los sentidos de la vista y el oído mostrándole al usuario una película con sonidos sincronizados, y el sentido del olfato lanzando aromas a través de pequeños surtidores que apuntaban hacia la cara del usuario. El paseo terminaba con una visita a un espectáculo sobre la danza del vientre acompañándolo del olor de un perfume barato.⁸⁸

⁸⁷ Ibidem. p. 25.

⁸⁸ Nicholas Lavroff. *Mundos Virtuales. Realidad Virtual y Ciberespacio*. pp 22-23.

El objetivo principal del Sensorama, fue sumergir al usuario en un entorno virtual durante un lapso corto que duraba la experiencia. Cabe mencionar que a principios de los años 50_s, el cinerama, inventado por Fred Waller, pretendía poner de moda el cine tridimensional, sonido estereofónico, pantallas anchas y otras innovaciones técnicas que la televisión no contemplaba. Además, Waller, a fines de los años 30_s, había experimentado con múltiples proyectores y pantallas para representar un campo visual más ancho para las películas. El cinerama sirvió de referencia para la construcción del sensorama.

Heilig, para crear una experiencia artificial, en 1954 esbozó un esquema del cerebro y de los canales sensoriales como entradas perceptivas. Pensó en ingenieros que reprodujeran o duplicaran mecánica, eléctrica u ópticamente la información sensorial, que contribuyera a crear la sensación de la realidad, una forma de registrarla y volver a reproducirla en salas acondicionadas para tal efecto; prueba a la que denominó "teatro de la experiencia".

El teatro de la experiencia podría reducirse al tamaño de un display montado a la cabeza que él llamó "la máscara telesférica", predecesor de los cascos de RV, inventado cinco años antes de que Ivan Sutherland armara en el MIT (Instituto Tecnológico de Massachusetts), el display de grafismo computarizado.

La visión de Heilig de un medio que conduzca experiencias artificiales multisensoriales está a un paso de ser realidad en los años 90, pero la senda que lleva a las tecnologías de la RV de hoy no viene del cine. Más bien fueron el desarrollo de las máquinas pensantes, la extensión de las herramientas basadas en la computadora para la amplificación de la percepción y cognición humanas, las que llevaron a la aparición de una forma de teatro de experiencia desde el centro de un campo menos cinematográfico: la ciencia de la computación.⁹⁹

El esfuerzo del método cibernético por estrechar más la unión entre las mentes humanas y las computadoras, propició después de varias décadas, la situación de convergir en el hecho de crear la ilusión tridimensional, esbozos para el desarrollo futuro de la RV;

⁹⁹ Howard Rheingold. Realidad Virtual p 66

asimismo, la miniaturización de la electrónica que condujo a avances en el hardware, la simulación por computadora y el grafismo computarizado, desarrollado a fines de la década de los 80_s.

La posibilidad de conectar las pantallas de televisión con las computadoras, fue otro factor necesario en una nueva tecnología: una interfaz de la computadora que usara la percepción humana para facilitar la comunicación hombre-máquina. La computadora electrónica es una tecnología habilitante⁹⁰ clave para el ciberespacio, y a la vez la convergencia⁹¹ de las computadoras con los dispositivos visuales de entrada, basados en la óptica, fueron esenciales para el nacimiento de la RV.

2.2.2. El ordenador, interfaz de la RV.

La primer computadora electrónica digital que procesó los primeros números, fue la ENIAC en 1946; después de los años 60_s, con la miniaturización que condujo desde las válvulas de vacío a los transistores y a los circuitos integrados, las computadoras se fueron achicando y se hicieron más potentes. Otro componente fundamental de cualquier computadora, es un elemento conmutador, pieza que enciende o apaga y hace que una corriente eléctrica cambie de dirección. El ordenador computa desprendiendo señales (bits) como lo explicita la teoría de la información, para formar símbolos más complejos.

⁹⁰ "Las dos fuerzas motrices más potentes que impulsa el ritmo acelerado del cambio tecnológico son los fenómenos de las tecnologías habilitantes y la convergencia científico-tecnológica. . . una tecnología habilitante es aquella que hace que otra tecnología sea posible. Algunas tecnologías potentes surgen a la existencia en un momento dado porque algún umbral de precio o ejecución fue cruzado por una o varias tecnologías habilitantes. Algunas son elementos habilitantes de muchas otras tecnologías. La válvula de vacío, por ejemplo, fue la tecnología habilitante para la radio y la televisión, así como la máquina de vapor fue una tecnología habilitante, tanto para las locomotoras como para los dinamos. Los dinamos y las lámparas incandescentes fueron tecnologías habilitantes para la electrificación." (Howard Rheingold ob cit. p 66)

⁹¹ "La convergencia está relacionada con las tecnologías habilitantes, pero les añade un leve matiz de impredecibilidad: la historia muestra que trayectorias científicas y tecnológicas aparentemente no afines pueden converger de pronto para crear un campo enteramente nuevo. La convergencia requiere una intersección de ideas profundamente similares, así como un elemento de maduración o evolución de la potencia o precio de las tecnologías componentes conexas." (Howard Rheingold ob cit pp. 66-67)

El ingeniero electrónico Douglas C. Engelbart, tuvo la agudeza de usar la potencia de las computadoras para que efectuaran la parte mecánica de pensar y sugerir ideas, y junto con el usuario pudieran resolver problemas. Con el paso de los años, es lo que se conoce como **computación personal**; surgió de la Aumentation Research Center (ARC), laboratorio de Engelbart, en el Instituto de Investigación de Stanford en la década de los 60_s.

Engelbart eligió la palabra "aumentación" por contraste con "automatización", la palabra más usada para describir la aplicación de las computadoras al trabajo humano. La automatización implica el uso de las computadoras para reemplazar la labor humana. Aumentación significa amplificar el poder de la labor intelectual quitando las barreras de bajo nivel para promover el pensamiento de alto nivel.⁹²

La visión de Engelbart fue equiparar las aptitudes humanas **perceptivas y cognitivas** con la capacidad de representación y computación de las **máquinas**, es decir, que las computadoras pudieran ser usadas como **amplificadores de la mente**, y comprendió que si el radar podía mostrar información impresa, también **podía plasmarse en una pantalla de computadora**.

En 1963, Engelbart propuso un dispositivo de escritura computarizada "usando una computadora y una pantalla de vídeo para componer documentos, sería posible optimizar todo el proceso de la composición escrita: esa hipotética máquina de escribir permite así usar un nuevo proceso para componer textos... Si el embrollo de pensamiento que representa el borrador se vuelve demasiado complejo, usted puede compilar reordenando rápidamente el borrador... "El hipertexto", que permitía a los lectores saltar de un documento a otro, señalando determinados puntos en la pantalla, múltiples "ventanas" de texto en las pantallas del display, conferencias de computadora que permitían a diferentes usuarios compartir un sistema de comunicación escrito".⁹³

⁹² Howard Rheingold, ob. cit. p. 90.

⁹³ Idem.

Este procesamiento de palabras fue un ejemplo de la amplificación intelectual, que plasmó en su artículo: "A conceptual Framework for Augmenting Mans Intellect". El dispositivo de señalamiento "ratón" con características de omnipresencia en los ordenadores, inventado en los años 60_s, estuvo disponible en el mercado hasta 1980; su empleo marcó un adelanto en la interfaz hombre-computadora encauzada en la RV: entrada tridimensional del gesto como lenguaje de mando, lo que hizo posible establecer una interacción con una computadora usando un gesto natural: si el usuario mueve el ratón, un cursor se mueve en forma análoga sobre la pantalla. Se hizo posible omitir órdenes y el empleo de entrada por gestos se asoció a los gráficos tridimensionales, que Engelbart previó en 1962.

2.2.3. Las tarjetas perforadas: primeros dispositivos de entrada.

J.C.R. Licklider, investigador y profesor del MIT, psicoacústico que usaba modelos matemáticos para comprender las bases del oído humano, se planteó si las computadoras podían ayudarle a formular modelos, así como calcular el significado de datos. El procesamiento de datos era lo que Licklider o Engelbart necesitaban, esto implicaba lo que podía hacerse con las computadoras y cómo proceder para hacerlo

Un proceso conocido como "procesamiento batch" era la forma adecuada de manejarse con listas de sueldos, cálculos científicos o datos de censos. Si usted tenía un problema para resolver, el primer paso que debería dar era codificar su problema y los datos que el programa iba a manipular, en uno de los dos principales lenguajes de máquina, por lo general, FORTRAN o COBOL. El programa codificado y los datos se convertían en cajas llenas de tarjetas perforadas: los dispositivos de entrada, que llegaron a ser conocidos universalmente como "tarjetas IBM".²⁴

Licklider ingresó a la compañía Cambridge, Bolt, Beranek & Newman (BB&N), que tenía la primera computadora que hizo la Digital Equipment Company: la PDP-1, en donde

²⁴ Ibidem p 85.

prosiguió sus investigaciones psicoacústicas. En lugar de programar con tarjetas perforadas, se introdujeron los programas y los datos en el ordenador mediante cintas de papel de alta velocidad; por primera vez los programadores pudieron operar con la máquina. Licklider descubrió que era posible usar computadoras para construir modelos a partir de datos experimentales y procesar cualquier información, esto a través de lo que él denominó "computación interactiva", donde humanos y ordenadores trabajarían juntos pero de maneras distintas.

El desarrollo de éstos, desde los años 40's, hasta la época actual, han mostrado un nuevo estatus social informativo partiendo en forma sustancial de la preocupación de estos avances científicos, que indudablemente marcaron su presencia, agudeza, y revolucionaria aplicación en los conocimientos universales de la cibercomunicación de un siglo XXI y una sociedad futurista.

2.2.4. La Analogía Cibernética.

En 1960, Licklider escribió: "La simbiosis hombre-computadora", donde advirtió que "los cerebros humanos y las computadoras se ensamblarían muy estrechamente, y que la sociedad resultante pensaría como ningún ser humano ha pensado jamás y procesaría datos de una manera no encarada por ninguna máquina informática que conozcamos hoy".⁹⁴

En los años 60_s y 70_s los diseñadores construyeron dispositivos mediante los cuales los cerebros y las computadoras podían ensamblarse conjuntamente, propiciando el desarrollo de la tecnología virtual. Howard Rheingold describe a la RV "como un ambiente en el cual el cerebro está acoplado tan estrechamente a la computadora, que el usuario de la máquina parece moverse en el mundo creado por ésta de la misma manera en que la gente se mueve en el ambiente natural".⁹⁵

⁹⁴ Ibidem p. 86

⁹⁵ Idem.

2.2.5. El Whirlwind.

El Laboratorio Lincoln en Lexington, Massachusetts, asociado al MIT, contrató a Licklider y otros especialistas para trabajar en el campo de los factores humanos de la nueva red de radar computarizada, con el fin de crear métodos para que grandes cantidades de información fuesen disponibles al personal, y sirvieran a tomar decisiones rápidas. Problema que fue resuelto con "el proyecto Whirlwind, en el centro de cómputo del MIT, donde se combinaban cálculos de gran velocidad con controles de computadora que semejabán controles de avión e incluso un display y gráfico primitivo".⁴⁷

El Whirlwind ancestro de la técnica de simulación y en la gráfica computarizada, fue clave en el escenario de la RV. De esta forma los operadores del Whirlwind fueron los primeros usuarios que pudieron ver información sobre las pantallas de display visual, que después se desviaría de la electrónica para adentrarse en el terreno de la percepción humana, lo que dio pauta a Licklider a unirse a los constructores de ordenadores.

En 1962, Licklider fue director de la Information Processing Techniques Office (IPTO), hecho que marca el inicio de la computación personal, esencial para la RV, debido a que la computadora personal (PC) y los dispositivos de entrada necesarios para los sistemas del ciberespacio, surgieron de la tecnología desarrollada por la IPTO. En particular, Ivan Sutherland (que Licklider encontró en el Laboratorio Lincoln), inventó el grafismo computarizado interactivo con el Sketchpad; y después sustituiría a Licklider como director de la IPTO. En 1965, Sutherland construyó el primer display de cabeza.

2.2.6. El Sketchpad: primera interacción usuario-máquina.

Sin duda, la gráfica computacional interactiva, fue una de las tecnologías habilitantes que hicieron posible los ordenadores personales, y al mismo tiempo, fomentaron la relación humana con las imágenes en la pantalla. Susan Brennan, destaca que en el programa de computación Sketchpad se establecía que:

⁴⁷ Ibidem p 87

La primera gran interfaz de conversación hombre-computadora fue también la primera manipulación directa. El Sketchpad de Ivan Sutherland capacitó a un usuario y a una computadora para "conversar rápidamente mediante el trazado de líneas". Este estilo de interacción fue al principio gráfico, aunque presentaba algunos rasgos de la conversación humana. Un humano conversaba con Sketchpad apuntando. El sistema respondía enseguida actualizando el dibujo, de modo que la relación entre la acción del usuario y la representación gráfica era clara.⁹⁸

El Sketchpad,⁹⁹ programa desarrollado en el ordenador TX-2 en el Lincoln Laboratory del MIT, demostró un método totalmente nuevo para manejar el grafismo computarizado, y enseñó otra técnica de guiar las operaciones de las computadoras. Estuvo disponible en 1962. El campo del diseño asistido por computadora (CAD), surgió de esta tesis de doctorado de Sutherland y es una de las bases para el desarrollo de la RV en los años 90_s.

En 1966, a cuatro años del Sketchpad, Sutherland llevó a cabo los primeros experimentos con los displays de cabeza (HMDs). Desarrolló programas 2D interactivos, y utilizó el primer ordenador transistorizado: el TX-2, máquina para el primer HMD.

2.2.7. El Visiocasco

El primer prototipo de visiocasco fue construido en 1968, por Sutherland y Davis Cohen, conocido con el nombre de "Espada de Damocles", que consistía

en dos diminutos tubos de rayos catódicos (de media pulgada de diámetro) mediante los cuales podían contemplarse imágenes gráficas sobreimpresionadas

⁹⁸ Ibidem p. 95

⁹⁹ "El Sketchpad posibilitaba a un operador usar la computadora para crear modelos visuales complejos sobre una pantalla de display que semejaba un televisor... Era una especie de lenguaje de simulación que habilitaba a las computadoras para traducir abstracciones en forma perceptivamente concretas. Todavía no era un mapa de bits, pero Ivan había descubierto una manera de usar la TX-2, una pantalla de display de rayos catódicos, y el "lápiz" (todos elementos desarrollados por otros) para dar órdenes a la computadora dibujando en la pantalla." Howard Rheingold ob. cit. pp. 97-98

en la escena real, gracias a un sistema de espejos. El dispositivo estaba suspendido del techo mediante un brazo mecánico (de ahí el nombre), lo que permitía conocer la posición y orientación de la cabeza del usuario. El primer prototipo era monoscópico, pero luego se añadió la posibilidad de estereoscopia. Con aquél prototipo, el usuario podía ver la estructura de un objeto flotando en mitad de la habitación, pudiendo contemplar las distintas caras a medida que se desplazaba por la misma.¹⁰⁹

Con este prototipo de visiocasco, marcaba el nacimiento de los sistemas de RV, porque prácticamente la tecnología ya contemplaba todos los mecanismos en que se basaría: gráficos tridimensionales, estereoscopia, técnicas de inmersión, localización de la posición del usuario, posibilidad de navegar alrededor de un objeto y contemplarlo desde diferentes ángulos, etc.

2.2.8. El Cubo.

El primer objeto virtual que apareció ante una persona que llevaba un HMD, como un objeto luminoso flotando en el espacio, fue un cubo de unos cinco centímetros de lado. Otro de los primeros objetos virtuales, fue cuando Frederick Brooks, en 1978, creó átomos tridimensionales tan grandes como pelotas que podían ser manipulados dentro de un ambiente virtual. A partir de estas cadenas visibles que simulaban las estructuras atómicas reales, es posible crear modelos moleculares que permiten crear nuevos medicamentos. En esta invención de Brooks, se visualiza la interacción en un estado más puro. Aun cuando las pelotas no parezcan reales, la estructura atómica sí es real; el usuario interactúa con la virtualidad de la estructura, no con su realidad.¹⁰⁰

El ingenio de Licklider, Sutherland y Engelbart desviaron el curso de la tecnología computacional hacia las interfaces de computadora centradas en el hombre, y pensaron en las primeras herramientas para construir tecnologías habilitantes para la innovación de simuladores personales.

¹⁰⁹ L.M. del Pino González ob cit p 183

¹⁰⁰ Ver José Raúl Alonso ob cit p 7

2.2.9. El Grafismo computacional.

Alan Kay, estudiante de ciencias de la computación en la Universidad de Utah, observó que así como los usuarios tienen mentes, también las computadoras funcionan de igual manera; punto común de la cibernética a partir de concordar los mundos de la psicología y el diseño de la interfaz de la computadora, basándose en las teorías de Jean Piaget y Jerome Bruner, quienes explicaban el proceso del aprendizaje sobre la idea de la exploración: experimentar con el mundo a través de los sentidos donde las manos manipulan y los ojos y oídos sirven de instrumento de observación.

Kay, influenciado por Marshall McLuhan, lo indujo a pensar que "la computadora era un medio más que una herramienta, por Papert (quien le demostró que los lenguajes de computadora pueden ser herramientas pensantes, que la computadora gráfica es un medio poderoso de interacción hombre-computadora, y que los niños pueden y deben poder usar computadoras), y por Ivan Sutherland (cuya tesis, el código de computadora para Sketchpad, abrió la posibilidad a la computadora de ser un simulador interactivo)".¹⁰² En 1970, Kay, exintegrante destacado de ARPA (Advanced Research Projects Agency), emigró al PARC (Palo Alto Research Center), centro de investigación de cómputo que había construido la Xerox Corporation.

En el PARC surge la nueva tecnología conocida con el nombre de "grafismo de mapas en bits".

Cada elemento gráfico en la pantalla está representado por un bit¹⁰³ específico en la memoria de la computadora; de esta forma la memoria de la computadora contiene un "mapa de bits", que corresponde al modelo de pixels¹⁰⁴ en la pantalla. La comunicación entre bits y pixels va por dos vías: se pueden pulsar

¹⁰² Howard Rheingold, ob. cit. p. 92.

¹⁰³ "Bit. Señal de activo-inactivo enviada a la computadora, representada por un 0 o un 1: la unidad de memoria más pequeña en una computadora; parte de un byte, que está compuesto de 8 bits." L. Casey Larjani, ob. cit. p. 212.

¹⁰⁴ "Pixel. la unidad de superficie más pequeña de una pantalla de visualización del que se puede controlar la intensidad de la luz y el color, independientemente de sus vecinos, para crear una imagen." Claude Cadoz, ob. cit. pp. 112-113.

los bits en la computadora y observar cómo saltan los pixels en la pantalla, y se pueden tocar los pixels en la pantalla con un elemento indicador y observar cómo salta la computadora.¹⁰⁵

Es decir, pantallas mapeadas por bits fue la tecnología habilitante para la relación hombre-computadora que Sutherland había previsto en el PARC, una década antes.

Steve Jobs, de Apple Computer, después de estudiar la interfaz de la manipulación directa iniciada por Engelbart y desarrollada en el PARC, incorporó amplificadores de la mente en la primera computadora, la Apple Macintosh que llevó en 1984 la interfaz gráfica a millones de personas. Las posibilidades de una gráfica computacional interactiva, la técnica de transformar bits y pixels en herramientas visuales fue demostrado por Ivan Sutherland.

La palabra gráfico para la mayoría de las personas,

se trata de cualquier cosa que no sean caracteres de texto, desde líneas rectas hasta dibujos muy elaborados, en tres dimensiones. Formados por millones de pequeños puntos... el término <<gráficos>> se limita a denotar simples dibujos, poco más que la mímica electrónica de los dibujos a mano y los gráficos por computadora son, meramente, esos mismos tipos de dibujo sencillos generados por computadora... La similitud entre la presentación de imágenes y los gráficos radica en que ambos son manuales, mentales o reproducciones generadas por computadora de la apariencia de algo e incluyen dibujos o pinturas. En cualquier caso, los gráficos por computadora son percibidos como un entorno geométrico o lineal; mientras que la reproducción de imágenes es percibida como un entorno de pixels (Machover93).¹⁰⁶

Además, las imágenes son credas y manipuladas por sistemas de video, cámaras y discos ópticos, por lo que tienden a representaciones más realistas del entorno. Este grafismo

¹⁰⁵ Howard Rheingold ob. cit. p. 94
¹⁰⁶ L. Casey Larjani, ob. cit. pp. 6-7.

computacional marcó el inicio hacia el grafismo tridimensional; y las máquinas de la RV, la relación humana con las imágenes de la pantalla.

2.2.10. Primeras inmersiones artificiales.

Myron Krueger, artista e ingeniero, inventor del término Realidad Artificial en su obra titulada con el mismo nombre, "Artificial Reality", en 1973, reflexionó que si el arte consiste en ver el mundo desde diferentes ventanas y la RV es un instrumento para crear mundos, entonces creó ambientes sensibles que él denominó Glowflow, en el cual inventó efectos visuales mediante computadoras y sintetizadores de sonidos ocultos, pantallas de video y, con una red de tubos transparentes llenos de fluidos coloreados fosforescentes, transformaba un espacio oscurecido en una experiencia que daba la sensación a los participantes de encontrarse en un ambiente especial que respondía a reacciones y conductas humanas inesperadas.¹⁰⁷

Después de Glowflow, Krueger fabricó otra clase de ambiente responsivo: el Metaplay, que se exhibió en la Memorial Union Gallery de Madison en 1970. Su obra siguiente fue Psychic Space (1971). Posteriormente, en 1975, trabajó en Videoplacé, experiencia de inmersión visual, sonora e incluso olfativa, que permitía la interacción entre personas de maneras inusuales a través del video como medio, siendo un acto de comunicación que se comparte en ese ambiente.

De esta serie de experimentos, después de dos décadas, Krueger llegó a la conclusión de que "la respuesta es el medio". No obstante, la RV no prosperó a partir de los trabajos de Heilig o Krueger, sino de la intersección de la ciencia computacional, la estereoscopia y la simulación en que se encuentra inmerso el usuario.

Krueger, parecía captar la idea de que "la interacción es el medio de expresión singularmente adecuado a las computadoras, y de que los artistas podían crear así sus obras

¹⁰⁷ Ver Howard Rheingold. ob. cit. p. 125.

de arte, que eran también experimentos en la naturaleza de la interacción hombre-máquina".¹⁰⁸

En los años 70_s, los investigadores del MIT se preocuparon de que la tecnología de los ordenadores pudiera asociarse con otros medios audiovisuales para crear ambientes exploratorios dentro de este espacio abstracto de la computadora, así como la comprensión de un lenguaje entre las mentes humanas y los dispositivos de computación que con el paso de los años, permitió una comunicación interactiva usuario-máquina en conjunción al mundo cibernético y la teoría de la información.

Al inicio de la década de los 80_s, la investigación fue efectuada por la firma Atari Research, compuesta por gente que se inició en el MIT en los años 70_s: el Architecture Machine Group, conocido como Arch-Mac, dirigido por Nicholas Negroponte y Richard Bolt. Negroponte trabajó con accesorios multisensoriales de la computadora equiparados con los humanos.

Predijo en que los medios, separados hoy, se combinarían, cuando una red híbrida digital, óptica, audiovisual de difusión se fusionaría en una "tecnología de los medios" integrada. Si todos los medios de codificar información (sonidos, imágenes, palabras, números, datos de computadora) se vuelven digitales y todos los medios de comunicar información (difusión por ondas, cable, diskettes y redes de telecomunicación) se conectan, entonces la tecnología resultante será algo más que una mera intersección de áreas diferentes; el nuevo "metamedio", como lo llamó Alan Kay, constituirá un mundo por sí mismo."¹⁰⁹

2.2.11. De la inmersión artificial a la navegación.

A fines de los años 70_s surgió un concepto relevante en la Arch-Mac de que toda la información recopilada en la computadora podía representarse de alguna forma "visible" y

¹⁰⁸ Ibidem, p. 343.

¹⁰⁹ Ibidem, p. 103.

explorarse perceptivamente, al efectuarse una navegación física a través del espacio de datos, es decir, "espacios multidimensionales" que los programadores llaman "explosiones combinatorias en los espacios de búsqueda", refiriéndose a un lugar abstracto donde se realizan operaciones formales. Datalandia era la materialización de esa idea en el Media Room, que tenía una enorme pantalla, monitores individuales de color, dispositivos de rastreo de la vista y gestos, y entrada de la voz. El sistema para navegar visualmente por la base de datos fue el Spatial Data Management System (SDMS), como un medio para comunicarse.¹¹⁰

El World of Windows, otro experimento de Media Room, incidió en la investigación de la RV, en el cual

grandes ventanas de información se abrían en una pantalla del tamaño de una pared, bajo el seguimiento de la mirada; un panel contenía texto, otro exhibía fotografías; otro más mostraba video en pleno movimiento, etc. Cada una de las ventanas estaba alimentada por una red que reunía información -servicios telegráficos, datos de satélite, bases de datos de computadora y videodiscos, cámaras de video en vivo- y donde quiera que mirara el operador cambiaba la pista del sonido y/o la ventana de la información se agrandaba.¹¹¹

Otra compañía que influyó en la tecnología de la RV, es la Media Lab, dirigida por Stewart Brand, dedicada a hacer funcionar la holografía móvil, como en el caso de los discos ópticos (CD ROMs), que desplazaron a los discos fonográficos y cintas de audio. En la década de los 90_s David Zeltzer y Margaret Minsky, entre otros investigadores de Media Lab, se encuentran dedicados en la investigación de dos recursos indispensables de la RV: "caracteres" autónomos de gráfica computada que pueden poblar mundos virtuales y dispositivos que transmiten las sensaciones humanas táctiles y cinestésicas.¹¹²

¹¹⁰ Ver *Ibidem* p 105.

¹¹¹ Howard Rheingold, *ob. cit.* pp. 106-107.

¹¹² Ver *Idem*.

Tanto especialistas de Atari, Arch-Media y Media Lab con sus conocimientos aplicados en "media rooms", interesados en videodiscos, display de cabeza, sensores de posición, gráfico computacional, estereoscopia, reconocimientos de la voz, han contribuido actualmente a cambios significativos en la RV, sean instituciones científicas o comerciales.

El correcto par de imágenes para la posición del operador fue rastreado por la computadora y recuperado del videodisco, luego exhibido a un usuario por un display 3D conocido bajo el nombre de PLZT por los lentes piezocerámicos usados por el operador... las gafas PLZT eran obturadores electrónicos que se cerraban y abrían rápidamente dejando ver la pantalla alterando las vistas del ojo derecho y el ojo izquierdo. Las lentes PLZT han sido sustituidas por lentes de cristal líquido (LCD)... el Polhemus y el sistema de base de datos para crear el elemento tridimensional del "paralaje de movimiento" que muestra cómo cambia de posición el mundo que uno ve cuando mueve el propio punto de referencia.¹¹³

2.2.12. De la navegación a la simulación.

Scott Fisher, profesor del Centro de Estudios Visuales Avanzados del MIT, se trasladó a Arch-Mac cuando empezó a experimentar con viajes sustitutos, en 1978, para apoyar al investigador Andrew Lippman, con quien inventó el Movie Map, conocido también como Aspen Map, videojuego interactivo que hizo posible usar la pantalla de la computadora para dar una vuelta a la ciudad de Aspen, Colorado.

Fue un predecesor importante de la tecnología de RV. El "usuario" empezó a convertirse en "operador". El trabajo de crear la sensación de que un operador está dentro de un espacio simulado tiene dos aspectos: primero, la tecnología perceptual debe convencer al operador de que la simulación es un entorno tridimensional que lo rodea; ese aspecto llegó a conocerse como "inmersión". Hay otra idea clave, sin embargo: la cuestión de si el operador es un observador

¹¹³Howard Rheingold, ob. cit. pp. 110-111

pasivo de ese entorno (como en Sensorama) o si tiene el poder de navegar y explorarlo activamente. Juntos, inmersión y navegación, constituyen los elementos de un nuevo ente, un "simulador personal".¹¹⁴

Sin duda, Arch Mac fue otro punto convergente que colaboró en la historia de la RV, tanto por el efecto de simulación que se incrustaba en la mente del humano, tanto por la investigación misma. Con la navegación es posible manipular información y navegar a través de una base de datos de un texto, como visualizó Engelbart con el hipertexto. Para explorar la inmersión y la navegación, Fisher combinó un display 3D estereográfico con un sistema interactivo de imágenes en videodiscos¹¹⁵ que permitía explorar un ambiente tridimensional. La imagen exhibida correspondía a la posición del operador dentro de un radio de movimiento y la posición del operador se comunicaba a la base de datos por un dispositivo de localización electromagnética, dispositivo llamado Polhemus. La compañía Polhemus se fundó en 1970.

Después de su permanencia en el Laboratorio de Atari, Scott Fisher se incorporó a la NASA AMES Center para trabajar en el proyecto Virtual Interface Environment Workstation (VIEW), en 1986. El AMES Center estaba dirigido por David Nigel, lugar en que Michael Mc Greevy y Jim Humpries construyeron su visiocasco estereoscópico, en 1985; display de inmersión denominado VIVED (Virtual Vision Environment Display), utilizando para la preparación de viajes espaciales con otros dispositivos adquiribles comercialmente, integrándose dos pantallas LCD (display de cristal líquido), y un sensor de posición Polhemus.¹¹⁶

Jaron Lanier, colaborador también de la NASA, tenía como objetivo lograr que las computadoras posibilitaran al operador a intercambiar simulaciones -imágenes y sonidos-, del mismo modo que las personas intercambian un lenguaje oral y escrito. A este

¹¹⁴ Ibidem, p. 108.

¹¹⁵ "Un videodisco es una forma de codificar información visual gráfica de tal manera que pueda ser almacenada digitalmente en bits de información y que puede ser leída con un láser, reconstruida computacionalmente a partir de los bits como una imagen y reproducida mediante un dispositivo de display con pantalla". Howard Rheingold. ob. cit. p. 109.

¹¹⁶ Ver L. M. del Pino González. ob. cit. pp. 184-185.

metalengua je aumentado por computadora, Lanier le llamó "comunicación postsimbólica". En lugar de comunicar símbolos o signos: notas musicales, letras, números; crear pequeños universos que tienen sus propios estados y misterios internos para ser descubiertos; descripción que sugería un mundo virtual, aunque no usó el término.¹¹⁷

La idea de Lanier de un lenguaje de programación pictórico, controlado por gestos, surgió por su interés de inventar nuevas formas de música ejecutando instrumentos simulados; proyecto que aplicó en un lenguaje de programación con notación puramente icónica, lenguaje de programación visual, porque según él, el propio lenguaje es simulación gráfica del interior de la computadora. Lanier, cuando desertó de la secundaria para dedicarse a la música, tuvo el discernimiento de que "la información es experiencia enajenada"; posteriormente, afirmaría que "la RV es el primer medio que no reduce el espíritu humano". A él se deben los términos "realidad virtual" y "máquina de la realidad". En 1980 la compañía Stereo Graphics inventa las gafas de visión estéreo, con las que se continúa desarrollando nuevos dispositivos para la inmersión virtual.

2.2.13. El Guante.¹¹⁸

En 1982, Thomas Zimmerman patenta el Dataglove, electroguante que inventó mientras investigaba cómo controlar con la mano un instrumento musical virtual, porque consideraba que la parte más importante como dispositivo de entrada gestual a un sintetizador musical, es la mano humana. Cuatro años más tarde el electroguante empezaría a ser comercializado por la VPL, empresa californiana. En 1987, la compañía inglesa Superscape, desarrolló un software de construcción de mundos tridimensionales sobre PC, llamado Freescape.¹¹⁹

¹¹⁷ Ver Howard Rheingold ob. cit. p. 169.

¹¹⁸ "La invención del guante de datos se debe a Tom de Fanti." Miguel Angel Casanova González. ob. cit. p. 52. "En 1977, Sandin y Sayre inventan en Chicago los primeros guantes utilizables como periféricos de entrada". L.M. del Pino González. ob. cit. p. 184.

¹¹⁹ Ver L.M. del Pino González. ob. cit. p. 185.

2.2.14. El Sonido.

En 1988, Scott Foster, de la firma Crystal River Engineering, crea el Convoltron, dispositivo para el sonido tridimensional, que funciona de acuerdo a la modalidad del aparato auditivo humano, al girar la cabeza, las señales detectadas por esos sensores auditivos, desempeñan un papel clave para localizar los sonidos en el espacio.

El Convoltron hizo posible crear un punto de vista auditivo, una posición específica en el espacio acústico que hace juego con la posición del operador en el espacio visual y permitió situar y volver a situar a esos objetos auditivos... la clave para el Convoltron es algo que se llama HRTF (Función de Transferencia Relacionada con la Cabeza), un conjunto de respuestas matemáticamente modelables que nuestros oídos imponen a las señales que les llegan desde el aire.¹²⁰

También, en este año, AutoDesk funda su laboratorio para la investigación de RV, llamado AutoDesk Cyberspace Project, y después cambiaría su nombre a Cyberia. En 1989 suceden muchos acontecimientos importantes: es puesta al mercado la primera máquina de galería de videojuegos con tecnología 3D por la empresa Atari; se comienzan a fabricar los primeros visiocascos comerciales por LEEP Systems y VPL; se funda Bio Control Systems por Lusted y Knapp, que estaba destinado al desarrollo de dispositivos de control bioeléctricos; se funda el Human Interface Technology Laboratory (HITL) en la Universidad de Washington por Tom Furnes, quien dejó su actividad anterior (el ejército), y William Bricken; este mismo año AutoDesk presenta el primer sistema de realidad virtual para PC; Eric Gullichsen funda sense8.¹²¹

En 1985, la NASA hizo la primera exploración pública real del ciberespacio, para su demostración, utilizó un ambiente acústico tridimensional, junto a los displays de cabeza e imágenes estereográficas, simulando un ambiente visual tridimensional. H. Rheingold describe su experiencia:

¹²⁰ Howard Rheingold, ob. cit., p. 160.

¹²¹ Ver L. M. del Pino González, ob. cit. p. 185

La computadora y el software especial constituyen en su conjunto lo que se conoce en el mundo de la RV como "máquina de la realidad". Un modelo tridimensional detallado de un mundo virtual está almacenado en la memoria de la computadora y codificado en microscópicos reticulados de bits. Cuando un cibernauta desplaza su mirada o agita la mano, la máquina de realidad entreteje la corriente de datos tomada de los sensores del cibernauta con descripciones actualizadas del mundo virtual digitalizado, formando todo el lienzo de simulación tridimensional. La máquina basada en una computadora, sin embargo, sólo contribuye con una parte del sistema de RV. El ciberespacio es una producción cooperativa de la máquina de la realidad formada con microchips, instalada en laboratorio, y la máquina de la realidad neural que galopa en mi cráneo. La computadora transforma su modelo digital de un mundo en el patrón correcto de puntos de luz, vistos desde una perspectiva adecuada, y ondas audibles mezcladas de la manera conveniente, para convencerme más o menos de que estoy experimentando un mundo virtual.¹²²

2.2.15. Algunas cuestiones culturales.

En torno a la RV comienza a manifestarse un movimiento cultural (o contracultural, si se prefiere), una nueva literatura, difundida en los Estados Unidos y conocida con el nombre de *cyberpunk*. cuyo medio es la red mundial de ordenadores Internet (del ciberespacio) en el que se obtiene acercamiento a una infinidad de información. Está constituido por hackers, crackers, phreakers y ravers.

Muchos grupos y movimientos modernos se identifican como *cyberpunks*:

-Los hackers: son los genios de la informática capaces de realizar casi cualquier cosa con un ordenador. Muchas veces el término se traduce por pirata informático, quizás no muy acertadamente.

¹²² Howard Rheingold ob. cit. pp. 141-42

- Los crackers: son personas conocedoras del funcionamiento interno de los ordenadores capaces de introducirse en las redes de información de forma ilegal en busca de nuevos conocimientos o por pura diversión.
- Los phreakers: son los crackers de los ordenadores conectados a través de las redes telefónicas mundiales. Su espacio de trabajo es parte del ciberespacio.
- Los ravers: son el movimiento musical cyberpunk, que basa su música en la tecnología electrónica¹²³

La RV, está precisamente ligada a esta denominada cibercultura, cuyas formas de expresión artística y científica es abrazada por esta tecnología electrónica, que favorece el flujo de información y la potenciación de los usuarios. Paralelamente a la cibercultura, surgen nuevos conceptos: el ciberespacio y los cyberpunk.

La literatura cyberpunk nos habla de sociedades oprimidas por el sistema y de los que viven al filo de la legalidad luchando por la libertad y la democratización de la información (lo punk). Estos colectivos aprovechan la tecnología para potenciar sus sentidos mediante ordenadores, implantes cerebrales, prótesis... (lo cyber)... lo cyborg u hombres-máquina son seres típicos de la literatura cyberpunk y personajes clásicos de la ciencia ficción.¹²⁴

La palabra ciberespacio fue creada por el novelista estadounidense de ciencia ficción William Gibson en su libro titulado "Neuromancer", publicado en 1984, con el cual ganó los premios Hugo y Nebula. Este libro forma parte de una trilogía, con las obras: "Cuenta cero" (1986) y "Mona Lisa Overdrive" (1988). Gibson es el primero en usar la palabra ciberespacio en su cuento Burning Chrome, donde se hace una amplia utilización de los conceptos de RV.

Para Gibson el ciberespacio es una alucinación consensual, experimentada por millones de operadores: es la representación gráfica de los datos extractados de los bancos de cada computadora en el sistema humano. En el ciberespacio de Gibson hay personajes que se

¹²³ Miguel Angel Casanova González. ob. cit. p. 98.

¹²⁴ Ibidem p. 97.

abren camino a través de los datos, "abandonando" sus sistemas nerviosos para introducirse a la que él llama Matrix (infraestructura de comunicaciones y computación).¹²⁵

John Walker, presidente de AutoDesk, admitió que la idea de penetrar en el campo de la computadora se originó en la literatura de ciencia ficción de William Gibson y Frederik Pohl; y dedujo que la realidad artificial y la RV son oximorones; Walker sugirió como término más adecuado "ciberespacio", que tiene su raíz en la palabra griega ciber, que significa "timonel".

El argumento de las primeras novelas cyberpunk giraba alrededor del tradicional héroe marginal que se rebela contra el sistema social, pero con dos variantes tecnológicas: el Sistema es una especie de dictadura tecnológica, que cuenta con avanzados medios técnicos para oprimir a los ciudadanos (es decir, es un Tecnosistema), y el héroe suele también ayudarse en su lucha de sofisticadas herramientas, sean éstas consolas de ordenador ultramodernas, dispositivos de realidad virtual o prótesis cibernéticas.¹²⁶

Esta corriente, englobada en una cibercultura, supone una forma de vivir, de pensar y de actuar de los individuos que tienen contacto directo con la tecnología informática, que abarca infografía, comunicaciones, sistemas RV, música, literatura, etc.

2.3 Sistemas de Realidad Virtual.

Existen tres tipos principales de sistema de RV, los cuales dependen de la manera en que es presentada la información visual: inmersos, proyectivos y de sobremesa.

2.3.1 Sistemas Inmersivos.

Los sistemas inmersivos tienen por objeto conseguir que el usuario tenga la sensación de estar realmente "dentro" del mundo virtual representado. Para ello,

¹²⁵ Ver Howard Rheingold, ob. cit. p. 20.

¹²⁶ L.M. del Pino González, ob. cit. p. 185.

se utilizan dispositivos que impiden la visión del mundo circundante, al mismo tiempo que presentan las imágenes correspondientes al mundo virtual... por sus propias características, los sistemas inmersivos requieren de algún dispositivo que permita detectar los movimientos de la cabeza del usuario, con el fin de que la imagen corresponda siempre al punto de vista real. Si la imagen no cambiara a medida que nos desplazamos o giramos la cabeza, la sensación de inmersión se perdería¹²⁷

Un ejemplo típico son los visiocascos, que presentan imágenes estereoscópicas, es decir, imágenes diferentes para cada ojo, lo que permite ver en tres dimensiones para dar la sensación de inmersión, y al mismo tiempo, aislar al usuario de su entorno exterior.

2.3.2 Sistemas Projectivos.

En los sistemas proyectivos también se trata de proveer al usuario una sensación igual a la de inmersión, pero en lugar de usar un dispositivo adaptado a su cabeza, el usuario es colocado dentro de una habitación en cuya sala se proyectan imágenes del mundo virtual, sistema que permite una experiencia multiusuario por compartirse simultáneamente con otras personas.

El concepto es parecido al de las cápsulas de simulación tipo Venturer, en las que un grupo puede ver una película en el interior de la cápsula, mientras que ésta se inclina a un lado y a otro al compás de las imágenes, como si estuviera realmente desplazándose.

Lo único que diferencia a dichas cápsulas de un sistema de realidad virtual proyectivo es la interactividad. En las cápsulas tipo Venturer, lo que los usuarios pueden contemplar es una película previamente grabada, y los movimientos de la cápsula también son predeterminados. En un sistema de realidad virtual proyectivo, por el contrario, es el usuario quien controla los

¹²⁷ *Ibidem*, p. 6.

desplazamientos por el mundo virtual, y las imágenes se calculan en tiempo real de acuerdo con los mismos. Los simuladores de vuelo profesionales corresponden precisamente a este tipo de sistema de realidad virtual.¹²⁸

2.3.3 Sistemas de Sobremesa.

En los sistemas de sobremesa no se pretende proporcionar al usuario una sensación visual de inmersión en el mundo virtual. Las imágenes son presentadas en una pantalla de ordenador, por lo que el usuario no pierde la visión del mundo circundante.¹²⁹

Con las gafas estereoscópicas se logra el efecto de visión de relieve, sin olvidar que también hay sistemas de sobremesa monoscópicos, con imagen plana.

2.4 Estructura de un sistema de Realidad Virtual.

Un sistema de RV, está básicamente constituido por los siguientes dispositivos:

- Los dispositivos de entrada, utilizados por el usuario para comunicar sus órdenes al sistema, o que el sistema usa para recibir información del entorno virtual de acuerdo con la posición del usuario.
- Los dispositivos de salida, que son empleados por el sistema para proporcionar al usuario la información sobre el mundo virtual y provocar en él distintas y determinadas sensaciones.
- El sistema de procesamiento, en que el ordenador, por medio de su programa, controla los datos de los dispositivos de entrada y salida, y realiza las tareas de simulación.¹³⁰

¹²⁸ Ibidem. pp. 6-7.

¹²⁹ Ibidem. p. 7.

¹³⁰ Ver Miguel Angel Casanova Gonzalez. ob. cit. p. 58

2.4.1 Dispositivos de Entrada.

Es conveniente remarcar que existen dos tipos de dispositivos de entrada a través de los cuales el usuario inicia una comunicación con el sistema; éstos son:

A) Los dispositivos de control son aquellos que permiten al usuario manipular los objetos e interactuar con el mundo virtual y confieren al usuario comunicar sus órdenes al sistema de una manera precisa. Existen tres clases principales de órdenes: comandos de navegación, comandos de interacción con los objetos y comandos de manipulación del estado del sistema. Los sistemas de RV ocupan tanto dispositivos convencionales (ratón, teclado, joystick), como periféricos sofisticados (joystick 3D, electroguantes o dispositivos bioeléctricos).¹³¹

B) Dispositivos de localización, abastecen de información a la computadora, para que ésta precise la posición y orientación del usuario en la escena de simulación en cada instante, de los objetos o parte del mismo en el espacio tridimensional. Corresponden a los sensores de posición situados generalmente sobre el casco de visualización. Los dispositivos de localización se clasifican en: electromagnéticos, mecánicos y ultrasónicos.¹³²

2.4.2 Los Dispositivos de Salida.

El sistema provee información necesaria al usuario por medio de los dispositivos de salida, para que éste pueda sentir la experiencia virtual. Los dispositivos que se utilizan en aplicación de RV se clasifican en:

A) Dispositivos de presentación, cuyo fin es enseñar al usuario la información de carácter gráfico que se genera en el sistema. Los sistemas proyectivos y de sobremesa acostumbran usar dispositivos como monitores y proyectores, aunque pueden emplear dispositivos como gafas estereoscópicas para permitir la visión en relieve de las escenas. En el caso de las

¹³¹ Ver L.M. del Pino González. ob. cit. p. 34

¹³² Ver Miguel Angel Casanova González. ob. cit. p. 59

aplicaciones inmersivas suelen usar periféricos como visiocascos para impedir la visión del mundo circundante a la vez que proporciona visión estereoscópica.

B) Dispositivos de sonido, son importantes porque realzan las pistas visuales y táctiles en un sistema de RV; los sonidos tienen la virtud de dotar de apariencia real y provocar sensaciones al usuario en dicho sistema.

C) Dispositivos de realimentación táctil y cinestética, estimulan el sentido del tacto y la dureza o resistencia mecánica de los objetos. Especialmente en simulación científica y tele-robótica, esta clase de dispositivos encuentra su mayor aplicación.

D) Dispositivos móviles, utilizados en sistemas inmersivos o proyectivos, su finalidad es subordinar al usuario a movimientos lo más reales posibles para sumergirlo dentro del campo virtual. Las plataformas móviles son un claro ejemplo, para simular translaciones, giros, así como aceleraciones que el usuario experimenta en su navegación por el mundo virtual.¹³³

2.4.3 El Sistema de Procesamiento.

La estación de proceso intermedia las etapas de simulación al interpretar las órdenes del usuario y los datos de los dispositivos de control, para generar la síntesis de la escena virtual y encauzar toda esa información producida a través de los dispositivos de salida.

La estación de proceso será la encargada de gestionar la base de datos que describe el estado del mundo virtual, interpretar las órdenes del usuario, detectar la posición de éste, calcular la evolución del mundo virtual de acuerdo al comportamiento de los objetos que lo componen y presentar al usuario la información gráfica o cualquier otro tipo que sea necesaria.¹³⁴

¹³³ Ver L. M. del Pino González ob. cit. p. 36.

¹³⁴ L. M. Del Pino González. ob. cit. p. 36.

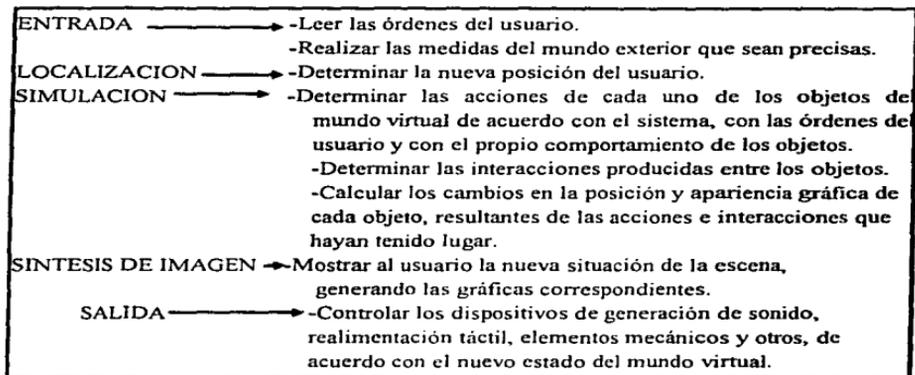
El sistema de procesamiento es el punto central de la RV, a través de él se intersectan los distintos dispositivos que revelan información, así como efectúa cálculos necesarios para gestionar el mundo virtual. Las funciones que realiza son tres esencialmente: simulación, control de entrada y control de salida.

La primera se atribuye al mantenimiento del mundo virtual por ser un simulador, en su memoria modifica continuamente el estado del campo virtual con respecto al comportamiento de los objetos que lo componen. Esta es la función de simulación. La tarea de simulación efectúa tres actividades diferentes: simulación del comportamiento autónomo de los objetos; gestión de las interacciones entre objetos y gestión de las variables globales de la escena. La segunda, se refiere a la función de control de entrada en que se obtienen datos por las órdenes giradas por el usuario, para determinar el comportamiento de cada objeto en el mundo virtual.

Finalmente, el sistema transmite al operador la información visual, táctil, sonora o de otro tipo que él requiera para conocer el estado y el usuario tome sus decisiones; por lo tanto, la estación de proceso debe efectuar labores de control de salida para dar al usuario dicha información; por ejemplo, en la síntesis de las imágenes, a través del sentido de la vista el usuario recibe la mejor información.¹³⁵ Se simplifica la estación de proceso, en el siguiente cuadro¹³⁶ :

¹³⁵ Ver L.M. del Pino González. ob cit pp. 135-136

¹³⁶ Esquema tomado de L.M. Del Pino González. ob cit. p. 136.



La tarea de localización forma parte de la entrada, al igual que la tarea de representación forma parte de la salida; el autor prefirió separar las dos etapas del resto de los controles de entrada y salida por la trascendencia que ambos tienen en el ambiente virtual.

2.4.3.1 El Hardware.

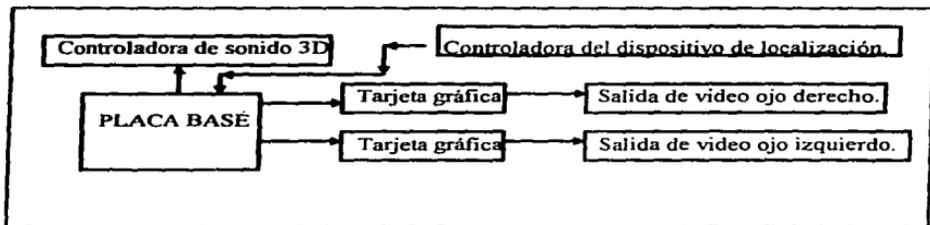
Para integrar un sistema de RV se necesita un ordenador, anexas a él el hardware y un software especializado, así como el uso de tarjetas gráficas de imágenes 3D, tarjetas de localización de sonido tridimensional o dispositivos de realimentación táctil; dispositivos de entrada como el guante de datos y el de salida, un visiocasco, controlados ambos por el sistema informático.¹³⁷

El término hardware comprende todos los elementos físicos que componen un sistema informático, esto es, los componentes eléctricos, electrónicos y

¹³⁷ Ver L.M. del Pino González, ob. cit. p. 36

mecánicos que constituyen una computadora. En sentido literal, es el "material duro" del sistema: monitor, c.p.u., impresora, teclado, ratón, scanner, etc¹³⁸

Una arquitectura hardware simple para la estación de proceso de un sistema de RV, es la siguiente¹³⁹ :



En esta configuración, a la placa base, que alberga el procesador principal, se conectan los distintos módulos necesarios para implementar la interfaz en los periféricos: dos tarjetas gráficas, que generan las imágenes en estéreo de la escena, una tarjeta controladora de sonido 3D y otra tarjeta controladora para el dispositivo de localización utilizado... La tarjeta o tarjetas gráficas empleadas en el sistema pueden incluir su propio procesador o procesadores, que se encargarán de realizar la síntesis de la escena. El procesador gráfico mantendrá algún tipo de estructura de datos consistente, básicamente, en una lista de objetos con sus correspondientes posiciones y representaciones gráficas. El

¹³⁸ Papalote, N° 2-4 p. 18.

¹³⁹ Esquema tomado de L. M. del Pino González. ob. cit. p. 142.

procesador principal actualizará dicha lista con los resultados de las simulaciones efectuadas e informará al procesador gráfico de cuándo puede comenzar la escena.¹⁴⁰

Las estaciones de procesamiento más avanzadas en el tratamiento de gráficos 3D, emplean dos técnicas distintas para acelerar el proceso de síntesis y aumentar la capacidad del sistema gráfico: paralelismo y pipeline. En la arquitectura paralela, duplica el número de procesadores dedicados a una tarea específica. En la arquitectura pipeline, utiliza varios procesadores y reparte entre ellos los pasos del algoritmo.

2.4.3.2 El software: lenguaje de la computadora.

"Programas codificados que dicen a la computadora lo que hacer para realizar tareas específicas; un conjunto de instrucciones lógicas detalladas para operar una computadora."¹⁴¹ Término que se refiere a todo lo que es la programación de computadoras: lenguajes, sistemas operativos, programas, órdenes, instrucciones, etc. Es el "material blando" que se diseña para que la computadora funcione y realice las tareas que se le asignen.

Una computadora no puede hacer nada hasta que sea provista de órdenes. Estas no son más que series de palabras que le << cuentan >> lo que tiene que hacer. Los grupos de palabras son representados por un código que puede ser entonces leído por la máquina, que hace aquello para lo que ha sido instruida. Cada orden o parte de la información es introducida como una línea de código... Detrás de la computadora la acción yace como un duro proceso. Un grupo de órdenes afines (líneas de código) se convierte en un procedimiento o programa para una acción o aplicación en particular¹⁴²

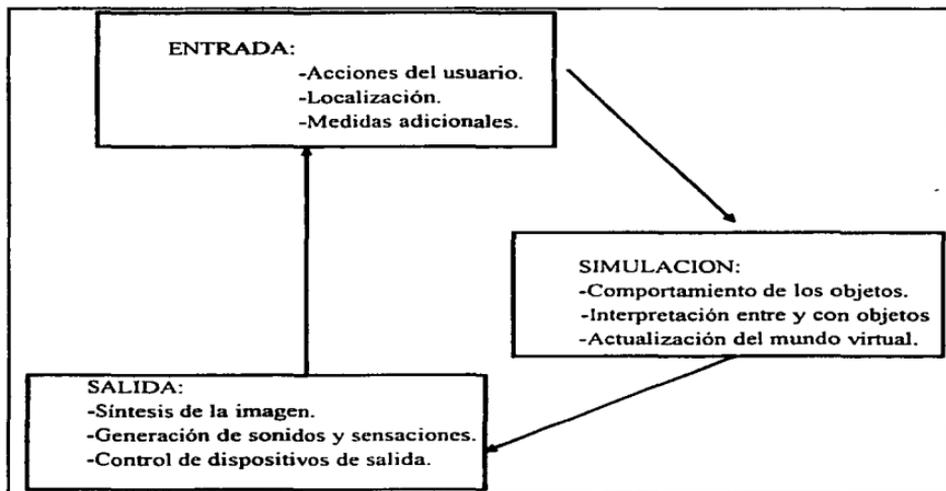
¹⁴⁰ L.M. Del Pino Gonzalez ob. cit. pp. 142-143.

¹⁴¹ L. Casey Larjani ob. cit. p. 228.

¹⁴² Ibidem. pp. 58-59.

La computadora destinada a un sistema de RV, es regida por un programa que tramita las entradas y salidas de los diferentes dispositivos del sistema, y además se encarga de producir las imágenes tridimensionales, las fuentes sonoras y procesar toda la información referente al mundo virtual. Todas estas labores conforman un sistema de simulación. El ordenador tramita los datos de entrada modificando los parámetros del mundo virtual, lo que da como resultado actualizar las salidas, en un ciclo cerrado. Como se observa a continuación:

Procesos de simulación¹⁴³ :



¹⁴³ Esquema tomado de Miguel Angel Casanova González. ob. cit. p. 61.

El proceso de simulación implica distintas gestiones, que el sistema debe realizar con rapidez:

La simulación del comportamiento de los objetos según leyes asignadas al mundo virtual. Esta incluye las variaciones de los parámetros internos de los mismos, cambios de color, activación de sonidos, animación, y las interacciones entre objetos como colisiones, fusiones, etc. La interacción entre el usuario y los objetos del mundo virtual que igualmente supondrá cambios en los parámetros de los objetos y de los del propio mundo virtual¹⁴⁴

En cada ciclo, el sistema actualiza la representación que el usuario percibe para sumergirse en el mundo virtual. La lógica de simulación requiere programas orientados a objetos con lenguajes como Pascal o Cobol.

2.5 Dispositivos de Entrada.

Los dispositivos de entrada son piezas del equipamiento que tiene una doble función: introducir información en la computadora, cuando el usuario transmite sus órdenes por medio de dispositivos de control para desplazarse o realizar una determinada interacción con los objetos del mundo virtual. Y el propio sistema debe medir la dirección en la que el usuario está mirando, con el propósito de mostrarle el mundo virtual desde la perspectiva correcta; en una aplicación inmersiva.

Los primeros dispositivos de entrada fueron tarjetas perforadas que tenían significado para una máquina binaria, la computadora; actualmente el dispositivo de entrada es el teclado sobre el que se escribe. Pero los sistemas de RV han obligado al desarrollo de nuevas tecnologías, para conocer la posición y orientación del usuario, con el fin de generar representaciones visuales y auditivas correctas; el carácter tridimensional de las aplicaciones sugirió la situación de la navegación del espacio virtual, ya que los dispositivos básicos como ratones, joysticks, fueron pensados para entornos

¹⁴⁴Miguel Angel Casanova González, ob. cit. p. 61

dispositivos básicos como ratones, joysticks, fueron pensados para entornos bidimensionales y el deseo de buscar la apariencia de la realidad del mundo virtual, condujo al desarrollo de nuevas interfaces basadas en el uso de electroguantes y sistemas de reconocimiento de voz; si se toma en cuenta que en el mundo real, la mano y la palabra, son los instrumentos necesarios para el control de los objetos.

2.5.1 Dispositivos de localización.

Los dispositivos de localización son los más importantes tipos de dispositivos de entrada. Sirven para medir la posición y la orientación de cualquier objeto en el espacio tridimensional, y en un sistema de RV tienen cuatro aplicaciones:

2.5.1.1 Detección de la orientación del usuario.

Cuando el operador se encuentra en una determinada posición, en el mundo virtual, cambia de orientación por la dirección en que está mirando.

En los sistemas inmersivos, el usuario emplea un visiocasco o un sistema binocular para conseguir la sensación de estar situado dentro del mundo virtual. En consecuencia, el control de la orientación debe ser automático: si el usuario vuelve la cabeza a un lado, su orientación dentro del mundo virtual debe cambiar correspondientemente¹⁴⁸

El mecanismo mediante el cual el sistema detecta en qué dirección el operador ve, son los dispositivos de localización.

2.5.1.2 Detección de la posición del usuario.

Los dispositivos de localización permiten, además, medir posiciones absolutas, y no sólo orientaciones. En un sistema inmersivo, por ejemplo, se puede

¹⁴⁸ L.M. Del Pino González ob. cit. p 72

emplear el dispositivo de localización para conocer los desplazamientos que el usuario realiza, y actualizar su posición dentro del mundo virtual de acuerdo con ellos.¹⁴⁶

2.5.1.3 Control de aplicación.

Los dos dispositivos anteriores, sirven igualmente para el control implícito del funcionamiento del sistema, que utiliza el dispositivo para indagar dónde se encuentra el usuario ubicado.

Pero los dispositivos de localización también pueden emplearse para el control explícito de la aplicación de RV por parte del usuario, no sólo la cabeza. En determinados sistemas, por ejemplo, podría emplear la mano para indicar en qué dirección desea desplazarse, pudiendo utilizarse un dispositivo de localización adherido a la mano para que el sistema sea capaz de detectar la dirección en que apunta... También pueden emplearse los dispositivos de localización para construir dispositivos de control genéricos. Es el caso de los ratones 3D, que pueden formarse añadiendo los pulsadores necesarios a un dispositivo cualquiera de localización.¹⁴⁷

2.5.1.4 Digitalización de objetos.

Los dispositivos de localización al ocuparse en ubicar posiciones en el espacio tridimensional, se emplean para medir dimensiones y las formas de objetos. Al crear un modelo de un objeto real, las medidas o coordenadas de los puntos se introducen en el ordenador para su manipulación, en el programa diseñado para ese fin. Los equipos que efectúan dichas medidas se les conoce como digitalizadores.¹⁴⁸

Las técnicas que existen de localización son:

¹⁴⁶ Ibidem. p. 73.

¹⁴⁷ Ibidem p. 74.

¹⁴⁸ Ver Idem.

-Los dispositivos de localización electromagnéticos,

utilizan un procedimiento semejante al de la triangulación para determinar la posición y orientación de los objetos pero, en lugar de emplear tres puntos de referencia, se utilizan un emisor de señales radioeléctricas que emite, a intervalos regulares, tres señales electromagnéticas cuyos campos son ortogonales (perpendiculares) entre sí. Dichas señales se recogen en un receptor formado por tres bobinas perpendiculares, y se comparan. De esa comparación se deducen la posición y orientación que los receptores tienen con respecto al emisor.¹⁴⁹

Los dispositivos electromagnéticos de localización más conocidos, son los comercializados del tipo 3Space de la empresa Polhemus y los de la firma Ascension Technologies, cuyo nombre comercial es A flock of birds (Una banda de pájaros).

-Los dispositivos de localización mecánicos, usan un brazo con múltiples articulaciones para conocer la dirección y posición del usuario. Uno de los extremos del brazo mecánico está sujeto a un punto fijo, mientras que el otro está adherido al dispositivo de visualización del usuario. Como la longitud del brazo articulado es fija, basta con medir los ángulos de cada una de las articulaciones para saber con exactitud la posición y orientación del extremo. Los ángulos se miden con potenciómetros o sensores ópticos.

-Los dispositivos de localización ultrasónicos,

se emplea un procedimiento de triangulación puro. Un emisor produce un ultrasonido que es recogido en tres receptores dispuestos triangularmente. Cuando el emisor produce la señal, se arranca un contador en los tres receptores, de forma que cada uno de éstos puede medir el tiempo que la señal tarda en llegar hasta él. A partir de ahí y del valor conocido de la velocidad del

¹⁴⁹ L.M. Del Pino González. ob. cit. p. 74.

sonido, se determina la posición del emisor con respecto a cada uno de los receptores y, por triangulación, se obtiene la posición absoluta del emisor.¹⁵⁰

2.5.2 Dispositivos de control.

Permiten al usuario realizar el control de aplicaciones específicas por medio de diferentes órdenes e interactuar con el mundo virtual. Las órdenes transmitidas en un sistema de RV, se clasifican en tres clases, las cuales son:

- Comandos de navegación, mediante los que el usuario indica al sistema que desea desplazarse dentro del mundo virtual.
- Comandos de interacción, que permiten al usuario interactuar con los elementos que componen el mundo virtual. El usuario puede desear, por ejemplo, agarrar un objeto, desplazarlo, o efectuar determinadas acciones como disparar o tocar un instrumento virtual.
- Comandos de manipulación del estado del mundo virtual, mediante los que el usuario puede regular determinadas variables de estado que afectan el funcionamiento global del sistema. Normalmente, este tipo de comandos se implementará mediante un menú o cualquier otro sistema por el que el usuario pueda elegir entre una serie de opciones, o introducir un valor.¹⁵¹

Los dispositivos de control más aplicables a la RV son:

Electroguantes, que detectan la posición de la mano del usuario; se hacen de material de nylon o lycra e incorporan dispositivos sensores que miden el grado de flexión y la separación (abducción) de los dedos. En el caso de los guantes Dataglove, de la firma VPL, usan fibras ópticas que se flexionan cuando el usuario cierra o abre los dedos. Otra forma de medir la flexión y abducción de los dedos es por medio de un exoesqueleto (estructura de segmentos articulados), cuando la flexión de las articulaciones de la mano, origina una variación en el ángulo que los segmentos forman entre sí. Hay una serie de

¹⁵⁰ Ibidem. p. 78.

¹⁵¹ Ibidem. p. 79.

imanes y sensores que miden el ángulo de flexión de cada articulación de la mano, y potenciómetros o dispositivos ópticos miden con precisión dichos ángulos.¹⁵²

Ratones y joysticks 3D.

Un ratón convencional es un dispositivo capaz de moverse sobre una superficie plana, de forma que pueda utilizarse para controlar el movimiento de cualquier objeto en dos dimensiones, como el caso de un cursor sobre una pantalla. De forma similar, un ratón 3D permite controlar el movimiento de cualquier objeto en un espacio tridimensional. Lo único que hace falta para construir un ratón 3D es un dispositivo de localización que permita al sistema determinar la posición del ratón, y una serie de pulsadores. El usuario lleva en la mano el dispositivo y lo mueve en tres dimensiones a voluntad¹⁵³

Mouse System y Polhemus, son empresas que comercializan ratones diseñados para este fin. Con respecto a joysticks se encuentra la empresa francesa Virtools o SpaceBall de la firma americana Spaceball Technologies.

El traje, funciona como un guante de datos que regula todo el cuerpo, está diseñado por el tipo de cable de fibra óptica al igual que un electroguante. De acuerdo al movimiento, al grado de inclinación o la variedad de señas que hace el usuario, el sistema registra coordenadas para cada parte del traje donde se encuentran las articulaciones del cuerpo y son colocados una serie de sensores (más de veinte), que persiguen dinámicamente una secuencia de acciones.

Estas señales digitalizadas son traducidas por la computadora a una realización, es decir, un cuerpo virtual que está expuesto en una pantalla o en un escenario virtual. La imagen generada queda sujeta a las señales dictadas por los movimientos del usuario y es regenerada continuamente. El usuario se identifica con la realización.

¹⁵² Ver Claude Cadoz. ob. cit. p. 29.

¹⁵³ L.M. Del Pino González. ob. cit. p. 47.

Las aplicaciones particularmente apropiadas para la entrada y alimentación por medio de traje incluyen:

- Evaluación y prueba de movimientos incluyendo supervisión ambulatoria del movimiento y medidas del paso y asesoramiento físico;
- Kinesología y aplicaciones y entrenamiento de la medicina deportiva, especialmente para mediciones funcionales y de ejecución;
- Terapias de rehabilitación para víctimas de golpes o lesiones y ayuda preventiva para lesiones repetitivas;
- Biomecánica;
- Terapia sexual y erotismo¹⁵⁴

Además de la utilidad práctica a la que se somete el traje, otro tipo de dispositivo son las bolas de billar, que tienen en su interior colocado un sensor direccional sujeto por un brazo mecánico.

Los interruptores o botones de órdenes particulares son situados fuera. Estos pueden incluir un botón de activado, botones de órdenes de vuelo o controles de herramientas. Debido a que los botones pueden usarse para definir acciones específicas más precisamente que los guantes, las bolas de billar son generalmente bien acogidas entre la gente que crea entornos virtuales. Todo está conectado por cables con el programa y los movimientos de la bola son interpretados por el programa como órdenes de entrada, haciendo posible a la persona que acoge la bola de billar controlar o cambiar la orientación de la escena de realidad virtual.¹⁵⁵

Existen otros dispositivos de entrada utilizados en aplicaciones de la RV, son: dispositivos de adquisición de datos, empleados en aplicaciones de visualización científica y tele-robótica. Dispositivos de reconocimiento de voz, técnica que no exige que el usuario emplee las manos y queden libres para otras tareas, utilizándose tarjetas de sonido. Dispositivos de reconocimiento de imágenes, sistemas para el reconocimiento óptico de

¹⁵⁴ L. Casey Larjani, ob. cit. p. 47.

¹⁵⁵ Ibidem p. 48.

gestos y movimientos faciales. Dispositivos MIDI, que sintetizan secuencias musicales a partir de este sistema empleándose un canal para el control en tiempo real de las secuencias sonoras. Es conveniente agregar que entre más dispositivos de entrada disponga el usuario, la escena virtual será más real.

2.6 Dispositivos de Salida.

Constituye una serie de periféricos, que tienen por objeto proporcionar información al usuario acerca del mundo virtual y, por consiguiente, del sistema. Se clasifican según el sentido del usuario que pretendan estimular:

- Dispositivos de presentación, que tienen por objeto mostrar al usuario la información de carácter gráfico.
- Dispositivos de audio encargados de generar la información sonora acerca del mundo virtual.
- Dispositivos de realimentación táctil, con los que se simulan las propiedades de los materiales que, como la rugosidad, el hombre percibe a través del sentido del tacto.
- Dispositivos de realimentación cinestética, utilizados para simular propiedades mecánicas de los objetos, como la resistencia o la inercia.
- Dispositivos móviles, que permiten simular los movimientos de navegación a través del mundo virtual.¹⁵⁶

2.6.1 Dispositivos de presentación.

Tienen singular relevancia, por la información visual que presentan al usuario

Los dispositivos de presentación tienen por objeto proporcionar al usuario la imagen del mundo virtual, es decir, información de carácter gráfico acerca de los objetos que componen el mundo virtual, sus posiciones y sus características.

¹⁵⁶ L.M. Del Pino González. ob. cit. p. 47

Los sistemas de realidad virtual utilizan técnicas de tratamiento de gráficos 3D para generar la imagen a partir de una definición tridimensional del mundo virtual y de los objetos que lo forman. Dicha imagen será luego mostrada al usuario empleando un dispositivo de presentación adecuado. Las características de la imagen van a venir determinadas tanto por la complejidad de los algoritmos de síntesis como por la calidad del dispositivo de presentación. Ambos aspectos tienen que estar equilibrados a la hora de diseñar un sistema de RV.¹⁵⁷

En los sistemas proyectivos y de sobremesa se utilizan monitores y pantallas de televisión; para los sistemas inmersivos propios de la RV, se ocupan tres tipos de dispositivos de presentación: Visiocascos, Sistemas binoculares y Gafas estereoscópicas. Estos equipos de cabeza, son llamados unidades de representación montadas sobre la cabeza (Head-Mounted Displays, HMDs).

En los visiocascos, los dispositivos de visión permanecen suspendidos enfrente de los ojos del usuario; en las gafas estereoscópicas, son detenidos por una cinta ceñida a la cabeza, como si fuesen gafas de bucear; por su parte, los sistemas binoculares, constan de dos tubos de rayos catódicos que se acoplan a un aparato mecánico con varios contrapesos, el usuario acerca los ojos al binocular para mirar el mundo virtual como si fuera un periscopio. Para cambiar de posición u orientación, el operador empuja el binocular como lo requiera, ayudado por los contrapesos del dispositivo mecánico.

Los dos tipos de aparatos de visión empleados en los sistemas virtuales, son: los dispositivos de tubos de rayos catódicos (CRTs), pequeños televisores con imágenes de alta resolución, que utilizan los sistemas binoculares; y los dispositivos de presentación en cristal líquido (LCDs), son ligeros y planos como en calculadoras y relojes digitales.

Los recientes logros tecnológicos han hecho posible pequeñas representaciones en CRT de alta resolución y el LCD está ahora siendo reemplazado en muchos

¹⁵⁷ *Ibidem*, p. 48.

sistemas. Pequeñas pantallas de televisión de una pulgada pueden ahora presentar imágenes claras con una resolución de 1.000* 1.000* pixels (una buena estación de trabajo presenta imágenes con una resolución de 1.280* 1.024 pixels). Hasta este año, la resolución de la mayoría de los LCDs tenía su tope en 100* 100 pixels para cada pulgada, por lo que había una gran diferencia de ejecución¹⁵⁸

Las pantallas LCD, se emplean en los visiocascos y cada pantalla lleva lentes de aumento para agrandar el tamaño de la imagen, obteniéndose un ángulo de visión de 110o horizontal y 90o en vertical.

Los LCD difieren de los CRT en un aspecto fundamental. Los CRT generan una imagen disparando un haz de electrones sobre una pantalla fluorescente y activando partículas en la pantalla para emitir fotones. Los LCD están hechos de un material que cambia de apariencia cuando son activados por una débil corriente eléctrica.¹⁵⁹

En los visiocascos y los sistemas binoculares, el usuario percibe únicamente las imágenes del mundo virtual sin ver las que hay en el mundo externo, proporcionándole una visión estereoscópica; como cada ojo recibe su propia imagen y debido a que las imágenes difieren ligeramente, el efecto que producen es el de visualizar un mundo tridimensional. Al quedar sincronizadas las imágenes estereoscópicas con los movimientos de la cabeza, permite la inmersión del usuario. Los sistemas inmersivos, refuerzan la sensación de realidad; conducen a una naturalidad de la interfaz y propician condiciones de visibilidad al usuario. Mientras que las gafas estereoscópicas, se usan en sistemas inmersivos y proyectivos para darle al operador una visión de relieve.¹⁶⁰

Existen dos técnicas indispensables de estereoscopia:

¹⁵⁸ L. Casey Larijani, ob. cit. pp. 34-35.

¹⁵⁹ Howard Rheingold, ob. cit. p. 151.

¹⁶⁰ Ver L. M. Del Pino González, ob. cit. p. 48.

La primera consiste en utilizar dos pantallas distintas, en cada una de las cuales se muestra la imagen correspondiente a un ojo. Esta es la técnica empleada en los sistemas inmersivos. Dichas pantallas pueden ser dos tubos de rayos catódicos (como en los sistemas binoculares) o dos pantallas de cristal líquido (como en los visiocascos). Para conseguir que cada ojo perciba sólo la imagen correspondiente, los ojos quedan físicamente acoplados a su respectiva fuente de luz. Esta técnica se denomina multiplexación espacial.¹⁶¹

La segunda se llama: Multiplexación temporal, utilizada en los sistemas de sobremesa; técnica basada en emplear una sólo pantalla, en la que se van mostrando alternativamente las imágenes correspondientes para cada ojo, efecto que se consigue con las gafas estereoscópicas.

Después de calcular las posiciones de los objetos, el sistema muestra primero una imagen y, después de un cierto tiempo, la segunda. Ello hace que aparezcan efectos ópticos indeseados, como una percepción incorrecta de la profundidad por parte del usuario, debido al retraso que una de las dos imágenes tiene con respecto a la otra. Este fenómeno se denomina aliasing temporal.¹⁶²

La luz visible es una de las formas más importantes de salida que provee a las pantallas de los visiocascos. Es a través de los ojos del usuario que se facilita en la RV información acerca de la cantidad de luz en el campo visual donde es observado el tamaño y la posición de los objetos. Para la RV son necesarias las señales visuales que se basan en el trabajo simultáneo de ambos ojos, dichas señales binoculares son el fundamento de la visión estereoscópica que utilizan los visiocascos.

Cuando los ojos enfocan un objeto se produce una convergencia binocular debido a que el objeto está en la línea de visión directa de cada ojo, es por ello que cuanto mayor sea la convergencia, más cercano estará el objeto. Por otro lado, el cerebro se apoya del paralaje

¹⁶¹ L. M. Del Pino González. ob. cit. p. 51.

¹⁶² *Ibidem.* p. 58.

binocular para deducir la distancia relativa del objeto, es decir, cuanto mayor es la distinción entre las dos imágenes que percibe cada ojo, más cerca se ubicará el objeto. Cuanto mayor es la variedad de salida, más real será el efecto obtenido: tanto el sonido como la presión en la piel y la luz que se emplea para aumentar la ilusión de un mundo alternativo son utilizados por los sistemas de RV.

2.6.2 Dispositivos de audio.

En una aplicación de RV, el sonido tiene cuatro funciones básicas:

Función informativa, común a casi todos los tipos de aplicaciones. Las señales acústicas permiten informar al usuario de la ocurrencia de determinados eventos. Sirven, por ejemplo, para confirmar que ha pulsado correctamente un botón, o para notificarle una condición de alarma o un cierto estado del sistema".¹⁶³

De acuerdo a la cibernética, el sonido es un medio adecuado para proporcionar información al usuario cuando necesita obtener una realimentación sobre las acciones que efectúa, sin requerir sobrecargar la pantalla con más información visual.

Función metafórica, alude a la semejanza que existe entre el sonido y la imagen que se utilizan para traducir datos que el usuario pueda entender; en una aplicación de visualización científica de RV, se emplea un sonido específico para indicar al usuario el valor de una magnitud, por ejemplo en un campo electromagnético, donde el sonido se hace más o menos agudo según como el usuario se desplaza por el mundo virtual.¹⁶⁴

Función artística, el sonido se utiliza de fondo musical para hacer más atractiva una aplicación virtual e influir en el estado de ánimo del usuario, requiriéndose tarjetas de sonido o también, sintetizadores MIDI. La inclusión del sonido en un sistema de RV, añade una dimensión real adicional al entorno.

¹⁶³ Ibidem p. 59

¹⁶⁴ Ver ibidem pp. 59-60.

Función descriptiva, se refiere a los efectos de sonido que describen eventos para dar realismo a escenas sucedidas dentro del mundo virtual, lo que contribuye a una sensación psicológica de inmersión y de realidad que ayuda a una mejor comprensión de dicha escena. Por ejemplo los efectos de sonido de una tormenta con respecto al sonido 3-D, el sonido se asocia con imágenes y permite que el usuario perciba la distancia o proximidad de los objetos.¹⁶⁵ En un mundo virtual tridimensional, un sonido puede venir de cualquier parte del espacio, como el usuario ve en tres dimensiones a partir de la comparación de las imágenes que llegan a su vista, ligeramente distintas, con el sentido del oído pasa lo mismo: lo que se percibe por ambos oídos no es precisamente lo mismo y son estas las diferencias que dejan al cerebro distinguir la procedencia del sonido.

2.6.3 Dispositivos de realimentación táctil.

Es a través del sentido del tacto que el usuario interactúa con el sistema virtual para transmitir sus órdenes y recibir información. A excepción de los sistemas de reconocimiento de voz y los dispositivos de localización, los demás dispositivos que el usuario utiliza para el control de las demás aplicaciones, son manejados con las manos. En las aplicaciones de RV la información obtenida por las manos es importante y se puede clasificar en: información táctil e información cinestética.¹⁶⁶

La información táctil señala el contacto con un objeto, del cual se obtienen sus características, como rugosidad o temperatura por medio de los sensores que el hombre posee en la piel. Los dispositivos de realimentación cinestética, por su parte, proporcionan información mecánica sobre la resistencia de los objetos, como el de los mandos de avión.

2.6.4 Dispositivos móviles.

Tienen como objeto simular los movimientos de navegación para dar mayor realismo y equilibrar las causas que producen el mareo. Las plataformas móviles son claro ejemplo, las cuales funcionan con tres ejes de giro: uno regula el grado de inclinación hacia atrás o

¹⁶⁵ Ver *Ibidem* p. 60.

¹⁶⁶ *Ibidem*, pp 67-68.

hacia adelante, el otro regula el grado de inclinación a la izquierda o a la derecha, y el otro regula el giro a izquierda o derecha. Con la combinación de estos tres movimientos se logra cualquier inclinación de acuerdo a los límites máximos de giro de cada eje.

El control de la plataforma se efectúa desde un ordenador por medio de una unidad de control que transforma las órdenes del sistema en tensiones eléctricas, las cuales hacen que unos pistones hidráulicos se extiendan o se contraigan, con lo que el ángulo de cada eje varía. Es conveniente aclarar que las plataformas móviles no simulan las translaciones a través del mundo virtual, sino las posiciones que el usuario adopta¹⁶⁷

Para efectos del modelo comunicativo de la teoría informativa, ejemplificada en el primer capítulo, tanto los dispositivos de entrada como los dispositivos de salida, cumplen la función de canales: con los primeros, el usuario introduce información a la computadora para interactuar con los objetos del mundo virtual; con los segundos, el sistema proporciona los mensajes necesarios y los envía nuevamente al usuario, para iniciar un modelo circular de comunicación: hombre-máquina, de acuerdo a la cibernética.

2.7 Características de los Sistemas de RV.

Para que un sistema de RV cumpla su objetivo, es necesario reconocer mecanismos esenciales que precisen y ayuden a conformar un panorama más amplio de su definición, los cuales son:

2.7.1 Capacidad sintética.

El ordenador contiene una base de datos donde simplifica la forma y la posición que ocupa cada objeto, es decir, el mundo virtual está conformado por una gama de objetos, que al ser requeridos, esta conformación compacta es descompuesta, entonces las imágenes se sintetizan para cada uno de esos componentes en la escena virtual. Por lo que es

¹⁶⁷ L.M. Del Pino González. ob. cit pp 66-67.

indispensable señalar la diferencia entre generar y reproducir en el siguiente ejemplo: un tocadiscos permite reproducir sólomente secuencias musicales previamente grabadas; un sintetizador, por el contrario, genera las secuencias musicales a partir de una representación abstracta, y en cualquier momento, cambia esa representación abstracta y genera una secuencia diferente.¹⁶⁸

Eso mismo es lo que hace un sistema de realidad virtual. Los sistemas de RV contienen una representación abstracta del mundo virtual: cuáles son los objetos que lo componen, dónde están situados, cuáles son sus representaciones gráficas o sonoras, etc.... a partir de la cual genera la información que luego presentará al usuario.¹⁶⁹

2.7.2 Interactividad.

La capacidad de interacción es fundamental en cualquier sistema de RV. La interacción implica una interdependencia entre el usuario y el sistema, es decir, una estrecha combinación de actos y percepciones del operador para influir sobre el estado del mundo virtual. los sistemas de RV tienen la capacidad de sintetizar imágenes, de acuerdo con las posiciones que ocupan los objetos y el propio usuario en cada instante de la escena. La interactividad se produce cuando el usuario controla el sistema virtual e influye sobre lo que el sistema va a mostrarle; por ello, si no existe interactividad, no sería posible la capacidad de sintetizar imágenes.

Existen dos formas de interacción entre el sistema y el operador: la interacción dinámica, que consiste en el comportamiento de los objetos que componen el mundo virtual y las acciones que esos objetos realicen se verán afectadas por las del usuario. En el caso contrario, cuando un sistema no permite que el usuario influya sobre el estado del mundo virtual, le brinda otra clase de interacción, que estriba en que el usuario puede cambiar su punto de vista dentro de la escena; a esto se denomina "navegación" del mundo virtual.¹⁷⁰

¹⁶⁸ Ver *Ibidem*, pp. 20-21.

¹⁶⁹ L.M. Del Pino González: *ob cit* p. 21.

¹⁷⁰ Ver *Ibidem*, pp. 22-23.

La interacción, permite el contacto del usuario y la máquina en ese mundo simulado o ciberespacio, en el cual el individuo navega y percibe, propiciándose un enlace de mensajes del operador con el sistema, y a la vez, en este intercambio de señales traducidas en información bidireccional, se produce un campo comunicativo emisor-receptor, receptor-emisor.

La navegación es la habilidad de desplazarse dentro del ciberespacio generado por el ordenador, explorarlo e interactuar con él a voluntad. Naturalmente, esto no significa que realmente vaya a alguna parte; es la sensación que puede moverse dentro, lo que hace que su entorno sea "virtual".¹⁷¹

Existe otra forma, en la cual parecería que el operador es un espectador de la escena, pero no permanece pasivo, puede desplazarse por la misma para contemplarla o explorarla desde otro ángulo o desde otra posición; en esta aplicación, donde el usuario no tiene otra forma de interacción, aparte de las facilidades de navegación, se denomina paseo virtual.

Un parámetro fundamental de los sistemas interactivos es el de la velocidad de respuesta, que en los sistemas de RV se denomina latencia. La latencia es el tiempo transcurrido entre el instante en que el usuario efectúa una determinada acción, y el momento en que el sistema actualiza la información de salida (especialmente la de tipo gráfico) que entrega al usuario... En un sistema inmersivo, por ejemplo, la latencia marcaría el tiempo transcurrido desde que el usuario mueve la cabeza, para dirigir su vista a otra parte, hasta que el sistema actualiza la imagen en pantalla.¹⁷²

2.7.3 Tridimensionalidad.

En un mundo tridimensional, el sistema de RV debe incluir información sobre la forma de los objetos, sobre la dimensión de profundidad y la distancia de éstos con respecto al observador. Las imágenes de TV son planas o bidimensionales, por lo que no se trata de un

¹⁷¹ Nicholas Lavroff ob. cit. p. 24.

¹⁷² L.M. Del Pino González ob. cit. p. 23.

sistema de RV, y debido a la sucesión de imágenes planas, se logra lo que se denomina claves de profundidad, que son utilizadas por la mente humana para inferir dicha profundidad relativa de los objetos.

Existen cuatro claves físicas de profundidad: de perspectiva lineal, efecto que se refiere a la variación del tamaño aparente de los objetos con la distancia del operador. Otra es la de paralaje, fenómeno que consiste en hacer que el observador vea que los objetos más cercanos se desplazan en un ángulo mayor que los más alejados. El sistema consigue que el usuario perciba la tridimensionalidad por medio del cálculo de perspectivas, la interposición de objetos, los sombreados y los difuminados.¹⁷³

Convergencia. Cuando se fija la atención sobre un objeto, se modifica el ángulo que forman los dos ojos, para que se una la imagen a ese objeto; esa modificación o variación que se produce en el ángulo que forman los ejes de visión de los dos ojos hacia objetos ubicados a diferentes profundidades, se denomina convergencia. Para objetos cercanos o próximos los ejes se inclinan hacia adentro, y para los objetos distantes los dos ejes de visión son casi paralelos; el grado de convergencia de los ojos le da al cerebro la posibilidad de inferir la distancia que existe entre el objeto y el observador. Acomodación, fenómeno que se refiere al ajuste que hace el cerebro cuando enfoca un objeto y obtiene información sobre la distancia a que ese objeto se encuentra.¹⁷⁴

Con respecto a las claves psicológicas de percepción de la profundidad, encontramos los sucesos de perspectiva lineal, interposición, sombreados y sombras, gradiente de textura y difuminación.

a) Perspectiva lineal, es el efecto mediante el cual aparecen los objetos más pequeños cuanto más alejados estén: el cerebro teniendo o no conocimiento del tamaño real de los objetos deduce la distancia a partir del tamaño aparente.

¹⁷³ Ver Ibidem p. 25.

¹⁷⁴ Ibidem, p. 43.

b) Interposición es el fenómeno a través del cual los objetos más próximos cubren a los más lejanos, lo que permite inferir cuál de ellos está ubicado más cerca.

c) Sombreados y sombras, son las diferencias que existen por la tonalidad del color debido a la luz reflejada en la superficie de un objeto; el cerebro infiere la posición relativa de los objetos con respecto a las fuentes de luz, por los sombreados y las sombras que despiden los objetos sobre el suelo o sobre otros objetos, por lo que deduce datos de distancia.

d) Gradiente de textura, es el efecto mediante el cual, el usuario pierde la facultad de percibir los detalles de un objeto a medida que la distancia aumenta, lo que da como resultado que el cerebro infiera datos sobre la distancia del objeto a partir del grado de detalle percibido.

e) Difuminación es el efecto que caracteriza a los colores al difuminarse con la distancia, de tal manera que el cerebro deduce información sobre la lejanía de un objeto por el brillo del mismo.¹⁷⁵

De esta manera, la reacción del usuario va a depender de la interacción con los objetos virtuales, en ese ambiente que él apreciará como creíble, por lo que la ilusión de realidad dependerá del comportamiento del mundo virtual. Por otra parte, la inmersión es otro mecanismo de los sistemas de RV que no está enlazado con el funcionamiento del mundo virtual, sino que afecta en la aceptación psicológica del usuario privándolo de la visión del entorno que le rodea (con el uso del visiocasco), para que la ilusión de realidad se intensifique.

2.7.4 Ilusión de realidad.

Además de las tres características anteriores, los sistemas de RV deben contemplar otra condición: hacer que el mundo virtual tenga la apariencia o parezca real, y para lograr esta

¹⁷⁵ *Ibidem*, pp. 44-45.

ilusión de realidad va a depender de factores físicos y psicológicos, para que el usuario sienta como si fuera "real" o verosímil el mundo simulado.

Factores físicos, se relacionan directamente con las percepciones (visuales, sonoras, táctiles) del usuario en el mundo virtual. El aspecto se vuelve más real cuando el sistema logra estimular más sentidos humanos, es decir, cuanto más parecidas a las sensaciones reales sean esas representaciones artificiales, en las cuales, el sistema reproducirá los aspectos tridimensionales del campo virtual.

Los mecanismos utilizados por las aplicaciones de RV para poder recrear el aspecto real de los objetos son muy variados, y dependen del sentido que se pretenda estimular. Las técnicas de estereoscopia, los métodos de localización de sonido en el espacio tridimensional o la realimentación táctil, son todas ellas técnicas destinadas a realizar la "realidad física" de los objetos y del mundo virtual¹⁷⁶

Factores psicológicos, vinculados intrínsecamente con la naturaleza del mundo virtual, tal y como es percibida por el usuario. Entre los factores que destacan, se encuentran el de la interactividad, que el mundo virtual propone para influenciar la mente del usuario, en la medida que el campo virtual le ofrezca mayores posibilidades de interacción.

Otro aspecto importante es la facilidad de navegación,¹⁷⁷ la cual sugiere que el usuario se desplace por el mundo simulado para que acepte como verosímil la tridimensionalidad.

Cuanto más parecida a la del mundo real sea la manera de interactuar con los objetos, mayor será la apariencia de realidad de éstos. La utilización de

¹⁷⁶ L.M. Del Pino González ob cit p 26.

¹⁷⁷ "Las facilidades de navegación son los mecanismos puestos a disposición del usuario para poder variar su posición u orientación dentro de una escena. Existen dos tipos de dispositivos que pueden utilizarse para implementar las facilidades de navegación: dispositivos de control, permiten al usuario de manera expresa sus deseos en lo que a navegación se refiere. Los dispositivos de localización, por el contrario, permiten al sistema determinar los deseos del usuario de una manera implícita. Utilizando un dispositivo que permita conocer la posición y orientación reales del usuario, el sistema puede variar de acuerdo con ellas la posición y orientación dentro del mundo virtual." L.M. Del Pino González ob cit pp 30-31

periféricos de entrada sofisticados, como los electroguantes, responde a esta ambición de simular los modos de interacción que empleamos cotidianamente... es el propio comportamiento del mundo virtual lo que el usuario va a valorar como verosímil o inverosímil. Esto incluye no sólo las respuestas a los estímulos del usuario, sino también el comportamiento autónomo de los objetos... la ilusión de realidad será tanto tanto más intensa cuanto más se "comporte" el mundo virtual como si fuera real.¹⁷⁸

La inmersión es otro mecanismo que utilizan los sistemas de RV, aunque no está ligado con el comportamiento del mundo virtual, influye en la aceptación psicológica del usuario. A través de técnicas de inmersión se priva al operador de la visión del mundo circundante, por ejemplo al colocarse en un visiocasco, pierde la referencia visual exterior por lo que la ilusión de realidad se intensifica.

2.8 Aplicaciones prácticas de la Realidad Virtual.

Actualmente, las aplicaciones de la tecnología de la RV son diversas en el mundo real, tanto en el terreno de las actividades profesionales, como las que son destinadas al ocio. A continuación, se menciona la función que desempeña el ciberespacio en algunas de las muchas aplicaciones.

2.8.1 Entretenimiento.

Es el medio por el cual han logrado obtener ganancias extraordinarias integrantes de un numeroso grupo. En el inicio de la década de los 80 fue tan grande el número de personas que utilizó los videojuegos en los Estados Unidos, que la industria de las salas para este propósito obtuvo mayores ganancias que la industria cinematográfica de Hollywood.¹⁷⁹ Este aumento de ganancias es lo que le ha concedido su participación en el progreso de las últimas tecnologías. En el cine, el progreso ha ido desde las películas mudas, hasta el Cinerama y a la casi RV del viaje a las Estrellas y el capitán EO en Disneylandia; por

¹⁷⁸ Ibidem p. 26

¹⁷⁹ Ver Nicholas Lavroff, ob. cit. p. 47

decirlo de alguna manera, el público pasa a ser un espectador invisible en un entorno real, sumido en el argumento del film.

En las salas del juego se ha pasado del juego de tenis en blanco y negro hasta los juegos de hologramas de espejo de Sega. En estos casos se ha progresado de tal manera desde los primeros esfuerzos tecnológicos hasta un realismo cada vez mayor. En los videojuegos, se ha evolucionado hasta ser un personaje metido en un mundo irreal esforzándose por lograr una posible meta. En los Estados Unidos han sido instaladas salas de juego de ciberespacio, las primeras máquinas de RV son las "Virtualy", que tienen de base una CPU de "Amiga 2000"; para mejorar los gráficos y la animación, se utilizan tableros adicionales.¹⁸⁰

Las máquinas presentan dos variantes, una modalidad con asiento ideal para la simulación de vuelo o conducción; la otra, diseñada para que el operador la manipule de pie, como en la lucha cuerpo a cuerpo en la que intervienen varios jugadores, cada uno en su respectiva máquina.

La animación por computadora es otra técnica altamente desarrollada y explotada en los medios audiovisuales.

El proceso completo de animación ha sido simplificado y perfeccionado por las tecnologías de computación. Los programas ayudan al animador en la creación de estructuras que proyecten la ilusión de movimiento. El movimiento puede consistir en la exploración por cámara a través de una escena, en un actor andando en la escena o en una combinación de ambos.¹⁸¹

Esto implica que todo tipo de efectos, de gravedad, de movimiento, etc., pueda ser programado en la computadora.

¹⁸⁰ Ibidem, p. 49

¹⁸¹ L. Casey Larijani, ob. cit. p. 115.

2.8.2 Medicina.

Es una de las áreas que ha sido más beneficiada con los avances tecnológicos. La representación gráfica de datos científicos permite a los radiólogos visualizar en 3D los órganos y radiografías para observar las estructuras, anomalías y apreciar mejor las enfermedades que puedan aparecer. Se pueden también estudiar las propiedades de nuevas moléculas, para la composición de un nuevo medicamento, experimentando sus nexos y observando la reacción que tiene en el organismo.

Ahora los investigadores y practicantes médicos tienen acceso a bases de datos de información biológica, así como a interaccionar con realizaciones de la información digitalizada. Las facilidades virtuales dan más oportunidades a los usuarios, especialmente en los casos de alto riesgo, por ejemplo la endoscopia transmite dibujos tridimensionales al médico; los anestesiólogos pueden ver signos vitales en el paciente (pulsaciones o presión sanguínea). Se dispone de discos láser que contienen imágenes detalladas de ciertos órganos y se venden bases de datos para animación de órganos, esqueletos y sistemas muscular y vascular.

El paciente virtual básico, es una base multidimensional generada por computadora, compuesta por tiras o rebanadas dibujadas desde diferentes ángulos del cuerpo de una persona real. La información usada para crear esta imagen puede ser combinada con información de otras fuentes para mejorar el modelo, de tal forma que puede llevar no sólo información clínica sino también análisis específicos e interpretaciones de la información.¹⁸²

Los avances en software, en velocidad y potencia del hardware, en técnicas de visualización¹⁸³, han dado posibilidad a los equipos de cirujanos compartir quirófanos

¹⁸² Ibidem p. 83.

¹⁸³ "Básicamente, la visualización es una amalgama sofisticada y una extensión de muchas técnicas utilizadas durante años. El proceso de visualización pretende presentar datos y conocimientos en un contexto intuitivo y comprensible, y sus técnicas son particularmente valiosas para presentar movimientos técnicos de grandes cantidades de datos complejos. Las técnicas de visualización nos ofrecen visiones de cosas invisibles para nuestro natural sentido de la vista, siempre y cuando se puedan convertir en datos de los que la computadora pueda ser informada..."

virtuales y decidir el procedimiento antes de operar personas reales. El trabajo que realiza un cirujano depende de la evaluación personal de la estructura subyacente de la parte afectada del cuerpo; esta evaluación es ayudada por ultrasonidos o imágenes computarizadas por medio de un mapa virtual que ayuda al médico a examinar y visualizar lo que hay debajo.

El sistema RV transforma información en imágenes desde el equipo de ultrasonidos al visor... Un sistema de visualización interpreta y transforma la información recogida en imágenes de computadora, que muestran la estructura anatómica y revelan detalles del tejido circundante. Esta imagen ultrasónica transparente situada entre el ojo del médico y el cuerpo real, equipa con un tipo de ultravisión (llamada rayos X por algunos científicos). Esta <<ultravisión>> es especialmente útil, por ejemplo, a la hora de planificar una reconstrucción quirúrgica facial o de la cadera. Una imagen en tres dimensiones es visible mientras se manipula el tejido circundante.¹⁸⁴

Otra de las aplicaciones de las técnicas de la RV, es la de la configuración de rayos para los tratamientos de radiaciones en tumores. Los médicos ahora no sólo se dejan guiar por su intuición, sino que toman como base la imagen tridimensional que se les presenta, ya que cada situación es única.

En la microcirugía, existe la denominada cirugía mínimamente invasora (Minimally Invasive Surgery, MIS), aquella donde se combina la RV, la tecnología de las micromáquinas y el control remoto, estas micromáquinas se utilizan en cirugía abdominal laparoscópica, en teleoperaciones (una de las primeras aplicaciones exitosas de telepresencia en un quirófano); también son introducidas en el cuerpo en lugares inaccesibles, porque son áreas que necesitan intervenciones microquirúrgicas o micromecánicas, y la corriente sanguínea donde fungen como mensajeros micromédicos,

a partir de los datos, la computadora genera representaciones pictóricas visualizables." L. Casey Larjani, ob. cit. p. 8.

¹⁸⁴ L. Casey Larjani, *Ibidem*, p. 84.

cuya función consiste en desatascar obstrucciones, administrar medicamentos y pronosticar dolencias.

Las micromáquinas son dispositivos muy pequeños compuestos de motores, palancas, engranajes, interruptores y poleas infinitesimalmente pequeños-básicamente, son máquinas convencionalmente miniaturizadas. Estos dispositivos son idóneos, para ser utilizados en lugares demasiado pequeños u hostiles para acomodar técnicas mecánicas convencionales. Pero debido a que son tan pequeños, es muy difícil construirlos y trabajar con ellos. Los modelos virtuales ayudan en el proceso de fabricación y también actúan como interfaces para los microdispositivos, facilitando el control de una persona sobre sus variados componentes.¹⁸⁵

2.8.3 Arquitectura.

Para los arquitectos, han tenido gran utilidad las técnicas de visualización y los dibujos computarizados, ya que la RV les proporciona los medios electrónicos para realizar diseños, explorarlos y plasmar en ellos su creatividad. Generalmente, las aplicaciones virtuales en arquitectura no requieren de efectos especiales, sino de una exploración visual, por lo que se les ha denominado paseos virtuales, es decir, proporciona a los participantes (diseñadores, clientes) otra manera de comprender las construcciones virtuales al entrar en ellas.¹⁸⁶

Utilizando técnicas de RV, por medio de un modelo tridimensional del espacio generado por computadora, el arquitecto puede disponer de prototipos de edificios antes de haberse construido, diseñar ciudades enteras, esto permite analizar la zona de urbanización, planificar su construcción, o sencillamente, modificarlos después de haberlos visto virtualmente de acuerdo con el cliente, teniendo como ventaja la cotización que se hace de la edificación antes de ser construida realmente.

¹⁸⁵ Ibidem. pp. 87-88.

¹⁸⁶ Ver Ibidem. pp. 103-104.

2.8.4 Educación.

La RV constituye un excelente medio educativo. Cuando el usuario recibe cierta cantidad de información, logra que los entornos virtuales se utilicen para que los estudiantes con menor aprovechamiento regulen o mejoren, y asimismo, se den foros de debate entre ellos, mediante entornos compartidos por usuarios conectados en red, para mejorar la educación a distancia.

Gracias a estas técnicas, se acrecenta la retención y se despierta el interés por aprender más, al ser expuestos de forma sencilla los datos que aquéllos van a adquirir por medio de todos los sentidos. En la actualidad, la tecnología multimedia¹¹⁸ tiene como base el almacenamiento en discos de CD- ROM, en los que se registra todo tipo de información. Los escenarios virtuales ofrecen la posibilidad de que los usuarios, estudiantes y profesores, tengan una mejor relación pedagógica al interactuar en este medio.

Mediante los sistemas integrados de realidad virtual, estudiar Historia podría convertirse en una maravillosa experiencia en la que el estudiante podría protagonizar el evento histórico deseado.¹¹⁹

2.8.5 Cibersexo.

Es una de las aplicaciones más interesantes y controvertidas de la RV, porque significa un cambio social e histórico de la actitud humana; que consiste en la habilidad de relación entre las personas, sin importar núcleos sociales. Esta puede llegar a ser un medio de comunicación mejor que el teléfono y que el actual videoteléfono. De momento el sexo virtual o tecnosexo

mediante un traje de sensaciones, equipado de vibradores, difusores de calor y biosensores puede lograrse la estimulación de la pareja mediante pequeñas

¹¹⁸ "Multimedia hace referencia a la integración de distintos tipos de información dentro de una misma aplicación: gráficos, sonido, música, video, animaciones." Miguel Angel Casanova Gonzalez ob cit p. 15

¹¹⁹ Miguel Angel Casanova Gonzalez. ob. cit. p. 73

descargas, estando ambos situados a gran distancia pero conectados a través del ordenador y una línea de comunicaciones... aunque de momento el sexo virtual se limita a estimulaciones de este tipo, en un futuro podrían lograrse métodos de mayor placer.¹⁸⁹

El sexo virtual está basado en el poder de la fantasía del usuario, ligado al potencial de escape de los entornos virtuales, una representación visual verosímil, pero totalmente artificial, del propio cuerpo y el de la pareja, en que

los guantes de realimentación y los trajes en los que se basa la sensación de estimulación ya están disponibles, y el hecho de tener que vestirse para divertirse con personajes de dibujos animados no parece debilitar la fascinación de las personas. Estamos hablando de esfuerzos por conseguir la interacción con representaciones humanas -del pasado, presente y futuro- y con criaturas ficticias o inventadas. La vieja pregunta <<¿con qué figura histórica le gustaría comer?>> puede llevar a la especulación de los lugares de interacción virtual.¹⁹⁰

La teledildónica (sexo estimulado a distancia), como también se le denomina a esta aplicación, será sobre todo un dispositivo de comunicación, no una máquina sexual. La palabra dildónica fue usada por vez primera por Theodor Nelson, en 1974, inventor del hipertexto. Es por ello, que mientras se continúe el desarrollo de nuevas aplicaciones de RV, seguirá latente la posibilidad del sexo virtual.

2.8.6 Ciencia y tecnología.

La RV tiene una función científica inmediata: permite efectuar simulaciones y demostrar la utilidad de los modelos matemáticos propuestos. También se pueden visualizar los datos de manera cómoda en sistemas de múltiples dimensiones o con muchos parámetros.

¹⁸⁹ Ibidem. pp 72-73.

¹⁹⁰ L. Casey Larijani ob. cit. p. 201

La NASA investiga mediante avanzados programas y hardware de realidad virtual la forma de viajar a otros planetas, simulando la superficie de Marte o sus lunas, por ejemplo, con los datos topológicos obtenidos por los satélites de exploración planetaria.¹⁹¹

La biología y la química se benefician de las técnicas que utiliza la RV, ya que accede a que los investigadores se trasladen a través de una célula, de la cual estudian su estructura, o examinan las fuerzas entre los iones del modelo tridimensional de una molécula.

2.8.7 Arte e infografía.

Las técnicas infográficas, o síntesis digital de la imagen, constituyen uno de los elementos más atractivos del uso de los ordenadores. La realidad virtual se aprovecha de éstas... la infografía corresponde a la creación de imágenes sintéticas en un ordenador. Dicha síntesis puede hacerse a partir de expresiones matemáticas como es el caso de los fractales, calculando vistas de objetos mediante sus coordenadas o manipulando imágenes reales mediante técnicas de tratamiento fotográfico y de morphing.¹⁹²

En el cine actual se usan las técnicas infográficas y de RV. Encontramos El Cortador de Césped, película moderna en la cual se maneja el tema de la probabilidad de potenciar la mente con la RV. Existen otras como Terminator II, Forrest Gump o Acoso Sexual, que también ocupan la potencia de estas técnicas.

¹⁹¹ Miguel Angel Casanova González. ob. cit. p. 70

¹⁹² Acreca del morphing es pertinente anotar lo que sigue: "Según Peter Sorensen, diseñador de imágenes por computadora o morphing, dentro de poco tiempo <<"seremos capaces de convertir en imágenes todo lo que sea posible imaginar">>. En la segunda parte de Terminator el avance en las técnicas de los efectos especiales por morphing en relación a los efectos usados tradicionalmente en el cine: éstos son mucho más creíbles". Julio Orione. Conozca Más. Nº 8. p. 16. Para la cita: Miguel Angel Casanova González. ob. cit. p. 71.

2.8.8 Telepresencia y robótica.

La telepresencia¹⁹³ junto a la tecnología de la robótica tienen aplicaciones importantes en la RV. "La aplicación de estas técnicas en centrales nucleares, bases submarinas o lunares y otros entornos de alto riesgo para el ser humano permitirá el desarrollo de nuevas tecnologías y de la investigación científica de "primera línea".

La unión de la telepresencia y la robótica permite que parte de lo que acontece en un mundo virtual pueda convertirse en real. Las operaciones del cibernauta¹⁹⁴ se corresponden con las acciones de un robot en otro lugar.¹⁹⁵

De esta manera, la RV apoyada en el desarrollo de la inteligencia artificial¹⁹⁶ permitirá que las máquinas sirvan como extensión de los sentidos del cibernauta, como también en las acciones encomendadas al operador.

Esta convergencia de las tecnologías -desde la inteligencia artificial y la visión por computadora hasta el aprendizaje mediante máquinas, redes naturales, reconocimiento de modelos, arquitecturas paralelas y procesamiento de señales-

¹⁹³ Telepresencia: "situación de interacción entre un operador y un entorno distante en la cual, mediante dispositivos de transmisión bidireccionales de las informaciones y de las acciones, se da al operador la sensación de estar en presencia del entorno." Claude Cadoz. ob. cit. p. 114.

"Telepresencia. Término creado por Marvin Minsky; presencia <<remota>>; medio que proporciona a la persona la sensación de estar físicamente en una escena remota, creada por la computadora, una experiencia psicológica que ocurre cuando la tecnología de simulación funciona lo suficientemente bien como para convencer a los usuarios de que están inmersos en mundos virtuales." L. Casey Larjani. ob. cit. p. 229.

¹⁹⁴ "El usuario que utiliza un sistema de realidad virtual se llama cibernauta." Miguel Angel Casanova González. ob. cit. p. 74.

¹⁹⁵ Miguel Angel Casanova González. ob. cit. p. 74.

¹⁹⁶ "Inteligencia artificial: disciplina de la informática en la cual se trata de dar a las máquinas facultades de percepción, de razonamiento y de acción artificiales, semejantes o no a las del hombre, lo que les permite cumplir de manera autónoma (sin intervención del hombre) tareas en un entorno real." Claude Cadoz. ob. cit. p. 111.

"Inteligencia artificial (IA). Programas de computadora que intentan ejecutar eficientemente computaciones enfocadas a ciertas tareas (por ejemplo, memorizar listas) o simular aspectos cognoscitivos del comportamiento humano (por ejemplo, seleccionar las listas que hay que memorizar); un intento de representar, procesar y transferir los conocimientos." L. Casey Larjani. ob. cit. p. 219.

aumentará la utilización de métodos de visión a través de máquinas en la fabricación.¹⁹⁷

Los robots telepresentes son aquellos que están destinados a realizar una inspección constante y tareas de mantenimiento preventivo, ubicados a cientos o miles de kilómetros. Las neurocomputadoras ópticas son usadas en conjunto con pequeñas lentes que proporcionan unidades de visión a los robots y permiten a través de la telepresencia virtual, la intervención en puntos críticos de supervisores, como si estuviesen físicamente presentes. Se utilizan micromáquinas cuando el tamaño y volumen impiden el uso de máquinas convencionales; estas micromáquinas pueden ser mezcladas con el uso de neurocomputadoras y robots.

2.8.9 Aplicaciones militares.

Debido a la convergencia de tecnologías que supo aplicar la Aeronáutica estadounidense, fue posible la RV, con sus iniciales simuladores de vuelo, primer acercamiento de acoplamiento entre un humano y una máquina, a partir de la década de los años 60_s.

La tecnología de la realidad virtual se está empleando en muchos sistemas de armamento -cascos de control ocular en cazas para que las armas puedan seguir el objetivo-. Las unidades de combate también elevan niveles de habilidad practicando en campos de batalla electrónicos y aprendiendo a telemanipular armas. Las técnicas tridimensionales de simulación incorporan paneles de armamento reales, completados con botones y palancas que funcionan como interfaces entre el equipo humano y los sistemas que controlan. Estos son avances denominados campos de prueba para la simulación distribuida en el campo de batalla (BDS por Battlefield Distributed Simulation)¹⁹⁸

¹⁹⁷ L. Casey Larjani. ob. cit p. 163.

¹⁹⁸ Ibidem. p. 187

Existen también investigaciones para realizaciones virtuales en modelos de simulación para balística y propulsores, como para armas de energía dirigida, esfuerzo encaminado a la vulnerabilidad y supervivencia del militar y las misiones.

2.9 El futuro de la Realidad Virtual.

El futuro de las aplicaciones de la RV, presenta un mercado potencial de crecimiento extraordinario, por parte de grandes compañías que ofrecen todo tipo de productos para formar un sistema de RV, que debido a su demanda en los mercados consumidores, propiciará un abaratamiento de los hoy elevados costos de sus componentes.

En el área de los periféricos, las compañías norteamericanas son las que imperan; algunas de éstas son: Polhemus Ascension Technologies, en dispositivos de localización electromagnética; Logitech, fabrica ratones 3D; VPL y Virtual Research, especializadas en visiocascos; en sistemas binoculares, Fake Space Labs; en gafas estereoscópicas, Stereo Graphics; en dispositivos de sonido 3D, Crystal River Engineering; en el sector de los electroguantes, la firma Exos y Virtual Technologies, y en los sistemas de control bioeléctrico, la compañía BioControl Systems.

En el área de las herramientas de desarrollo de aplicaciones de RV existe la competencia entre dos compañías americanas: Sense8 y VREAM, con dos compañías británicas: Superscape y Division; por el control del mercado también IBM intenta penetrar en el sector.

En el sector de las plataformas móviles, existen cuatro divisiones diferentes:

- Compañías como la americana Evans & Sutherland y la británica Division con equipos profesionales de simulación.
- Estaciones gráficas de propósito general, son empleadas básicamente en la industria publicitaria, también participa en la construcción de simuladores y sistemas de RV, que tiene como líder a la compañía americana Silicon Graphics.

- Equipos de RV sobre PC la compañía alemana Spea y la británica Division, que usan aceleradores gráficos para dar la velocidad necesaria de síntesis de las escenas.
- La empresa británica Virtuality con sistemas propietarios para aplicaciones de ocio.¹⁹⁹

Con este conjunto de accesorios, los investigadores de la RV se ven motivados a la ampliación de nuevas aplicaciones en diversas áreas: tecnologías de visualización interactiva como en el sector médico, mecanismos de rastreo como la teleoperación y telerobótica, y sistemas de multicomputadoras en el procesamiento de imagen y de RV en red.

La RV encuentra múltiples áreas de aplicación en el campo de la medicina, entre las cuales podemos destacar la enseñanza y entrenamiento quirúrgico y la visualización médica... los sistemas con realimentación cinestésica permitirán efectuar operaciones virtuales sobre pacientes virtuales, con un alto grado de realismo. Esto servirá para entrenar a nuevos cirujanos, como para enseñar nuevas técnicas a los cirujanos en ejercicio. Varias compañías están, en estos momentos, desarrollando diversos sistemas de entrenamiento quirúrgico. Techplanations, por ejemplo, está desarrollando un simulador quirúrgico para laparoscopías. Georgia Tech, por su parte, está desarrollando un simulador con retroalimentación cinestésica para cirugía ocular. Medical Media Systems, en fin, está desarrollando un sistema virtual para entrenamiento en cirugía endoscópica.²⁰⁰

Por su parte, en el terreno del entretenimiento, las compañías de videojuegos seguirán su desarrollo hasta los sistemas con gráficos 3D con dispositivos autoestereoscópicos. También se prevee que a través de la transmisión de eventos deportivos en hogares, oficinas, bares y otros centros sociales, será posible el audio y la visión estéreo de deportes de contacto como el fútbol, box, lucha libre, etc., programas filmados con cámaras sofisticadas, especiales para estos acontecimientos, y de igual manera, los telespectadores

¹⁹⁹ Ver L.M. Del Pino González. ob. cit. p. 187

²⁰⁰ L.M. Del Pino González. ob. cit. pp. 195-196.

contarán con gafas 3D, para compartir la acción de los personajes de la pantalla con el auditorio.²⁰¹

La teleoperación y la robótica impulsarán los avances en investigaciones de vuelo, operaciones de planificación del reconocimiento, supervivencia y combate. En muchas naciones en sus unidades militares, serán metidos robots que recolectarán información por control remoto, y los cuales estarán equipados para enviarla desde lugares lejanos hasta los dispositivos que lleva el personal militar (ubicado en otro sitio).²⁰²

Con la posibilidad de la telepresencia se da al usuario la sensación de estar presente en un entorno, encontrándose él en otro lugar; esto permitirá a las investigaciones militares técnicas de teleoperación y por consiguiente la aplicación de la telerobótica.

2.9.1 RV en Red y Ciberespacio.

La evolución de los sistemas de RV distribuida, y las aplicaciones del ciberespacio vislumbran un nuevo horizonte, tanto de forma individual o colectiva del cibernauta para compartir su experiencia, como a las distintas aplicaciones que pretenda darle al ciberespacio, entre las cuales se pueden mencionar: sistemas de RV multiusuario, multiparticipante, distribuido y en red.

Llamamos sistemas de RV multiusuario o ciberespacio a aquél donde varios usuarios, utilizando cada uno su propio dispositivo de presentación comparten un mismo mundo virtual, en el cual puede ocupar cada uno una posición diferente. En un ciberespacio, por tanto, cada uno de los usuarios tiene una visión del mundo diferente (debido a su distinta posición), y el sistema debe ser capaz de presentar a cada uno la correspondiente imagen de la escena. A todos los efectos, un ciberespacio es un conjunto de sistemas de RV diferentes, cada uno con sus propias entradas y salidas, pero que comparten la base de datos de la escena y forman parte de la simulación. Llamamos sistema de RV

²⁰¹ Ver L. Casey Larjani. ob. cit. p. 150

²⁰² *Ibidem.* p. 192.

multiparticipante a aquél sistema donde varios usuarios comparten un mismo mundo virtual, pero utilizando el mismo dispositivo de presentación... Llamamos sistema de RV distribuido a aquél donde se emplean varias estaciones de proceso diferentes... Llamamos sistema de RV en red a todo sistema multiusuario donde cada usuario disponga de su propia estación de proceso, es decir, un ciberespacio distribuido²⁰³

En todo este proceso, la RV crea en el usuario la ilusión de que está inmerso en un mundo que sólo existe en el ordenador, y para que pueda alcanzar la inmersión total son necesarios los dispositivos de entrada y salida, que provocará en el operador cierto grado de realidad, que se refuerza con la sensación de tocar objetos con la mano virtual, así como "navegar" en ese espacio tridimensional.

La RV , indudablemente se encamina a ser un nuevo medio de comunicación, con la ventaja de que es una tecnología interactiva, a diferencia de los otros medios audiovisuales, lo que propicia un renovado progreso en las capacidades humanas, que al estar en contacto con la experiencia del ciberespacio incide en su transformación. Como señala H. Rheingold: "La RV representa una especie de nuevo contrato entre humanos y computadoras, un arreglo que podría concedernos un gran poder y tal vez cambiarnos de forma irrevocable en ese proceso".²⁰⁴

Procedimiento, en que se efectúa biunívocamente un tipo de comunicación-información del usuario con el ordenador, dentro de un ciberespacio en que dicho usuario, controla y dirige, a la vez que participa de una interacción con la máquina. Ciberespacio que sirve de mediador, en que converge la intersección, la estereoscopia y la simulación, entorno donde se llevan al cabo, las continuas órdenes convertidas en señales que el operador proporciona a la computadora a través de los diferentes dispositivos de entrada con los que comunica su mando, mensajes que después de haber sido recibidos y decodificados son retornados por el sistema computarizado en información hacia los dispositivos de salida. Cumpliéndose así, un modelo comunicativo que facilita y estimula el mecanismo de retroalimentación, de

²⁰³ Ibidem, p. 198

²⁰⁴ Howard Rheingold ob. cit. p. 401.

acuerdo al fundamento cibernético de Norbert Wiener, y de la teoría informativa de C. Shannon.

En consecuencia, de acuerdo al conjunto de elementos que se han analizado entre la cibernética, la comunicación y la RV, el hombre en su constante necesidad de comunicarse desde la antigua conformación de sus orígenes hasta nuestros días, estas disciplinas se han convertido no sólo en los medios idóneos de su tiempo, sino que representan los instrumentos o herramientas del hombre futurista que cultural y científicamente debiera estar ya preparado en su manejo, en su instrumentación y aplicación, o bien, que se contara con ello, para que su formación realizada se convirtiera inequívocamente en el ciberhombre del siglo XXI, puesto que tiene una función o una indefectible interrelación con todas las ciencias hasta ahora conocidas y de aquellas que se sustrajerán hacia una vida futura tales como la cibercomunicación, cibercultura, o bien del derecho informático o ciberdecho, englobadas en una ciberciencia frente a una realidad objetiva y formal más que una realidad virtual subjetiva o ilusoria.

Actualmente, el Centro Nacional para la Cultura y las Artes (CNCA), es el único lugar que cuenta con un sistema de RV; esto se debe a los altos costos que implica adquirir la tecnología, además, de que en esta última década se ha logrado el perfeccionamiento del sofisticado equipo electrónico.

Los programas computacionales con los que trabaja el Centro, son: el Infinid, el Virtus y el Virtus V3 que permiten procesar la imagen en un scanner en 3D. El equipo electrónico consiste en tres computadoras Silicon Graphics y una Onix, máquinas potentes construidas con tres o cuatro discos duros a parte del sistema periférico.

El uso práctico que se le da a las realidades virtuales está dedicado exclusivamente a recreaciones o simulaciones educativas o culturales; por ejemplo, la de "El Palacio de Bellas Artes", en que el usuario puede "navegar" e interactuar.

En el CNCA, el Centro Multimedia es el departamento encargado del sistema de RV, el cual agrupa a cuatro talleres más: Imágenes en Movimiento que produce videos; Gráfica

Digital que consiste en la producción de imágenes fijas; Sistemas Interactivos basado en que el usuario frente a la pantalla de un monitor cambia imágenes fijas cuando manipula el "ratón" o mouse, para seguir la secuencia de una historia y; el de Audio, para la creación, por medio de sintetizadores, de pistas musicales que son posteriormente mezcladas en la realización de un ambiente virtual.

La mayor parte del equipo electrónico fue importado de los Estados Unidos hace tres años y el restante fabricado en el país. Cabe agregar, que al Taller de RV no hay acceso al público sino que se encuentra restringido para los fines culturales trazados por el Instituto, es decir, funciona como un laboratorio que permite a la comunidad artística de las diversas disciplinas la expresión y la investigación con la "nueva tecnología"; lo cual demuestra un enorme interés por el desarrollo y conocimiento de la RV en el país.

Capítulo 3.

Realidad virtual, cibernética y comunicación.

Presentación.

La importancia que reviste esta última parte del trabajo, consiste en explicitar que a partir de la correlación de dos teorías, la cibernética y la teoría de la información, se analiza a la RV; con el fin de esclarecer que debido al soporte teórico-funcional de ambas disciplinas se realiza un tipo de comunicación basado en la analogía e interacción del hombre con la máquina, control y dirección del usuario en el sistema virtual; complementándose dicho estudio, con la precisión de la teoría matemática de la información en el intercambio de señales electrónicas.

En el primer inciso, se ubica a la RV como una forma de representación, precisamente porque en ese mundo virtual se materializan los objetos y seres virtuales con los que tiene contacto el operador; modelización que es desarrollada por la potencia de la computadora en gráficos tridimensionales con los que se sustituye a la realidad a la cual trata de reflejar.

A continuación se describe la interacción como un proceso que implica la unión del hombre con la máquina, interconexión comunicativa en que se efectúa la capacidad de respuesta de ambos actores dentro de un modelo de comunicación, es decir, se produce un vínculo activo-perceptivo cuando el usuario se "sumerge" y "navega" en ese ambiente tridimensional; por lo que el nexo interactivo se produce a partir de la interrelación de tres entidades: la máquina, el entorno y el usuario.

Condición que da pauta, a que en la RV en tanto representación abstracta se genere un tipo de comunicación cibernética: la conjunción del hombre con la máquina, verificándose una interdependencia plena del sistema perceptual del usuario, inmerso en la RV con la computadora que produce el fenómeno.

La necesidad de explicar el ciberespacio, se debe a que este mundo artificial o sintético genera que el usuario perciba una experiencia comunicativa, en donde se intercambia información por la interactividad que desempeña con el sistema. Enseguida, se afirma que la RV es una forma de comunicación por ser un medio de representación que conjuga a dos actores (hombre-máquina), los cuales intercambian mensajes a través de las interfaces.

Posteriormente, basándose en la fórmula matemática de la teoría de la información, se pretende explicar que por el intercambio de señales-mensajes, es posible un modelo de comunicación, ejemplificándose en un caso particular la cantidad de información que envía un emisor (sea usuario o máquina), para obtener con precisión la tasa de información que ha recibido un destino. En ese modelo comunicativo se describen también los eventos de entropía y ruido como principales agentes que destruyen el orden informativo del mensaje.

El capítulo concluye con la conjunción de las tres categorías: cibernética, RV y comunicación, con lo cual se plantea un estudio científico para conformar una postura en que estas tres áreas han producido y darán en el futuro por resultado un vertiginoso desarrollo y modernización de la comunicación en el siglo XXI.

Con la analogía y relación que plantea la cibernética a la RV como sistema de control y regulación, se establece que bajo la dirección del usuario, la comunicación se ve favorecida; asimismo, se sugiere en un diagrama que la comunicación es un punto de enlace recíproco entre las tres entidades, y con esta base se establezcan directrices de cambio, transformación y modernización de una planeada cibernética explayada en una difusa pero contundente RV.

3.1 RV, forma de representación.

La RV puede ser considerada una representación,²⁰⁹ porque es en ese ambiente tridimensional donde el usuario "navega" y tiene contacto con objetos y seres creados por la computadora, tal como si fuese un medio teatral, en el cual, la simulación le hace creer que se "desplaza" y "mueve" de acuerdo a la acción de la escena en que está "sumergido".

La RV es una forma de representación abstracta en la cual el hombre, la máquina y el mundo real forman parte de la conjunción de un mismo lazo real que deriva hacia una "proyección", que incluye operaciones que corresponden a la creación de la representación; constituye a la vez un lazo interior enfocado sobre la representación del mundo ficticio o virtual.

El sistema debe realizar algún tipo proceso de proyección, de forma que a partir de los datos tridimensionales del mundo virtual se generan los datos de la imagen con la que el sistema representa dicho entorno frente al observador, desde cada posición y según la perspectiva.²⁰⁶

La representación se realiza por la tecnología que se emplea, tanto para conectar al usuario con la computadora, como a través de la que utiliza internamente el ordenador; las cuales funcionan como canales que facilitan la expresión del lenguaje corporal, de gestos y demás reacciones del operador, que el sistema provoca a través de numerosas señales enviadas. Se puede indicar entonces, "que hay dos procesos de representación combinados: el de un entorno ficticio a través de la máquina y el del mundo real a través del mundo ficticio (o a través de la máquina, que es lo mismo). La naturaleza de estos dos procesos es muy diferente."²⁰⁷

²⁰⁹ La representación consiste en "presentar nuevamente; cualquier acción que consista en reemplazar un objeto (u otro fenómeno) que asegure entre ambos una cierta correspondencia de propiedades, de tal modo que pueda establecer con el sustituto interacciones diversas que equivalgan a aquellas que se tendrían con el sustituido. La representación pone en correspondencia un representante y un representado" Claude Cadoz. Las Realidades Virtuales. p. 113.

²⁰⁶ Miguel Angel Casanova González. Realidad Virtual. p. 27.

²⁰⁷ Claude Cadoz. ob. cit. p. 74.

Una forma de representación se basa en sustituir el objeto que se quiere representar por un objeto considerado idéntico, es decir, se recurre a la representación icónica²⁰⁸ cuando se le da a la máquina los datos del mundo virtual; de esta forma lo representado y el representante tienen características en común, una relación de semejanza. El ordenador con el uso de periféricos reemplaza las relaciones del mundo cotidiano con un entorno virtual; por lo tanto, la máquina interviene en diversos aspectos como el de la acción, el de la síntesis de imágenes y el de representar finalmente un entorno virtual con el cual, hace que el usuario establezca una comunicación directa con ese mundo evocado, generándose una interacción efectiva; medio en que el hombre extiende su universo real.

"El ordenador inaugura una nueva era de la tecnología cuya primera característica fundamental es quizá la síntesis esencial entre el signo y el acto, entre la representación y la acción."²⁰⁹ En la representación, sólo se puede interactuar con el presente o en el momento mismo de la acción. Para la elaboración de la representación se utilizan las mismas condiciones de las representaciones mentales del hombre, las cuales son anteriores al proceso de interacciones que se produce en la RV.

Una etapa fundamental de la representación es la modelización, que consiste en sustituir los objetos iniciales por otros objetos contruidos; prolonga la transmisión espacial y temporal; se logra una forma de conocimiento. Por la modelización, el hombre penetró en un mundo distinto, el de los objetos que no existen y a través de este fenómeno realizado, percibido, logró un proceso de creación y al mismo tiempo de interacción.

El universo presentado es el universo concreto (humano, físico...) tal como se presenta a nuestros sentidos y a nuestras conductas naturales. El mundo ficticio tiene la misma naturaleza. Se obtiene por la construcción directa y

²⁰⁸ "La primera herramienta de comunicación que el hombre inventó fue el grafismo, ya sea para dibujar o para escribir... El dibujo, al igual que todas las formas de representación icónica, la pintura, el grabado, la escultura, ha permitido perpetuar lugares, escenas, situaciones más o menos importantes. Aparecieron después las primeras <<tecnologías contemporáneas>> de la comunicación, que permitieron la fijación, y luego la transmisión, de los fenómenos que se dirigen a nuestros sentidos: la fotografía, el cine, la televisión, la fonografía, la telefonía, la radiofonía, la grabación magnética del sonido, y después de la imagen... Con el ordenador se lleva a efecto hoy una verdadera mutación." Claude Cadoz ob. cit. pp 70-71.

²⁰⁹Claude Cadoz. ob. cit. p. 101

material (sin intervención humana) a partir del mundo real con, naturalmente, una reducción originada en los límites materiales de los transductores y en los medios de transmisión. La construcción del mundo ficticio se realiza en el mismo tiempo de la experiencia, en un único y mismo lazo. La interacción con el mundo real es también directa y se realiza durante y por la interacción con la representación.²¹⁰

En los sistemas de RV, se presenta una correspondencia biunívoca entre la representación y la realidad que aquélla se propone representar, tomándose en cuenta, la relación operativa del hombre con el mundo; aunque cabe aclarar, que en muchas ocasiones, la representación puede estar basada en hechos ficticios o irreales, dándose la condición de virtualidad, porque es el propio ser humano quien propone y realiza la representación.

Las realidades virtuales deshacen nuestro vínculo con el mundo de las cosas y de los cuerpos, disminuyen cada vez más nuestras posibilidades de experiencia con el universo físico... es evidente que meterse en una realidad virtual no es igual que hacerlo en una realidad real. Pero teóricamente nada impide aceptar que nuestra interacción con la primera nos ayuda a adquirir nuevos conocimientos sobre la segunda... en las dos realidades se encuentran, en efecto, elementos que tienen al menos una propiedad común: la propiedad que permite al observador reconocer una realidad como plausible representación de la otra, esa propiedad se explica en primer lugar por la correspondencia (y en consecuencia, por la compatibilidad) estructural entre las dos realidades, una relación que en la terminología de los conjuntos podría explicarse como una intersección de dos subconjuntos pertenecientes a un mismo conjunto ambiente... percibir las dos realidades como si fueran idénticas (o casi idénticas), por más que no lo sean, implica que en ambos casos entran en juego funcionalmente las mismas estructuras neuronales del cerebro del observador y las mismas estructuras de constituir categorías.²¹¹

²¹⁰ibidem pp. 91-92.

²¹¹Tomás Maldonado. Lo Real y lo Virtual pp. 76-77.

De esta manera, la representación es un reflejo y sustitución de la realidad, sitio abstracto, que como una llave, abre la oportunidad de que la virtualidad sea materializable con la ayuda del ordenador; y con esta serie de imágenes representadas (ambiente en el que se incluye luz, sonido, visión estereoscópica, tridimensionalidad y claves físicas y psicológicas), el operador penetra un mundo que le hace percibir como si fuese "real" o verosímil.

3.2 La interacción.

La interacción,²¹² etimológicamente se define como la acción que se ejerce recíprocamente entre dos objetos; agentes, fuerzas, funciones, etc.; del latín *inter*, preposición inseparable que significa entre o en medio. En la RV, la interacción se produce por la capacidad de respuesta de ambos actores, que según al modelo comunicativo de la teoría informativa se fundamenta en la emisión y recepción de mensajes, es decir, por las órdenes que comunica la fuente, y del control y envío de información por parte del destino; lo que permite suponer que por la interacción del hombre con la máquina, se produce consecuentemente una forma de comunicación específica, basada en este intercambio de señales.

Si la realidad virtual se limitara a repetir situaciones ante un espectador no dejaría de ser un medio convencional. Su verdadero interés radica en las posibilidades de interacción que abre a los usuarios. Ellos toman decisiones, marcan rutas y maneras de proceder, demuestran sus conocimientos o sus yerros en la representación de situaciones, vividas en la conciencia de manera muy similar a los auténticos hechos de la experiencia.²¹³

En el usuario se presenta un vínculo activo-perceptivo por la facilidad de "navegación" en el mundo virtual, tal como sucede, en la interacción con los objetos físicos, relación efectuada a partir de tres lazos: del gesto a la vista, del gesto a la audición y del gesto a la percepción táctilo-propio-cinética, es decir, nudos de interacción multisensorial. Estos

²¹² "Interacción (o interactividad) acción o actividad mutua de un agente (el hombre o la máquina) sobre o con otro (igualmente hombre o máquina), que implica a ambos en un proceso de ida y vuelta." Claude Cadoz. ob. cit. p. 111

²¹³ Rafael Muñoz Saldaña. Información Científica y Tecnológica. p. 25.

lazos producen en el receptor y en el emisor una interacción técnico-científica denominada cibercomunicación.

Los objetos así simulados son entonces manipulables y perceptibles (visual, acústica y táctilmente) gracias a tres categorías de transductores²¹⁴ (gestuales, visuales, acústicos) que dan el equivalente sensible de los fenómenos calculados por el programa. Permiten crear sonidos musicales, imágenes animadas, escenas a la vez visuales y sonoras.²¹⁵

Con respecto al olfato, durante años fueron investigados los conceptos de Olorvisión (Smellovision) y Aromarama, que con el dispositivo del Sensorama de Heilig, patentado en 1962, por vez primera se utilizó el olor de manera comercial. Otros experimentos posteriores, en los que se puso a prueba el sentido del olfato, fue con la película "Polyester" de John Waters en 1981, en la que se entregó al público una tarjeta para rascar y oler, especificándoles qué sección de la tarjeta deberían frotar durante ciertos momentos de la cinta. Al rascar la tarjeta reproduciría o propagaría olores asociados con ropa sucia, comida, perfumes, etc., situación que no prosperó.

El problema con el olfato en la realidad virtual es que no puede ser reproducido por medios electrónicos. El olfato depende de la interacción de partículas moleculares con los sensores de la nariz. Con la excepción de la estimulación directa del cerebro (lo que ciertamente está fuera del alcance de la realidad virtual), la única manera para crear sensaciones olfatorias (o una imitación aproximada) es la de introducir el verdadero olor en las mismas narices. Esto necesitaría depósitos de gases olorosos que alimentarían el casco HMD, una técnica que por lo menos resultaría engorrosa.²¹⁶

²¹⁴ "Transductor: dispositivo tecnológico que da de un fenómeno físico una imagen que contiene la misma información de otro fenómeno físico." Claude Cadoz. ob. cit. p. 115

²¹⁵ Claude Cadoz. ob. cit. p. 59.

²¹⁶ Nicholas Lavroff. Mundos Virtuales. Realidad Virtual y Ciberespacio. p. 44

La interacción en los sistemas de RV se genera a partir de tres entidades: la máquina, el entorno y el hombre. La máquina es el medio de representación; un entorno simulado, cuyas propiedades y características son definidas; y el usuario, en interacción con la máquina y el entorno evocado.

Puesto que la máquina tiende a interponerse en la casi totalidad de nuestros actos con el entorno, el hombre quiere otorgarle un estatus especial. Utilizándola como medio de interacción con el mundo real, pretende que por esta misma función se comporte como una representación con la cual él pueda establecer relaciones absolutamente idénticas a las que mantendría con su entorno natural con ayuda de sus medios naturales.²¹⁷

La interacción permite un lazo activo-perceptivo, y vincula al usuario con la máquina por medio de distintas interfaces²¹⁸ que se cierra en el programa de la computadora. El ordenador es el medio de representación que sustituye al mundo real por uno virtual; por lo tanto, la relación del hombre con su entorno se transforma, y se instaura una dualidad de interacciones: 1.) entre el hombre y la máquina, y 2.) entre la máquina y el entorno.

La tecnología de la RV ofrece la oportunidad para "sumergir" los sentidos del usuario en los mundos generados por el poder de la computadora: esta es una fantasía psicológica que el usuario percibe como experiencias nuevas, porque penetra en un medio virtual con las herramientas necesarias para explorarlo (sistema de procesamiento y equipo periférico).

En la RV, "también se puede asignar a personas u objetos virtuales atributos lógicos como el peso, el aspecto físico, la gravedad y la movilidad. La realimentación electrónica basada

²¹⁷ Claude Cadoz ob cit. p. 72.

²¹⁸ "Interface órgano material que asegura la relación entre el hombre y el ordenador o entre dos elementos del sistema informático" Claude Cadoz ob cit. p. 111

"Interfaz. Cualquier cosa que se utilice -una parte del equipo o una opción del menú- para conectar al usuario con un programa, cualquier cosa que se utilice para conectar una computadora con un dispositivo interno (generalmente es una tarjeta insertada en la unidad de computación) como una impresora, un modem o una red." L. Casey Larjani. Realidad Virtual p. 220

en estas cualidades refuerza la experiencia llegando a convencer de que algo está ocurriendo realmente".²¹⁹

En los sistemas de RV, el visiocasco es clave para este tipo de experiencia porque es un periférico de salida visual, que está dotado de un sensor o transductor, el cual informa al ordenador sobre la posición y orientación de la cabeza de su portador. También permite al ordenador captar los movimientos de la cabeza del usuario, y a su vez representa la primer entrada en la interactividad y desde luego en la comunicación del cerebro electrónico con el humano.

La interacción es considerada como "la estrecha combinación de nuestros actos y nuestras percepciones, condición fundamental de nuestro conocimiento del mundo real. La percepción, al igual que la cognición de una manera general, es un proceso permanentemente activo".²²⁰

La tecnología al ser un instrumento cognoscitivo, que contribuye a infinidad de cambios en la vida material y en el pensamiento humano, aplicada a la RV es muestra de un laborioso diálogo usuario-ordenador, de una "simbiosis hombre-computadora" como lo previó Licklider; posteriormente, con el "Sketchpad" de Sutherland, programa que marcó la primera interfaz de comunicación del hombre con la máquina y que tuvo como base el grafismo computarizado; asimismo, el uso que Engelbart dio a los ordenadores como "amplificadores de la mente", fueron hechos que marcaron desde entonces, la interacción.

"Como lo han señalado Allen Newell y Herbert Simon, toda tecnología es conocimiento, es decir, resultado del pensamiento. Entre lo mental y lo material hay, pues, una sutil relación dialéctica, una relación de interdependencia y de interacción".²²¹

²¹⁹ L. Casey Larijani ob. cit. Prólogo p. XII.

²²⁰ Claude Cadoz ob. cit. p. 23.

²²¹ Tomas Maldonado ob. cit. p. 17

3.3 Comunicación: hombre-máquina.

La RV, es una forma de representación abstracta, en el ambiente virtual se produce el fenómeno interactivo entre el sistema perceptual del usuario y las operaciones gráficas computarizadas; estas últimas tienen la característica de tridimensionalidad lo que hace que la ilusión de realidad sea lógica. Así el sistema periférico se convierte en una herramienta indispensable que el operador utiliza como extensión de sus articulaciones. Este proceso conduce a que se genere cibernéticamente una interrelación, y, por lo tanto, una comunicación del hombre con la máquina.

En la representación de una RV (realización),²²² el usuario toma un papel activo y participativo, involucrándose en el mundo virtual creado por la máquina, con la cual se comunica a través del diseño y uso de interfaces; estos factores facilitan el entendimiento hombre-máquina. Se trata de una interdependencia entre el usuario y el sistema, tal como sucede con los gráficos tridimensionales.

Se incluyen en la categoría de las realidades virtuales todas las imágenes simuladas de la gráfica computarizada en la cual mediante la acción interactiva del operador, se cumplen variaciones dinámicas de posición, de forma y de color. Es indiscutible que en este género de imágenes la virtualidad está presente, sobre todo si se piensa que la "dinámica del movimiento" (motion dynamics) desempeña en ellas una parte esencial. En verdad, en esas imágenes, por ejemplo, los objetos simulados pueden hacerse mover o girar respecto de un observador fijo o bien que permanezcan inmóviles, mientras el observador se mueve alrededor de ellos.²²³

Por su parte, los músculos y articulaciones que reaccionan o responden a estímulos son denominados propiorreceptores; el cuerpo actúa como receptor de estimulaciones

²²² "Transformar datos en objetos visualizables que puedan ser manipulados se llama realización y nos referimos a los objetos como objetos <<virtuales>>. La realización también se denomina virtualización. Ambos términos también se refieren a un mundo formado por dichos objetos; en otras palabras, el mundo virtual o el escenario entorno virtual." L. Casey Larijani. ob. cit. p. 9.

²²³ Tomás Maldonado. ob. cit. p. 102.

sensoriales simultáneas, provocadas por las señales conducidas por el sistema periférico. Es por ello que los investigadores se refieren a experiencias visuales, propioceptivas y auditivas en entornos virtuales.

Cuando nos comunicamos con alguien a través del ordenador, o por teléfono, estamos obligados a utilizar el símbolo base: las palabras. Pero las palabras son limitadas. Es imposible expresar totalmente la continuidad de los gestos y de las formas por la discontinuidad de las palabras. En la realidad virtual podemos entrar y comunicarnos en directo con todo nuestro cuerpo.²²⁴

El programa de investigación francés ACROE (Association pour la Création et la Recherche sur les Outils d'Expression), tuvo como fin desde finales de los 70_s, unir el gesto con la expresión visual y acústica, percatándose de que la transmisión del gesto como medio para vincular la imaginación con la habilidad de los ojos y manos con herramientas computarizadas, era el medio especial para que se manifestara la interacción y comunicación hombre-máquina; como también Krueger había captado esa idea. A partir de la creación de instrumentos musicales enfocaron el problema conductor para analizar los elementos de la comunicación gestual, a través de la síntesis del sonido y del instrumento.

En 1978, Cadoz y Florens crearon un dispositivo unidimensional en el cual los motores ejercían una fuerza resistente a una masa que el operador pudiera deslizar a lo largo de una barra y sentir la resistencia como un objeto virtual con grados de elasticidad variable. Estudiando la forma en que operan las fuerzas amortiguadoras, las masas y los resortes en una dimensión, empezaron a especificar qué necesitarían para un dispositivo que actuara a modo de transductor gestual (un medio para convertir los gestos humanos en datos de computadora) y un mecanismo de realimentación táctil (un medio de crear representaciones táctiles de objetos virtuales). Estaban apuntando a un dispositivo que simulara lo que llamaban el gesto instrumental... a principios de los años 80, construyeron un transductor gestual de segunda generación.²²⁵

²²⁴José A. Mayo Muy Interesante. "Vienen los cibernautas". p. 20.

²²⁵Howard Rheingold Realidad Virtual. p. 345.

En la interdependencia de los sentidos (sistema perceptual) con la máquina, la vista es el primer órgano receptor de las señales, porque el ojo es un canal de comunicación, que sirve de enlace o puente de unión con la información de carácter gráfico mostrada en el visiocasco. Lo que el usuario ve son imágenes²²⁶ y de acuerdo a las órdenes (señales-mensaje) que reenvía, captadas por el receptor o computadora, las interpreta, generándose un ciclo continuo de transmisión de información-comunicación en que el usuario logra una inmersión sensorial proporcionada por la RV.

Una computadora diseñada para desarrollar imágenes buenas y en rápida sucesión debe tener gran potencia y velocidad además de buenos recursos de visualización. En cada instante de tiempo estas tecnologías están en diferentes fases de desarrollo. Su coordinación conlleva irregularidades en el tiempo en la calidad. Para crear mundos virtuales, cada una de las tecnologías involucradas debe alcanzar en cada fase una intensidad y unos recursos que puedan ser utilizados de manera efectiva junto con las demás. La convergencia debe dar como resultado una inmersión que tenga las siguientes características:

- Sea percibida como auténtica;
- Permita la interacción intuitiva y responda a ella rápidamente;
- Esté definida y enfocada, incluso como medio de entretenimiento;
- Facilite la recopilación, percepción y análisis de datos.²²⁷

Indudablemente, lo expuesto anteriormente, sugiere que las interfaces que utiliza tanto la computadora como la percepción humana, facilitó la comunicación hombre-máquina, intersección fundamental del desarrollo de la RV, en que se produce un tipo de interacción.

²²⁶ Una de las características esenciales de cualquier sistema de RV es el número de imágenes por segundo que el sistema es capaz de calcular... La velocidad de generación de las imágenes puede ser sincrónica o asincrónica. En los sistemas sincrónicos, se fija de antemano una tasa de generación de imágenes, y la carga del sistema se calcula para que dicha tasa se alcance. Así, si se fija una velocidad de 10 imágenes por segundo, el sistema dispondrá de 100 mseg. antes de presentarla en la pantalla... En los sistemas asincrónicos, el sistema calcula la nueva imagen y, tan pronto como ha terminado, la presenta en pantalla y comienza con la siguiente. El esquema tiene la ventaja de que no hay tiempos muertos, ni tampoco temporizaciones estrictas con las que el sistema tenga que cumplir." L.M. Del Pino González. Realidad Virtual. p. 37.

²²⁷ L. Casey Larjani. ob. cit. p. 2.

Pues a través de ellas, se asegura una correlación directa de un campo perceptivo humano, y al mismo tiempo de un sistema de procesamiento a disposición de la dirección del usuario involucrado en el fenómeno.

3.4 El ciberespacio.

Diarjamente, millones de usuarios penetran y se abren camino en el ciberespacio^{22*} como parte de su cotidianeidad, mundo informático del que se extraen infinidad de datos de la computadora, los cuales al ser traducidos en representaciones gráficas y al combinarse con la inmersión de los sentidos, el ciberespacio se convierte en un medio en el que el operador experimenta la simulación de un ambiente hiperreal, de ese lugar abstracto que sólomente se encuentra al otro lado del ordenador y propicia una inmersión perceptual; es la combinación inmejorable de los cerebros electrónico y humano.

Es en el ciberespacio: intersección de la estereoscopia y la simulación, donde se desarrolla la experiencia comunicativa; el usuario, inmerso en el mundo virtual, ordena, dirige y controla el sistema de procesamiento. Esta factibilidad, de utilizar el ciberespacio como un espacio de comunicación, fue sugerido por Krueger y Negroponte en la década de los 70's; metamedio que origina una forma singular de interacción con las computadoras.

La experiencia del ciberespacio está destinada a transformarnos de otra manera, porque es un recuerdo innegable de un hecho que ignoramos y negamos por hipnotismo desde el nacimiento, y es que nuestro estado normal de conciencia es de por sí una simulación hiperrealista. Nosotros construimos modelos del mundo en nuestra mente, usando los datos que provienen de los órganos de nuestros sentidos y las aptitudes de procesamiento de información de nuestro cerebro. Por lo general pensamos en el mundo que vemos como "eso que está fuera", pero lo que vemos en realidad es un modelo mental, una

^{22*} Randal Walser, programador de ciberespacios de la Autodesk, afirma que en el ciberespacio "una sensación de presencia corporal se une con una gran plasticidad de representación corporal, es un asunto de consecuencias potencialmente profundas... el ciberespacio es intrínsecamente un medio teatral, en el cual la gente participa de actos que tienen estructura dramática y emociones". Howard Rheingold. ob. cit. p. 200.

simulación perceptual que existe sólo en nuestro cerebro. Esa aptitud para la simulación es el sitio en que las mentes humanas y las computadoras comparten un potencial para la sinergia... la simulación ya no es la de un territorio, de un ente referencial, de una sustancia. Es la generación mediante modelos de algo real sin origen o realidad: algo hiperreal.²²⁹

La palabra ciberespacio (cyberspace) ha originado otros neologismos: Cyberspaceian, cyborg, cyberpunk, cybernaut, cyberdeck, cybersex, cybertech, cyber world, cyberentities, etc.; términos en que el prefijo cyber, proveniente del griego, significa timonel, en el cual es precisamente el usuario quien toma el mando, "navega" e interactúa con el entorno.

No hay duda de que algunas disquisiciones teóricas de los partidarios del cyberspace son comparables, toutes proportions gardées, con no pocas de las complejas elaboraciones conceptuales que se encuentran en los Enneades de Plotino. Por ejemplo, la idea de una realidad virtual entendida como una fuga del mundo real hacia lo virtual puede entenderse como una fuga ascendente liberadora, hacia lo absoluto, sobre todo si esto se teoriza como algo que acaece mediante una "descorporalizada sensorialidad humana" (disembodied human sensoria), es decir, mediante una sensorialidad que las técnicas digitales avanzadas han hecho autónoma respecto del cuerpo.²³⁰

Con el ciberespacio se crea un nuevo universo de comunicación cibernética, un espacio de comunicación que incluye la percepción del cuerpo virtual del operador: comunicación extracorpórea dentro de ese espacio abstracto producido por la computadora, en el que a la vez se eliminan barreras entre el usuario y el ordenador, se produce una interconexión, introduciéndose dicho usuario para mirar su entorno virtual como si fuese un espejo, metáfora de la interacción, diálogo existente en que ordena, percibe y recibe respuesta del sistema. Es en el nuevo mundo del ciberespacio donde todo es posible, donde se manifiesta un lenguaje corporal "descorporalizado", y donde el operador inmerso tiene experiencias multisensoriales "reales".

²²⁹Howard Rheingold. ob. cit. pp. 402-403

²³⁰Tomás Maldonado ob. cit. p. 64.

Todo esto alude

el éxtasis plotiniano, la fuga de lo sensible hacia lo inteligible... para los cyberspaceians -como antes también para los místicos-, el cuerpo descorporalizado continúa siendo un problema porque, se quiera o no se quiera, en el espacio que ellos llaman poscorporal, el cuerpo, si bien ilusorio, continúa existiendo y obrando como un cuerpo real, con los mismos deseos, necesidades, placeres, anhelos, pulsiones, sufrimientos y frustraciones.²¹¹

A ese mundo artificial se denomina ciberespacio, mundo virtual que se asemeja a la realidad, RV que hace posible la representación de todo lo inimaginable en imaginable, de experimentar situaciones que antes eran imposibles, de un usuario descorporalizado que implica una dualidad de presencia-ausencia, en que "navega", manipula su entorno a la vez que interactúa tal como si lo hiciera en el mundo real.

3.5 Realidad virtual: medio de comunicación.

La RV es un nuevo medio creativo de comunicación interactiva, en cuya representación, el primer actor (el usuario) comunica, mientras que el segundo (la máquina), informa; unión que resulta por el intercambio de mensajes que se efectúa en el ciberespacio, punto de intersección de ambos actores. En este modelo de comunicación, la tecnología de las interfaces permite compartir señales como forma del lenguaje e interpretación de ambos actores que codifican y decodifican un código establecido, así como por el grado de interiorización en que el usuario, al sumergirse se acopla en el mundo virtual, fomentándose una intercomunicación con el ordenador; vínculo que se produce de manera directa con el sistema periférico²¹² (dispositivos de entrada y salida, que fungen como canales al asumir una doble función: un tráfico de señales en dos direcciones, a y de la

²¹¹ Idem.

²¹² "Los periféricos de los sistemas de realidad virtual permiten una relación más natural con los ordenadores, utilizando gestos y acciones cotidianos para comunicarnos con la máquina. La realidad virtual supone, pues, el paso siguiente a las interfaces gráficas de ordenador tradicionales... un periférico de realidad virtual es un dispositivo electrónico que permite al cibernauta sentirse inmerso en el mundo virtual e interactuar con los objetos" Miguel Ángel Casanova González. ob. cit., pp. 22-23.

computadora), que utiliza el cibernauta²³³ para sentirse inmerso e interactuar con los objetos virtuales del ciberespacio.

Con la serie de dispositivos de entrada, mediante los que el usuario comunica sus órdenes al sistema, o que el sistema utiliza para obtener información del entorno, por ejemplo la posición del usuario.

Una serie de dispositivos de salida, que el sistema emplea para proporcionar al usuario información acerca del mundo virtual y provocar en él determinadas sensaciones.

Una estación de procesamiento, encargada de realizar las tareas de simulación, y el control de la entrada y salida de los datos.²³⁴

En un sistema de RV es forzosa una reciprocidad entre los datos e instrucciones introducidos al ordenador, que es la parte de la entrada de la interfaz, y la manera en que la computadora muestra al usuario los resultados de los cálculos es la salida de la interfaz.

La clase de datos que alimentan un sistema de RV, se basa en señales generadas por el sistema periférico que tienen como finalidad precisa, facilitar y abastecer de información necesaria al operador para que le permita el control y la regulación del sistema virtual a través del mecanismo de realimentación²³⁵ como lo indica la cibernética. Situación que se verifica con los dispositivos de entrada y de salida, como a continuación se ejemplifica.

Con el guante de datos, como dispositivo de entrada, el usuario transmite sus órdenes apoyado en los comandos de navegación, de interacción con los objetos y de la

²³³ "El usuario que utiliza un sistema de realidad virtual se llama cibernauta. El cibernauta, inmerso en el mundo virtual, puede navegar por él interactuando con los objetos y seres virtuales, asociados o no a objetos o seres reales." Miguel Angel Casanova Gonzalez. ob cit. pp 13-14

²³⁴ L.M. Del Pino González ob cit p 34

²³⁵ Realimentación, conocida también como retroalimentación o retroacción o feed-back (literalmente, alimentación de retorno). "Feed-back Expresión inglesa con la que, en comunicaciones, se denomina la circulación de informaciones que parten del sujeto receptor del mensaje y se dirigen al sujeto emisor. Es decir, que suministra información en el sentido inverso al impuesto por la lógica del proceso informativo. En cibernética, se denominan así el principio y el aparato que permiten, en determinadas condiciones, efectuar una marcha atrás hasta distintos puntos de las fases iniciales del programa." Teoría de la imagen. Biblioteca Salvat de grandes temas. p. 142.

manipulación del estado del sistema, lo que implica el control de los dispositivos al ser aceptadas y decodificadas las señales para su comunicación. El guante transforma las manos de su operador en manos virtuales. Al ponérselo, la imagen de su mano computarizada aparece y le permite tocar los objetos representados. Aunque es la mano virtual la que los está tocando, la mano física percibe la misma sensación que si los tocara realmente.

Este dispositivo consiste en un guante que emplea técnicas electrónicas para obtener la posición y orientación de la mano que lo lleva. Mientras la mano se mueva en tres dimensiones, el guante envía una corriente de datos electrónicos al ordenador en forma de coordenadas tridimensionales. El ordenador utiliza entonces los datos para manipular un objeto en la pantalla. Por ejemplo, puede mover su mano como si rotara un cubo en el espacio.²³⁶

Con el visiocasco o HMD actúa como dispositivo de salida, por medio del cual, el sistema aporta información generada por el intercambio de señales, entre la máquina y el hombre, entre el usuario y la RV, produciéndose un proceso comunicativo que se ve reforzado por la realimentación de emisor-receptor y por consiguiente, de receptor a emisor tal como lo presupone la teoría informativa y al mismo tiempo, un modelo de comunicación circular, cerrado hombre-máquina con base en el estudio cibernético, lo cual refleja una de las etapas más importantes de intercomunicación.

Una de las funciones del visiocasco como dispositivo de presentación es mostrar la información de carácter gráfico al usuario, es decir, en la pantalla se exponen imágenes tridimensionales que son percibidas directamente por el sentido de la vista. Se produce una comunicación visual en la que se empalma estrechamente la mente humana y las posibilidades computacionales, principio básico de la RV.

Suceden dos hechos de gran importancia cuando los ojos se enfocan en un objeto. Primero, los ojos convergen de manera que el objeto está en la línea de

²³⁶Nicholas Lavroff. ob. cit. p. 28

visión directa de cada ojo. Esta convergencia binocular se produce a través de los músculos que controlan el movimiento del ojo, y suministra al cerebro la retroalimentación necesaria en relación a la distancia relativa con respecto al objeto: cuanto mayor sea la convergencia, más cercano estará el objeto. El cerebro se apoya en la retroalimentación propioceptiva que envían estos músculos, mayor será la convergencia, y así sucesivamente (la propiocepción es simplemente la percepción por parte del cerebro del estado del cuerpo, por ejemplo su postura u orientación).

Segundo, cada ojo recibe una imagen del objeto ligeramente diferente de la otra. así, el ojo izquierdo ve un poco más del lado izquierdo del objeto que el ojo derecho, que ve un poco más del ojo derecho de dicho objeto. El cerebro utiliza el paralaje binocular para hacer una interpretación más exacta de la distancia relativa del objeto. Estos dos factores combinados forman la base de la estereopsis, o sensación binocular de la profundidad.²¹

En este tipo de comunicación hombre-máquina, resulta esencial la retroalimentación que se verifica, en los demás dispositivos de salida, lográndose no sólo una forma de comunicación propiciada por las señales, sino también por la regulación y el control eficaz del sistema.

Con los dispositivos de audio se genera información sonora, a través de señales acústicas que el usuario recibe por dispositivos o displays colocados en el visiocasco, como el Convoltron, útiles en la transmisión y reconocimientos de información continuamente cambiante, o también accede a que los efectos físicos sean perceptibles auditivamente, lo que contribuye a dar mayor realismo a la escena; por lo tanto, el sonido asegura al usuario una realimentación con la que comprueba el desarrollo de sus acciones.

La inclusión del sonido en un sistema de realidad virtual añade una dimensión real adicional al entorno, de la misma forma que el añadir el sonido sincronizado otorgó una nueva dimensión a las películas a partir de los años

²¹Ibidem. pp 34-35

30. Un dispositivo desarrollado por Crystal River Engineering y llamado Convotron utiliza 128 o más procesadores para producir un entorno auditivo tridimensional.²³⁸

Con los dispositivos de realimentación táctil, el operador interactúa con el mundo virtual y recoge información del entorno captándola con los dedos u otras partes del cuerpo. Inmerso en el ciberespacio el usuario "toca" o "mueve" con las puntas de sus dedos un objeto virtual, del cual percibe sus características (rugosidad, temperatura, textura, dureza o suavidad) por medio de sensores que son colocados sobre su piel; de esta manera un dispositivo de realimentación táctil le indica la posición más cercana de la mano hacia el objeto para poderlo tomar.

Entre los dispositivos comerciales de realimentación táctil podemos citar el sistema Ti Ni Alloy, comercializado por la empresa americana Mondo-tronics. Este sistema utiliza unos botones de 20 x 9 mm. que hacen presión sobre la piel bajo comando de una unidad de control, que se conecta al ordenador a través del puerto serie. Los botones pueden montarse, por ejemplo, en un electroguante o en un guante convencional.²³⁹

Otra de las cualidades del sentido del tacto, es la percepción que siente el cuerpo de los efectos producidos por la fuerza de gravedad que se refleja en distintas presiones sobre los receptores de la piel. La sensación de gravedad es usada por los simuladores de vuelo y de conducción sobre el cuerpo para engañarlo y hacerle creer que se mueve, siendo esto falso. Cuando se inclina el asiento del conductor hacia la izquierda se genera la sensación de un vehículo que gira hacia la derecha. Al inclinar el asiento hacia atrás se produce la sensación de aceleración, cuando se inclina hacia adelante se percibe el frenado o desaceleración.

Otro aspecto del sentido del tacto (y el candidato con más posibilidades a lo que podría ser un "sexto sentido") es la propiocepción, la retroalimentación

²³⁸Ibidem p 41

²³⁹L. M. Del Pino González ob cit p 68

que suministra nuestro cuerpo acerca de su estado, postura y posición en un momento dado.

Por ejemplo, cuando alguien se inclina para recoger algo del suelo, el cuerpo le comunica que se ha inclinado, no sólo a través de señales acústicas, sino a través de la retroalimentación sensorial asociada a dicha postura. Sentirá los efectos de la gravedad en el oído interior, la tensión en los músculos, la sangre que va al cerebro, y así claramente se ve que existen ciertas sensaciones asociadas al hecho de inclinarse que son distintas a las sensaciones asociadas con el caminar o el sentarse.²⁴⁰

Además de la propiocepción, el usuario explora con el sentido del tacto el mundo virtual, lo cual provoca que deje su estado contemplativo para crearle una experiencia "realmente" interactiva. Por otra parte, en el visiocasco, la máquina da respuesta al proveer toda la información gráfica, auditiva y cinestésica al usuario, es decir, se efectúa una forma de comunicación que se ve reforzada por el mecanismo de realimentación, que facilita un intercambio de mensajes en el ciberespacio, donde se realiza una interrelación entre el operador y la máquina a través del sistema periférico. Por lo tanto la RV es un medio de comunicación que enriquece las experiencias vivenciales del usuario con la realidad real (relación entre el hombre y su entorno social).

3.6 Modelo matemático de la teoría de la información.

La RV para su funcionamiento y desarrollo se apoya en diferentes disciplinas, tales como la ingeniería, matemáticas, física, informática y demás ciencias computacionales. Asimismo, de modo riguroso, se puede verificar también que para la transmisión de señales electrónicas (de un emisor a un receptor, proceso bidireccional, en que también el receptor se vuelve emisor), representa una medida de probabilidad en términos de cantidad de información, para lo cual es necesario recurrir al basamento teórico que presenta la teoría de la información.

²⁴⁰Nicholas Lavroff. ob. cit. p. 43.

El modelo comunicativo de la teoría de la información, aplicada a la RV, tiene como finalidad, que la información generada, que ha de ser comunicada, debe involucrar a una fuente y a un destino; actores donde se origina la cadena de señales que los interrelaciona en un nexo de comunicación, como se explica a continuación:

Para que la información o mensaje (conjunto de secuencias de señales), transite por algún canal de comunicación, es necesaria una simbolización o notación, la cual es manejada en bits²⁴¹, es decir, dos señales para cada bit: sí/no ó 1/0. Dicha operación recibe el nombre de codificación y quien o lo que la realiza es la fuente o usuario a través de las órdenes que emite por los dispositivos de entrada (electroguantes, trajes, joysticks 3D, etc.).

En el punto de destino o máquina receptor que descifra y convierte la información, al aceptar o no la orden del usuario (traducida en señales sucesivas), las ha decodificado según el número de bits por medio de los dispositivos de salida (visiocascos, sistemas binoculares, gafas estereoscópicas, etc., dispositivos típicos de presentación); retransforma la información en nuevas señales para retornar el mensaje a la fuente.

Los dispositivos de entrada y salida toman el papel de canales de comunicación, a través de los cuales se realiza el mecanismo de feed-back o retroacción, por la información bidireccional ejecutada de la fuente al destino y del destino a la fuente, es decir, un flujo constante de señales, que al hacer contacto con los dos puntos importantes (usuario-computadora) permite la interacción y comunicación en la RV.

La retroalimentación es un método para regular sistemas introduciendo en ellos los resultados de su actividad anterior. Si se utilizan estos resultados como simples datos numéricos para corregir el sistema y regularlo, tenemos la

²⁴¹ "La elección más simple entre dos posibilidades iguales es la alternativa sí/no. Sirvan de ejemplos cara/corona y el interruptor de la luz (abierto/cerrado). La cantidad de información producida por esta elección puede ser considerada como unidad básica y es denominada <<binary digit>> (dígito binario) o simplemente bit. Bit, medida unitaria de la información. En el código binario, esta alternativa básica viene dado por 1 y 0, teniendo en cuenta, principalmente, la condición del circuito eléctrico (abierto/cerrado, conectado/desconectado) y sus aplicaciones en el campo de la electrónica (computadoras electrónicas, en particular)." Decio Pignatari. Información, lenguaje, comunicación, p. 37.

sencilla retroalimentación de la ingeniería que se ha dado en llamar de control. Sin embargo, si la información que procede de los mismos actos de la máquina pueden cambiar los métodos generales y la forma de actividad, tenemos un fenómeno que puede llamarse aprendizaje.²⁴²

Con respecto a la entropía, en el sistema de RV, el fenómeno surgirá por la insuficiencia de información del emisor al receptor y viceversa, es decir, con el aumento de la entropía, la información disminuye; y en sentido inverso, cuando la información fluye hacia ambos actores o sistemas, la entropía tenderá a desaparecer para generarse una serie de mensajes.

La cibernética se ocupa de los sistemas en que la entropía no aumenta sino que, por el contrario, disminuye. Al mismo tiempo que se reduce la entropía en el sistema, crece su facultad de obtener y transformar la información. La creación de información dificulta el aumento de entropía.²⁴³

Esto conlleva la condición de que para evitar la pérdida de la transferencia de información durante el recorrido en el modelo de comunicación, la cantidad de mensajes emitidos no debe exceder la capacidad del canal físico, en términos de volumen de información, es decir, su capacidad para transmitir las señales que proceden de algún emisor. Lo cual logra reducir o eliminar la entropía, conocida por los cibernéticos como negentropía o entropía negativa, lo que facilita la dirección y control del sistema de RV.

Por su naturaleza, los mensajes son una forma y una organización. Efectivamente es posible considerar que 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.

²⁴²Norbert Wiener. *Cibernética y Sociedad* p 56

²⁴³A. V. Jramoni, et al. *Introducción e historia de la cibernética* p 64

De hecho puede estimarse la información que aporta uno de ellos 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.²⁴⁴

Como en cualquier sistema de comunicación existe una inclinación a la entropía, la noción de ruido tiende a identificarse con el efecto de la entropía; por lo tanto, cuanto más crece la propensión al orden, al equilibrio en la emisión y recepción de señales, mayor es la capacidad informacional. Por el contrario, cuanto menor es la tendencia organizativa, mayor es la tendencia caótica o entrópica, donde no habría posibilidad ni intercambio de información por tal desorden, y ésta inicia en los sistemas de RV, con un bit de información.

Ningún sistema de comunicación está exento de posibilidad de error. Todas las fuentes de error son agrupadas bajo la misma denominación de ruido o disturbio. Si la tasa de ruidos es baja, tenemos la posibilidad de obtener buena información, pero si es grande la posibilidad de error, también es elevada la tasa de disturbio, lo que reduce la posibilidad de buena información.²⁴⁵

Cabe mencionar, que la comunicación es un proceso estadístico, condicionado por la interdependencia de las señales, único fin para la interrelación del hombre con la máquina en la RV. En este sentido, cuando el emisor o receptor envían más mensajes de los estrictamente necesarios, aparece el evento denominado redundancia, que hace más predecible la información.

La redundancia puede ser entendida simplemente como repetición; es causada por un exceso de reglas que confiere a la comunicación un cierto coeficiente de seguridad, o sea, comunica la misma información más de una sola y única vez y, eventualmente, de modos diferentes. Por otra parte, cuanto mayor es la

²⁴⁴Norbert Wiener. op. cit. p. 22.

²⁴⁵Decio Piganatari ob. cit. p. 17.

redundancia, mayor es la previsibilidad, es decir, señal redundante es señal previsible.²⁴⁶

Una de las tareas importantes de la teoría de la información es la capacidad de transmisión y la estabilidad contra las interferencias de los canales utilizados para enviar la información, es decir, medir las cantidades de información en la comunicación hombre-máquina, de acuerdo a la probabilidad según la fórmula que expresa tal situación.

Así, por ejemplo, se utiliza para un código binario de señales, digamos 1, 0, el número de mensajes distintos de longitud²⁴⁷ 1 que pueden enviarse son dos: 1 y 0; el número de mensajes de longitud 2 son 4: 00, 01, 1,0 y 11. En general, el número de mensajes distintos de longitud K que pueden enviarse es 2^K , es decir, $2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \dots \times 2$ (K veces), como puede observarse en la siguiente tabla:

Longitud K	No. de Mensajes	Ejemplos (Códigos)
1	$2^1=2$	1,0
2	$2^2= 2 \times 2$	00, 01, 10, 11
3	$2^3= 2 \times 2 \times 2$	000, 001, 010, 100, 101, 110, 011, 111.

Si consideramos que cada mensaje tiene la misma probabilidad de aparecer, entonces, para un mensaje de longitud K, la probabilidad de que éste aparezca es $1/2^K$. Para fijar ideas, supongamos que vamos a enviar o generar mensajes de longitud 3 ($K=3$). Según la tabla anterior, hay $2^3= 2 \times 2 \times 2= 8$ mensajes distintos de longitud 3: 000, 001, 010, 100, 011, 101, 110, 111. Cada uno de estos mensajes tiene probabilidad $1/8= .125$ de aparecer, y observamos que es menor (dicha probabilidad) que en el ejemplo anterior, pues su longitud aumenta. Ahora apliquemos la fórmula para calcular la cantidad de información para este código binario de señales:

²⁴⁶ Ibidem, p. 41.

²⁴⁷ Longitud: número de señales emitidas.

Si consideramos que cada mensaje tiene la misma probabilidad de aparecer, entonces, para un mensaje de longitud K , la probabilidad de que éste aparezca es $1/2^K$. Para fijar ideas, supongamos que vamos a enviar o generar mensajes de longitud 3 ($K=3$). Según la tabla anterior, hay $2^3=2 \times 2 \times 2=8$ mensajes distintos de longitud 3: 000, 001, 010, 100, 011, 101, 110, 111. Cada uno de estos mensajes tiene probabilidad $1/8=.125$ de aparecer, y observamos que es menor (dicha probabilidad) que en el ejemplo anterior, pues su longitud aumenta. Ahora apliquemos la fórmula para calcular la cantidad de información para este código binario de señales:

$$H = - \sum_{i=1}^8 P_i \log_2 P_i$$

donde n es el número de mensajes distintos que en este caso es igual a 8. \log_2 es el logaritmo en base 2 del número r^n y P_i es la probabilidad de que ocurra el mensaje i ($i=1,2,3,4,5,6,7,8$) y que, según nuestra hipótesis de equiprobabilidad de ocurrencia de los mensajes, es igual a $1/8$, o bien $.125$, o sea, 12.5% .

Así, sustituyendo en la ecuación, tenemos:

(la cantidad de información es igual a la suma de cada equiprobabilidad multiplicada por su logaritmo)

$$= -(P_1 \log_2 P_1 + P_2 \log_2 P_2 + P_3 \log_2 P_3 + P_4 \log_2 P_4 + P_5 \log_2 P_5 + P_6 \log_2 P_6 + P_7 \log_2 P_7 + P_8 \log_2 P_8)$$

(Suma de cada uno de los 8 eventos probables)

2** Recuérdese que el logaritmo en base 2 de un número r , representado por $\log_2 r$, es la potencia a la que hay que elevar el número 2 para obtener el número r , es decir, $\log_2 r$ es el número t que satisface $2^t = r$. Por ejemplo:

$\log_2 2 =$	1.	porque $2^1 =$	2
$\log_2 4 =$	2.	porque $2^2 =$	4
$\log_2 8 =$	3.	porque $2^3 =$	8
$\log_2 16 =$	4.	porque $2^4 =$	16

Ahora bien, para números fraccionarios, el logaritmo se convierte en un número negativo, porque al elevar un número positivo a una potencia negativa (que será el algoritmo), obtenemos una fracción. Así, tenemos:

$\log_2 1/2 =$	-1.	porque $2^{-1} =$	$1/2 =$	$1/2$
$\log_2 1/4 =$	-2.	porque $2^{-2} =$	$1/4 =$	$1/4$
$\log_2 1/8 =$	-3.	porque $2^{-3} =$	$1/8 =$	$1/8$
$\log_2 1/16 =$	-4.	porque $2^{-4} =$	$1/16 =$	$1/16$

$$= -(1/8 \log_2 1/8 + 1/8 \log_2 1/8)$$

(Suma de las probabilidades = 1/8)

$$= - (1/8 (-3) + 1/8 (-3) + 1/8 (-3) + 1/8 (-3) + 1/8 (-3) + 1/8 (-3) + 1/8 (-3) + 1/8 (-3))$$

(el -3 representa el logaritmo de 1/8 en base 2. Al multiplicarlo por la probabilidad, tenemos):

$$= -(-3/8 -3/8 -3/8 -3/8 -3/8 -3/8 -3/8 -3/8)$$

$$= -(-24/8) = 24/8 = 3, \text{ o sea:}$$

$$H = 3 \text{ bits.}$$

En un mensaje, el número de bits es una medida de cantidad de la información enviada. En este caso, el desarrollo de la fórmula prevista por Shannon y Weaver, permite comprobar que la cantidad de información (H), emitida de la fuente al destino o de la máquina al usuario, tiene respuesta equivalente a 3 bits; confirmándose que por esta aceptación de señales (que pueden ser innumerables), se genera una comunicación precisa por la elección con una probabilidad inicial dada. En este sentido, la teoría de la información es entendida como una teoría de la comunicación, pues supone una función analógica en los dos procesos.

Los mensajes, al actuar el sistema perceptual del operador desarrollan un lenguaje, debido a la recepción en la señalización y capacidad de respuesta de ambos actores generándose una relación funcional, pragmática y de control manifiesta en el ciberespacio: rasgo distintivo y particular de los sistemas de RV, en donde se desarrolla una comunicación e interacción de ese mundo virtual.

Es decir, se trata de una relación funcional porque es posible una cibercomunicación técnica-humana en la que se desarrolla una acción, en la cual el usuario se siente inmerso; pragmática porque es el propio hombre quien interacciona con la máquina y; de control, porque en la cibernética se logra que una máquina produzca determinado resultado, cada vez que recibe un estímulo dado (señales determinadas), cuando el usuario ordena, "navega" o "manipula" los objetos del ciberespacio. Por lo tanto, en la RV se produce un modelo de comunicación cibercientífica porque la información o mensajes que se generan entre el usuario y la máquina es técnicamente real.

3.7 RV, cibernética y comunicación.

La conjunción de las tres categorías, expresa que la RV es una tecnología, que al tener un soporte en la cibernética como ciencia del control y sistemas de regulación, igualmente, en la teoría de la información con su fundamento en la transmisión de señales electrónicas, en que se desarrolla un modelo comunicacional; se deduce entonces, con base en este marco conceptual, que el fenómeno de la RV es un medio de comunicación, como se ha explicitado a lo largo del trabajo.

Si se comprende que no sólo la información y la comunicación, sino también el control o regulación (con la dirección, o la conducción, o el pilotaje) constituyen también aspectos de la relación real de la máquina y el hombre en la RV, se concluye entonces, que el estudio cibernético se fundamenta en una teoría analógica y en una técnica de la relación. La analogía establece la estrecha relación entre las estructuras de los dispositivos mecánicos de las computadoras y el sistema nervioso del ser humano.

Mientras nosotros contamos con órganos receptores, como el ojo, el oído, el gusto (los sentidos), para captar la información proveniente del exterior, las computadoras han sido provistas de teclados y cámaras de televisión para recibir dicha información. También disponemos de un cerebro que se encarga de procesarla y mandar una respuesta hacia ese estímulo, a través de multitud de órganos efectores (músculos, glándulas, huesos). En contraste, una máquina tiene una unidad de procesamiento central y dispositivos periféricos para dar salida al resultado de su operación sobre la información.^{4*}

Con respecto a la relación, la cibernética supone una interdependencia dinámica en el funcionamiento de ambos sistemas: del humano y de la máquina, que con la interacción en la RV por los dispositivos de entrada y salida que conectan al operador con la computadora, se complementan en una correlación, en un conexionismo de integración por la realimentación del mismo fenómeno, que el usuario dirige o pilota para la regulación o control del sistema virtual.

*Ladislao Uibes "En busca de la Inteligencia Artificial" p 45

La reducción de la cibernética a <<ciencia del control y la comunicación>>, <<estudio de la señal y la información>>, <<teoría y técnica de la autorregulación>>, <<arte de la eficacia de la acción>>, <<fundamentación del automatismo>>, <<tratado de los sistemas relativamente aislados>>, <<fundamento teórico-técnico de los lenguajes y su transformación>>, <<arte de gobernar>>, <<fundamentación científica del aprendizaje, en sus fases teórico-físicas y en sus aplicaciones múltiples y concretas>>, <<formalización simbólico-algorítmica de todos los sistemas>>, <<esquemmatización fundamental de la estructura y del dinamismo retroactivo>>, <<formalización y esquematización praxiológica>>, etc. -considerando sus diversas acepciones y definiciones- conducen igualmente a una teoría de la relación.²⁵⁰

Es decir, para la cibernética todo proceso de dirección se caracteriza por la presencia de un sistema integrado (la RV), por una parte dirigida (la máquina) y, otra rectora (el operador); interrelación efectuada sobre la percepción del usuario y la transmisión de la información bidireccional. En los sistemas de RV, la dirección y control del operador con la cooperación del sistema dinámico de la computadora, garantizan condiciones de organización y conduce al equilibrio conforme a la homeostasis, en el ambiente virtual.

Finalmente, en el siguiente diagrama se puede resumir que la comunicación es el punto de intersección y de encuentro con la cibernética, con la teoría de la información, y por supuesto con la RV; entidades que se enlazan recíprocamente para expresar precisamente, que la comunicación tiene la cualidad de que al interrelacionarse con el ser humano y la máquina, se produce una correspondencia interactiva en los diferentes campos como elementos afines del mismo proceso comunicativo.

²⁵⁰Alexandre Sanvisens Cibernética de lo humano p. 120.



La expresión <<comunicación>>, en sentido genérico, puede resumir tanto el aspecto de <<información>> como el de <<control>> o regulación, entendidos estos en sentido estricto. Porque básicamente la comunicación es transmisión de información y el control también <<consiste en la transmisión de información con la intención de producir los cambios deseados>> (Greniewski).⁴

La comunicación representa la unidad que refiere la dimensión justa en que confluyen los tres campos de acción, que implica a la RV como el fenómeno sustentado en la praxis cibernética y de la teoría de la información para su funcionamiento comunicativo, como también, por la analogía manifiesta en la máquina computarizada, y al mismo tiempo de relación, en el traslado de la señal electrónica, condiciones en que convergen ambas disciplinas.

De esta manera, la RV basada en las dos ciencias para el control y transmisión de información, crea un sistema que establece un medio y una forma específica de comunicación alternativa, una cibercomunicación científica entre el hombre y la máquina, entre él y su sociedad, entre el hombre y sus proyecciones idealizadoras en donde figura una cibercomunicación con carácter informativo como proyecto del

⁴ Ibidem p. 109.

siglo XXI, y de éste a otras latitudes, si se quiere manejar realidades ciberespaciales o ciberplanetarias.

CONCLUSIONES.

La dinámica de la historia ha conducido al avance de la técnica y de la ciencia, que a fines del presente siglo representa un desarrollo en la aceleración de lo moderno que involucra a cualquier país, aunque la expansión tecnológica de un lugar a otro comporte progresos distintos.

El fenómeno de la RV enmarcado dentro de las denominadas "nuevas tecnologías", constituye un cambio histórico en la sociedad humana, revolución técnica cuyo impacto tiende a invadir la identidad cultural de grupos e individuos, traducida en una tecnocultura fundamentada en la electrónica, la telemática y en la comunicación hombre máquina. Porque la RV representa otra forma de racionalidad materializada en la operación de la tecnología, en la que debe asimilarse un lenguaje diferente, símbolos que proveen otra manera de comunicación, formas distintas de pensamiento, que sin duda, vendrá a transformar la vida del hombre: sus normas, costumbres, actitudes a partir de la realidad que él observa y vive.

RV, en que el usuario está propenso al aislamiento y a la soledad, circunstancias que afectan la percepción directa con el mundo físico y repercutirán en su modo de pensar, sentir y actuar; de ubicar el mundo desde otra perspectiva o dimensión debido a la relación que tiene con los aparatos electrónicos, en cuya interacción se convierte en el ciber-hombre de la nueva Era del Ciberespacio. En este enfoque, la comunicación interpersonal se ve afectada por la pérdida de las relaciones humanas, las cuales tienden a "despersonalizarse" por no efectuarse ningún contacto físico, para dar cabida a una cibercomunicación entre los dos actores participantes en la RV: el operador y la computadora ya que la máquina conforma una realidad electrónica de la que se genera un mundo artificial.

Innovación tecnológica que conduce a otros parámetros de consumo, que altera el tiempo y el espacio porque impone su propio ritmo cuando el usuario se sumerge en el mundo virtual. Tecnificación que se inclina a modificar el trabajo a través de la automatización y la especialización; a repercutir en las relaciones sociales cuya tendencia en el terreno de la

comunicación se refleja en un proceso de transición: de una masificación a una inextricable individualización del naciente homo-electronicus.

También, la RV puede significar un riesgo porque el hombre se encuentra en la posibilidad de sufrir una deshumanización, en el sentido de la pérdida de valores y principios que rigen la convivencia; asimismo, con las "nuevas tecnologías" se refuerzan las formas de control y desigualdad, basadas en la producción y distribución de las grandes firmas que promueven técnicas y formatos que propagan a las esferas sociales y, constituye la cultura binaria manifiesta en el lenguaje alfanumérico plasmado en el idioma de la computadora; en una comunicación digitalizada; en un tipo de contenido no acorde a intereses comunes sino a monopolios poderosos para incrementar su capital, e igualmente, para ejercer mayor dominio sobre la fuerza laboral.

O sencillamente, por el reto que conduce al hombre enfrentarse a sociedades altamente tecnocráticas, en las cuales él se transforma en el homo-informaticus porque así lo requiere la antropotrónica (disciplina constituida como una antropología del individuo de la era de la electrónica, y que nace debido a los riesgos de la tecnolatría y tecnofobia (Gubern), de las sociedades posindustriales.

A la vez, abre la oportunidad de penetrar otros parámetros de conocimiento y de conciencia, en que la inteligencia humana pone a prueba su imaginación y creatividad, otras maneras de interacción o realimentación.

Es necesario señalar, que si bien existe un avance técnico-científico es importante que las ciencias sociales no pierdan su sentido crítico, el pensar constante del hombre con la profundidad de sus investigaciones; ya que la máquina jamás podrá sustituir a la mente humana sino que ésta la crea, la utiliza y la transforma. Pero también, puede marcar el inicio que si se hace un uso negativo de esta supertecnología, no sujeto a principios éticos pone en duda la viabilidad humana; por lo tanto, el hombre debe prepararse para afrontar un futuro hiperdesarrollado dentro de la llamada Edad Tecnocrónica, basada en que la revolución informativa, así como la destreza y experiencia técnica fungen como la base del

poder, condición predominante para el empleo y la posición, de la cual, las élites (privadas o gubernamentales) toman decisiones metatécnicas para conservar dicho poder.

Es conveniente agregar, que debido a la convergencia de diferentes tecnologías en que se apoyan los sistemas de RV, sugiere un análisis de significación e interpretación diferente a los que hasta ahora se conocen; hiperrealidad que crea en el usuario una poderosa ilusión de "realidad", que se logra engañando la vista y el tacto porque solamente existe en la mente del usuario. Por ello, la RV es un entorno artificial, en el cual se intersectan los cerebros electrónico y humano, con el fin de que el operador inmerso, experimente la simulación que lo transporta de una realidad física a una realidad virtual generada por la potencia de la computadora.

En este proceso, el sistema periférico asume la función de canales de comunicación o retroacción, por donde pasan el intercambio de señales entre el hombre y la máquina (al mismo tiempo que permite la comunicación e influyen sobre el funcionamiento del sistema de procesamiento, y en el comportamiento del sistema perceptual del usuario que emite y recibe información táctil, visual, auditiva o cinestésica), provoca que el individuo se aísle de su entorno exterior para sumergirlo en ese espacio abstracto, ilusorio, denominado ciberespacio o mundo virtual.

Se considera que el ciberespacio es el medio de comunicación en que la convergencia de la capacidad humana con la "nueva tecnología", abre otras perspectivas de conocimiento, desencadenando situaciones inusitadas que transforman lo cotidiano en experiencias humanas diferentes. El ciberespacio implica asomarse a una ventana innovadora, a una construcción imaginaria, virtual, donde el ciber-hombre del naciente siglo percibe otros modelos de vida en los que visualiza otros parámetros y circunscripciones científicas. Es el en el ciberespacio o ambiente sintético, donde el usuario se "descorporaliza", pero continúa percibiendo experiencias multisensoriales "reales" mediante una inmersión total, en ese espacio inmaterial.

La presente, tesis plantea propuestas objetivas y concretas relacionadas con la comunicación porque analiza un fenómeno tecnológico llamado RV, que dentro del desarrollo generalizado de estos tres capítulos, y dado los planteamientos que se han

descrito, me incentivan a sostener que la comunicación, la cibernética, la RV y las fases de información, circunscriben una posible etapa del ciber-hombre, del tecno-sujeto (términos que se refieren al uso de la tecnología como mediadora entre la condición humana del sujeto y el mundo cibernético al que tiene acceso como cibernauta, gracias a los dispositivos electrónicos para percibir e interactuar en dicho mundo, es decir, por un lado se introduce en un mundo virtual, artificial, sintético. y por el otro, tiene presente su mundo real y humano; o sea, la conjunción hombre-máquina).

Aunado a lo anterior, está la constante preocupación del hombre en la nueva estructuración de la ciberciencia y de la cibercultura, que representan ya un reto lleno de innovaciones, de ideologías y de formas de comunicación, con el único fin de que las nuevas generaciones del siglo XXI, cuyas perspectivas distintas y diversas a las actuales, formen una tendencia franca de cientificidad en la información para transformar la RV en una vivencialidad social, eminentemente futurista de comunicación en un tiempo y espacio distintos, y, ¿por qué no?, en la cibergenética en donde quedan enclaustrados ya los futuros productos en gestación del hombre in vitro cuyo desarrollo cultural delineará el parámetro sobre el desarrollo o extinción de la propia humanidad.

Concluyo que es necesaria una profunda reflexión humanística sobre los impactos y nuevas relaciones que repercutirán en la sociedad por esta trilogía. Se ha concluido que la RV es una tecnología alternativa en comunicación, sin embargo, el debate ético apenas inicia.

Es una aportación para quienes en el futuro se dediquen al análisis social, cultural e histórico de esta alternativa comunicacional cuyo ritmo de crecimiento e impacto cotidiano en lo social es cada vez mayor.

Bibliografía.

- Balle, Francis, *Los nuevos medios de comunicación masiva*, Fondo de Cultura Económica, México, 1989, pp. 163.
- Benassini, Claudia, *Teorías de la comunicación en Estados Unidos y en Europa*, Serie Iberoamericana de la comunicación, México, 1987, pp. 169.
- Berlo K., David, *El proceso de la comunicación*, Edit. El Ateneo, Buenos Aires, 1975, 6ª reimpresión, pp. 239.
- Biblioteca Salvat de Grandes Temas, *Teoría de la imagen*. Salvat editores, Barcelona, 1973, pp. 142.
- Campbell, Jeremy, *El hombre gramatical*, Fondo de Cultura Económica, México. 1ª reimpresión, 1992, pp. 418.
- Cadoz Claude, *Las realidades virtuales*. Debate-Dominós, Madrid, 1995, pp. 121.
- Casey, Larijani. *Realidad virtual*, Mc Graw-Hill, Madrid, 1994, pp. 268.
- Crosson, Frederick y Kenneth Sayre, *Filosofía y cibernética*. Fondo de Cultura Económica, México. 1971, pp. 190.
- Casanova González, Miguel Ángel, *Realidad virtual*, Ediciones Anaya Multimedia, Madrid, 1995, pp. 128.
- Corral Corral, Manuel, *La ciencia de la comunicación en México*. Editorial Trillas. 1ª reimpresión, México, 1991, pp. 138.
- De Fleur, Melvin L. y Sandra J. Ball-Rokeach, *Teorías de la comunicación de masas*, Editorial Paidós.
- Del Pino González, L.M., *Realidad virtual*, Editorial Paraninfo, Madrid, 1995, pp. 206.

- Fernández Collada, Carlos, *La comunicación humana*; Mc Graw-Hill, México, 1988, pp. 468.
- Goded, Jaime, *Antología sobre la comunicación humana*, UNAM, México, 1976, pp. 275.
- Gómez Mont, Carmen, *Nuevas Tecnologías de Comunicación*, Trillas, México, 1991, pp. 249.
- González Alonso, Carlos, *Principios básicos de comunicación*, Trillas, México, 2ª edición, 1992, pp. 96.
- H. Blake Reed y Edwin O. Haroldsen, *Taxonomía de conceptos de la comunicación*, Ediciones Nuevomar, México, 7ª reimpresión, 1991, pp. 169.
- Jramoi, A. V., et. al., *Introducción e historia de la cibernética*, Editorial Grijalbo, México, 1968, pp. 157.
- Katz, Chaim S., et. al. *Diccionario básico de comunicación*, México, 5ª edición, 1992, pp. 513.
- Lavroff, Nicholas, *Mundos virtuales. Realidad virtual y ciberespacio*, Ediciones Anaya Multimedia, México, 1994, pp. 166.
- Lilienfeld, Robert, *Teoría de sistemas: orígenes y aplicaciones en ciencias sociales*, Trillas, México, 1ª reimpresión. 1991, pp. 342.
- Magnus Enzensberger, Hans. *Elementos para una teoría de los medios de comunicación*, Anagrama, Barcelona, 3ª edición. 1981, pp. 74.
- Maldonado, Tomás, *Lo real y lo virtual* Gedisa editorial, Barcelona, 1994, pp. 261.
- Mc Luhan, Marshall. *La comprensión de los medios como las extensiones del hombre*, Editorial Diana. 11ª reimpresión. México. 1989, pp. 443.
- Moragas Spa, Miguel. *Teorías de la comunicación*. Ediciones Gustavo Gili. Madrid, 5ª edición. 1991. pp. 325.

- Pignatari, Décio, *Información, lenguaje, comunicación*, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1977, pp. 98.
- Paoli, J. Antonio, *Comunicación e información*, Editorial Trillas, México, 6ª reimpresión, 1990, pp. 138.
- Pardinas, Felipe, *Manual de comunicación social*, Editorial Edicol, México, 1978, pp. 356.
- Peredo, Roberto, *Introducción al estudio de la comunicación*, Serie Iberoamericana de comunicación. México, 1989, pp. 204.
- Rheingold, Howard, *Realidad virtual*, Gedisa editorial, Barcelona, 1994, pp. 407.
- Ricci Bitti Pio E. y Bruna Zani. *La comunicación como proceso social*, Editorial Grijalbo, México, 1990, pp. 290.
- Roszak, Theodore, *El culto a la información*, Editorial Grijalbo, México, 1990, pp. 277.
- Ruyer, Raymond, *La cibernética y el origen de la información*, Fondo de Cultura Económica, México, 1ª reimpresión, 1992, pp. 287.
- Sanabria Martín, Francisco, *Estudios sobre comunicación*, Editorial Nacional, Madrid, 1975, pp. 270.
- Schramm, Wilbur, *La ciencia de la comunicación humana*, Editorial Grijalbo, México, 1989, pp. 191.
- Serrano, Manuel Martín, et. al. *Teoría de la comunicación*. ENEP Acatlán/UNAM. México, 1991, pp. 228.
- Silverstein, Albert, *Comunicación humana*, Editorial Trillas. México, 1985, pp. 278.
- Toussaint, Florence. *Crítica de la información de masas*. Trillas. 2ª reimpresión. 1992. pp. 94.

- Wiener, Norbert, *Cibernética y sociedad*, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, 1981, pp. 181.
- Wolf, Mauro, *La investigación de la comunicación de masas*, Editorial Paidós, México, 2ª reimpresión, 1992, pp. 318.
- Wright, R. Charles, *Comunicación de masas*, Editorial Paidós, México, 4ª reimpresión, 1990, pp. 155.
- Yerro Belmonte, Marino, *Información y comunicación en la sociedad actual*, Editorial Dopesa, Barcelona, 1970, pp. 272.

Hemerografía.

- Alonso, José Raúl, "Realidad Virtual, ¿cuánto hemos avanzado?", en *Mundo 21*, N° 11, noviembre, 1994, pp. 4-7.
- Ayerza, Laura, "Realidad Virtual. Llegaron los juegos en 3ª dimensión", en *Conozca más*, año 3, N° 3 pp. 62-65, D.F.
- Calderón Alzati, Enrique, "Computadoras y mundos virtuales", en *Información Científica y Tecnológica*, N° 205, V. 15, pp. 38-41, México.
- English, Erin, "CyberMaxx: ojos para la Realidad Virtual", en *Personal Computing Mexico*, Mayo, 1995, pp. 17-19, México.
- Fehér, Guillermina, "La visualización de la realidad", en *Información Científica y Tecnológica*, enero, 1993, N° 196, V. 14, pp. 43-47, México.
- García Luna, Raúl, "Realidad Virtual acústica para ciegos", en *Conozca Más*, año 6 N° 10, pp. 6-8, D.F.
- González Casanova, Henrique, "Realidad", en *Revista trimestral de Trabajo Social*, UNAM, N° 11, oct.-dic., 1995, pp. 15-16.

- Hansson, Torbjörn. "La Realidad Virtual en el cine", en *Información Científica y Tecnológica*, enero, 1994, N° 208, V. 16, pp. 44-48, México.
- Ladislao, Ulises. "En busca de la inteligencia artificial", en *Ciencia y Tecnología*, febrero, 1989, N° 149, V. 11, pp. 43-45, México.
- Mayo, José A., "Vienen los cibernautas", *Muy Interesante*, México, octubre, 1990, pp. 18-24.
- Muñoz Saldaña, Rafael, "Realidad Virtual: vértice de dos mundos", en *Información Científica y Tecnológica*, mayo, 1994, N° 212, V. 16, pp. 24-25, México.
- "Navegando por la Realidad Virtual", en *Papalote*, nov-dic., 1995, N° 24, pp. 219, México.
- Orione, Julio, "El Morphing y la Realidad Virtual: delirios digitales", *Conozca Más*, México, año 5, N° 8, pp. 14-19.
- Rojas, Edwin y Ana Lilia Garda, "Inteligencia Artificial y ciencia cognitiva en México", *Ciencia y Tecnología*, México, 1990, N° 163, V. 12, pp. 57-60.
- Yehya, Naief, "Realidad", en *Revista Trimestral de Trabajo Social*, UNAM, N° 11, oct.-dic., 1995, pp. 17-20.