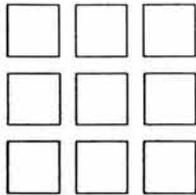


00172



## De la interfaz a la interfase

*La relación hombre-máquina más allá  
del paradigma de representación*



Tesis que para obtener el grado de  
**Maestro en Diseño Industrial**  
presenta

Gustavo Víctor Casillas Lavín

Posgrado en Diseño Industrial | Maestría en Diseño  
Universidad Nacional Autónoma de México  
México, 2004



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

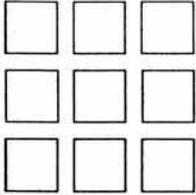
**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA

Autorizo a la Dirección General de Estudios de la UNAM a difundir en formato electrónico el contenido de mi trabajo doctoral.  
NOMBRE: *Gustavo V. Casillas Lavín*  
FECHA: *21 - oct. 2004*  
FIRMA: *Gustavo V. Casillas Lavín*



## De la interfaz a la interfase

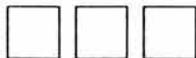
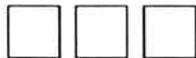
*La relación hombre-máquina más allá del paradigma de representación*



Tesis que para obtener el grado de  
**Maestro en Diseño Industrial**  
presenta

Gustavo Víctor Casillas Lavín

Posgrado en Diseño Industrial | Maestría en Diseño  
Universidad Nacional Autónoma de México  
México, 2004



## **De la interfaz a la interfase**

*La relación hombre-máquina más allá  
del paradigma de representación*

**Director de tesis:**

Dr. Fernando Martín Juez

**Sinodales:**

Dr. Julio César Margain y Compeán

Dr. Oscar Salinas Flores

MDI. Angel Groso Sandoval

M. en Arq. Ernesto Ocampo Ruiz

---

<b>Inicio</b>	<b>1</b>
<b>Cómputo</b>	<b>5</b>
<b>Información</b>	<b>21</b>
<b>Cibernética</b>	<b>31</b>
<b>Interactividad</b>	<b>53</b>
<b>Geometría del conocimiento</b>	<b>65</b>
<b>Fin</b>	<b>85</b>
<b>Hipertextos</b>	
Intencionalidad	91
Conferencias de Macy	94
Programa almacenado en memoria	96
Máquina de Turing	99
Entropía	103
Digital	107
Hipertexto	110
Multimedia	112
Realidad virtual	114
Geometría	119
Diseño	122
<b>Bibliografía</b>	<b>127</b>

# contenido

*El alma misma del hombre está influenciada por las máquinas. Piensa como piensa, y siente como siente, por la acción de las máquinas sobre él, y la existencia de éstas es condición sine qua non para la suya, como la de él para la de ellas....*

*Samuel Butler*

Desde el texto de Samuel Butler, *Sobre la destrucción de las máquinas en Erewhon*, escrito en 1872, hasta la película *Matrix*, en la literatura y el imaginario popular se ha cuestionado la relación entre el ser humano y la máquina.

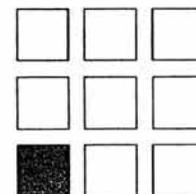
El tema de la relación entre el ser humano y la máquina ha encontrado, asimismo, las más diversas aproximaciones en disciplinas como la filosofía, la psicología, la antropología, la ingeniería o el diseño; ciertamente es un tema complejo.

El presente trabajo se enfoca, básicamente, en los mecanismos digitales que permiten la relación entre el usuario y los sistemas de computación.

¿Es posible que los sistemas digitales sean vistos como un campo adecuado para generalizar las diferentes formas de relación entre el ser humano y los productos de la tecnología? ¿Es viable aplicar los conceptos que se presentan en otras áreas del diseño de objetos? ¿Tiene una máquina (la computadora) el carácter de máquina universal, capaz de imitar o en su caso sustituir, a cualquier otra máquina o producto tecnológico?

Hasta ahora, estos mecanismos digitales han sido considerados un punto de contacto o canal de comunicación. ¿Son los mecanismos digitales que

inicio



vinculan al ser humano con la máquina, únicamente un sistema de comunicación entre una computadora (la propia máquina) y otra (el cerebro)?

¿Es el cerebro una computadora que procesa información proveniente del mundo exterior, en este caso la que se le presenta en la pantalla de la computadora?

¿Es la cognición un proceso de información, un manejo de símbolos basado en reglas? ¿Representa la información a la realidad objetiva o es una construcción de la actividad mental humana? ¿Pueden diversas estructuras de la información brindar sentidos diferentes al proceso de cognición?

¿Pueden estos mecanismos lograr que la máquina sea vista como un ente amenazante o amigable, como un dispositivo incomprensible o, tal vez, como una valiosa herramienta?

El escrito tiene como propósito presentar algunos de los paradigmas con los que se propone (se diseña) la interacción digital y enfocarlos a la luz de los desarrollos en las ciencias y tecnologías de la cognición, proponiendo la aplicación de algunos términos que redefinan los paradigmas mencionados y que, eventualmente, puedan ser retomados en el diseño de este tipo de productos.

Es con este propósito de señalar las diferentes ideas, visiones, con que se han desarrollado las formas de interacción digital, que se mencionan diversos hitos y personalidades en la historia de la computación, a pesar de que el sentido del trabajo escapa a la tentación de ser una historia de la computación ni de la tecnología en general.

Escapa también a las pretensiones de este escrito la revisión exhaustiva de autores y definiciones respecto a los temas mencionados y, en este sentido, únicamente se seleccionan algunas ideas rectoras y su representación por diferentes autores.

En vista de que las ideas tratadas en diferentes partes se relacionan entre sí, se incorpora un indicador o sugerencia [entre *corchetes*] de los probables vínculos que el lector puede elegir como lectura, ya sea de otro capítulo o de un texto específico sobre el concepto o idea mencionado. Los textos sugeridos se agrupan al final del conjunto bajo el título de *hipertextos*.

[\* Hipertexto]

El texto tiene múltiples formas de lectura, ya que, de manera semejante a *Rayuela*, de Julio Cortazar, permite que el lector determine su propio camino, esto es, la trayectoria que desea continuar al concluir la lectura de cada capítulo. Así, el lector puede optar por un acceso secuencial o aleatorio, por lo cual no es un supuesto *a priori* que el lector deba continuar o finalizar la lectura en determinado punto.

Lecturas subsecuentes pueden tomar distintas trayectorias y generar diferentes apreciaciones del conjunto. Tampoco es un supuesto *a priori* que la apreciación del autor sea de alguna forma la apreciación de los posibles lectores.

*"Indignos casi de la vida, de la vida inmediata, nos presentamos hoy con técnicas, razones técnicas también, análisis igualmente técnicos del alma reducida a psique, a máquina..."*

María Zambrano

La descripción de la computadora y sus procesos asociados quedó establecida en el periodo de las Conferencias de Macy como la de máquina simbólica. El cómputo se definió, entonces, a partir de esta conceptualización: "Un cómputo es una operación realizada mediante símbolos, es decir, mediante elementos que representan algo. Aquí la idea clave es la de representación o 'intencionalidad', el término filosófico que designa algo que es 'acerca de algo'." (Varela, 1998)

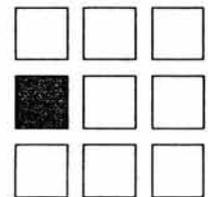
[\* Intencionalidad][\* Conferencias de Macy]

De manera similar, las ciencias de la cognición humana se definieron a partir de la metáfora rectora del ordenador digital, basándose en el supuesto de que "un ordenador o computador es un artilugio físico construido de tal modo que un conjunto particular de sus cambios físicos se puede interpretar como computaciones. Una computación es una operación llevada a cabo sobre símbolos, es decir, sobre elementos que representan aquello a que aluden". (Varela, 1997)

El fundamento de la computación simbólica es la idea de información digital, gracias a la cual un arreglo numérico representa una entidad física o conceptual.

[\* información]

# cómputo



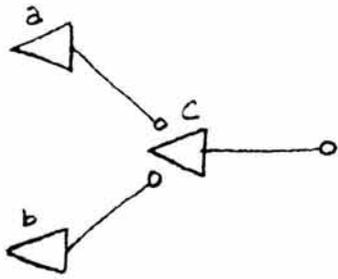
A su vez, a través de esta interpretación se considera que los símbolos o representaciones constituyen por si mismos una realidad física y semántica concretada indistintamente en el cerebro o en la computadora, y esta realidad condiciona la computación.

Para Edgar Morin: "El ordenador, máquina física creada por el hombre en 1943, es un computador, y así lo llamaremos. Antes incluso de su construcción, Turing había definido la computación como tratamiento de símbolos (1938), siendo para él el cálculo numérico un aspecto no esencial de la computación... Simon concibió los computadores como sistemas de manipulación de 'símbolos físicos' (1952)." (Morin, 1994:46)

[\* Máquina de Turing] [\* Información]

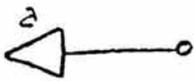
Varela hace notar que a partir del trabajo de McCulloch y Pitts titulado *Un cálculo lógico inmanente en la actividad nerviosa*, publicado en 1943, se acepta en primer lugar que la lógica es la disciplina adecuada para comprender el cerebro y la actividad mental, y en segundo lugar se concibe al cerebro como un "dispositivo que encarna principios lógicos en sus elementos constitutivos o neuronas... A partir de allí, se podía considerar al cerebro como una máquina deductiva." (Varela, 1998)

John von Neumann, en Princeton, publicó con Burks y Goldstine el trabajo *Una discusión preliminar sobre el diseño lógico de un instrumento computacional electrónico*, donde adoptó estas ideas para proponer la construcción de una computadora electrónica en la cual los tubos al vacío o bulbos representaban el papel de las neuronas McCulloch-Pitts. Posteriormente los bulbos fueron sustituidos por transistores y en la actualidad ocupan su lugar los *micro-chips*, pero las computadoras actuales todavía respetan la arquitectura propuesta por von Neumann que integra una

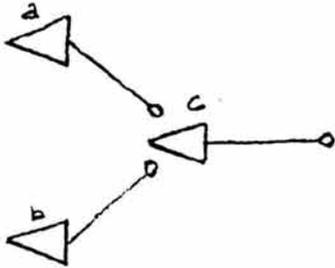


$$a(y)b$$

	b	
a	0	1
0	0	0
1	0	1

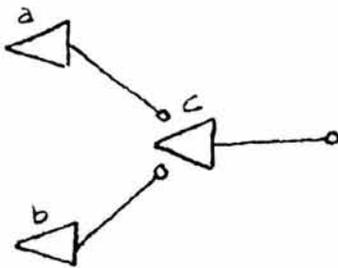


$$\bar{a}$$



$$\bar{a}(e)b$$

	b	
a	0	1
0	0	1
1	1	1

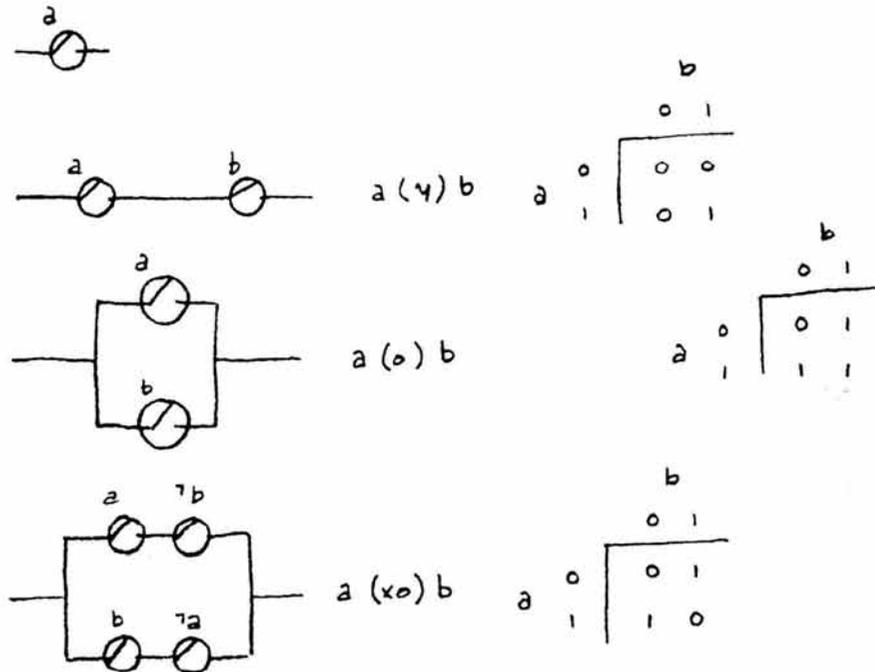


$$a(x_0)b$$

	b	
a	0	1
0	0	1
1	1	0

### Neuronas de McCulloch-Pitts

En esta figura se representan conjuntos de neuronas McCulloch-Pitts conectadas para realizar operaciones lógicas. Se muestran también las tablas de verdad correspondientes. Varela, 1998 y Perazzo, 1994



*Circuitos electrónicos y funciones lógicas*

*La verdad o falsedad de una proposición puede representarse por las dos posiciones de un interruptor. Un interruptor que puede genéricamente adoptar ambas posiciones se representa con un círculo alrededor.*

*En este diagrama se asocia un interruptor a cada uno de los elementos de las proposiciones lógicas. A un costado de cada circuito se representa la tabla de verdad de cada una de las funciones lógicas que indica cuándo debe circular corriente por el conjunto de interruptores del dibujo.*

*Es importante notar la similitud con las neuronas McCulloch-Pitts. Perazzo, 1994*

unidad procesadora central (CPU), una unidad lógico-matemática, unidades de memoria y un bus portador de señales que conecta entre sí a los demás elementos.

En el trabajo de von Neumann se propone "...por primera vez que los códigos para las instrucciones que la calculadora debía efectuar sean almacenados dentro de la propia memoria de la máquina. Hasta ese momento ellas eran programadas mediante cables y conectores en un tablero que debía reconectarse para cada nuevo cálculo... Gracias a von Neumann, los cables, elementos 'duros' que indicaban las operaciones, fueron reemplazados por simples códigos numéricos, elementos más tenues, más 'blandos', que podían reacomodarse para cada caso con mucha mayor flexibilidad: nació el '*soft (blando)-ware*' por oposición al '*hard (duro)-ware*'." (Perazzo, 1994)

[\* Programa almacenado en memoria]

De esta forma, un principio de los sistemas de cómputo es el de isomorfismo o intercambiabilidad entre *software* y *hardware*: aquello que puede ser programado es viable de convertirse en *hardware* y a la inversa, aquello que se construye físicamente es viable de ser constituido con códigos simbólicos en la memoria de la computadora (*software*). El planteamiento de Turing, aceptado hasta nuestros días, es que cualquier sistema es representable en términos computacionales, a condición de que sus algoritmos asociados puedan ser especificados íntegramente y sin ambigüedades.

Teóricamente es posible demostrar que existe una "máquina de Turing" capaz de imitar a cualquier otra, no importa cuán compleja sea. Para ello basta con consignar todas las especificaciones de la máquina que debe ser imitada. Esta máquina de Turing, por emular a cualquier otra, es considerada como una máquina universal.

[\*Máquina de Turing]

Partiendo de la idea de que "... la máquina universal de Turing es un modelo teórico y matemáticamente preciso del ordenador con programa incorporado." (Aspray, 1993:210), la consecuencia lógica es considerar a la computadora como una máquina universal, viable de representar o emular a cualquier otro dispositivo o producto tecnológico.

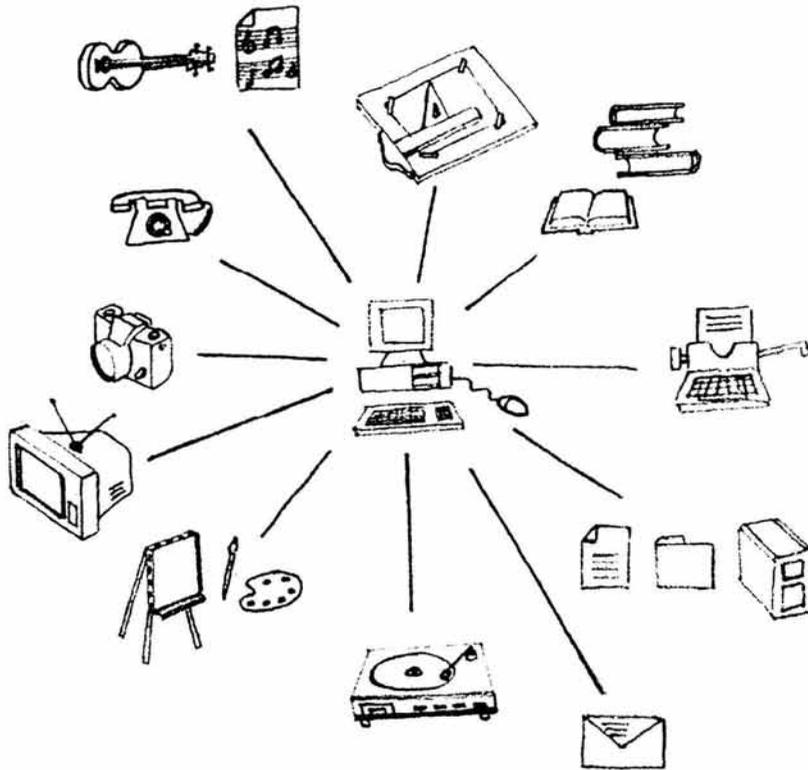
Gracias a este concepto, ahora podemos tener en nuestro escritorio máquinas que lo mismo facilitan leer (emulan a un libro), que escribir textos (emulan a una máquina de escribir), que almacenar documentos (emulan a un sistema de archivos), que dibujar (emulan a un caballete con plumas, lápices, pinceles y paletas de colores), que hacer planos (emulan a un tablero de dibujo con todos sus dispositivos adicionales: reglas, escuadras, plumillas, etc.), que escuchar música (emulan a un fonógrafo), que componer música (emulan a prácticamente cualquier instrumento musical y al papel pautado), que hacer cálculos, fotografía, diseño, modelos bidimensionales y tridimensionales, animación, video, juegos, comunicaciones, etc.

En algunos de los casos mencionados la máquina universal adquiere, inclusive, funciones más avanzadas que las máquinas o dispositivos originales a los cuales imita. Esto es cierto en una medida tal que la computadora digital no sólo ha imitado o emulado a otros sistemas complejos, sino que los ha venido a sustituir por completo, como es el caso de la máquina de escribir o del tablero de dibujo con todos sus dispositivos para hacer planos.

Por otra parte, Edgar Morin señala: "Por diversas que sean las actividades computantes, 1) comportan de todos modos y en todos los casos una dimensión cognitiva, incluidas las actividades prácticas y las actividades organizadoras; 2) están dedicadas a *problemas*..."

Llegamos a una cuestión previa y radical: si en toda operación computante hay una dimensión cognitiva y si la computación es apta para las actividades cognitivas más diversas, ¿no supone todo conocimiento, cualquiera que sea su naturaleza, la computación, y no supone ésta un problema a tratar?"

(Morin, 1994:49-50)



#### *Máquina universal de Turing*

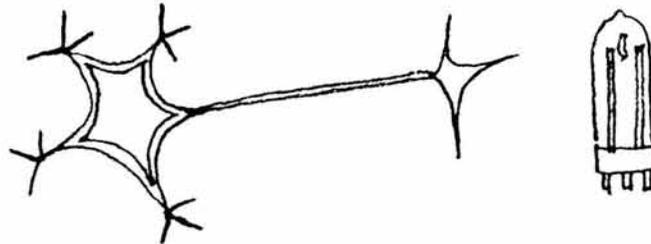
*Se considera que la computadora digital con programa incorporado es una máquina universal de Turing, capaz de emular a cualquier otra máquina o dispositivo tecnológico, siempre que sus mecanismos asociados se encuentren debidamente especificados. ¿Cuántas actividades, que requerían para realizarse otras máquinas o dispositivos, se pueden realizar ahora con una computadora de escritorio?*

Existen, de esta forma, diferentes consecuencias de la definición de cómputo, que han pasado a ser generalmente aceptadas respecto a los procesos de pensamiento humano y que tienen soporte en las analogías entre el cerebro y la computadora.

En su *Teoría general y lógica de los autómatas*, en 1951, John von Neumann hacía notar la importancia de "El concepto de órgano conmutable u órgano relé. La neurona así como el tubo de vacío ... son dos ejemplos de la misma entidad genérica, a la que es costumbre llamar 'órgano conmutable' u 'órgano de relé'. Dicho órgano se define como 'la caja negra', que responde a un estímulo específico o combinación de estímulos mediante una respuesta independiente de forma energética..." (Pylyshyn, 1975:142-143)

De hecho la analogía persiste hasta nuestros días:

"Podemos visualizar el cerebro y el sistema nervioso como un complejo conjunto de sensores y sistemas de control mutuamente interconectados que



*Organo conmutable*

*Para John von Neumann la neurona y el tubo al vacío o bulbo son dos ejemplos de la misma entidad genérica a la que denominaba órgano conmutable u órgano relé.*

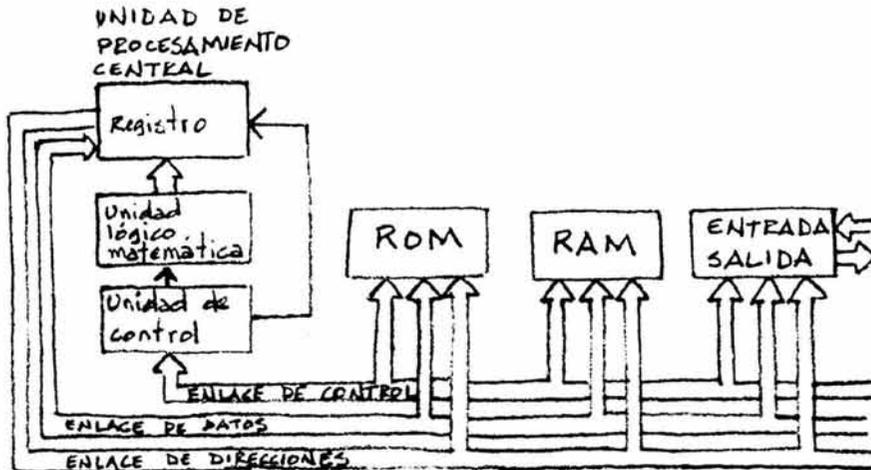
reciben y procesan confiablemente la información proveniente del entorno y, en base a ella, regulan todas las funciones del organismo. Si es así, debemos buscar las piezas del rompecabezas en las ciencias de la ingeniería."

(Perazzo, 1994:16-17)

[\* Infomación]

"En este enfoque, la 'psicología de un sistema' –los estados y la actividad de su mente– no depende tanto de qué esta hecho (neuronas o circuitos integrados), sino de cómo está ensamblado, de su arquitectura y organización. El funcionalismo aprovecha la dualidad *hardware* (neuronas o circuitos)–*software* (organización, reglas de funcionamiento). En este nivel de abstracción sólo importa que el sistema sea capaz de procesar información."

(Perazzo, 1994:82)

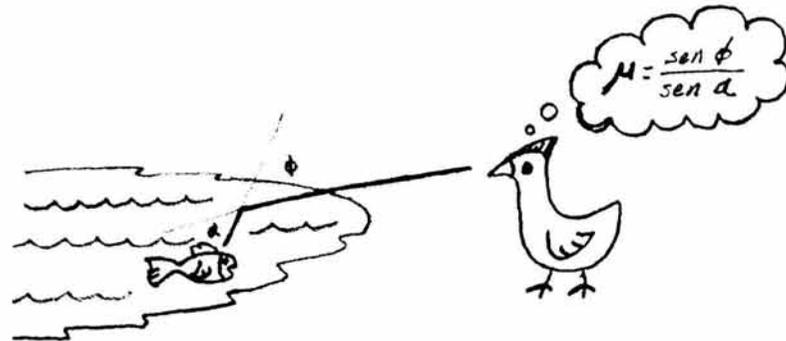


Arquitectura von Neumann

La computadora actual mantiene los principios de organización propuestos por John von Neumann: una unidad de proceso central, una unidad lógico matemática, un sistema de memoria, un sistema de entrada y salida, y un bus portador de señales. Johnson-Laird, 1993

Esta analogía es el sustento de lo que Varela denomina el paradigma cognitivista, que ha tenido un importante impacto en nuestra visión de la mente humana. El programa de investigación cognitivista supone que la cognición es equivalente al procesamiento de información: una manipulación de símbolos basada en reglas, que funciona en la medida en que los símbolos representan apropiadamente un aspecto del mundo real, y el procesamiento de la información conduce "... a una feliz solución del problema planteado al sistema" (Varela, 1998:43-44)

A pesar de su enorme fuerza, el programa de investigación cognitivista ha empezado a ser cuestionado: "'el cerebro procesa información del mundo exterior' es una frase cotidiana que todos entienden. Decir que tal enunciado puede ser desorientador suena extraño, y de inmediato se tildará de 'filosófica' a la subsiguiente conversación. Esta ceguera que el paradigma cognitivista ha introducido en el sentido común contemporáneo es capaz de poner en jaque horizontes más amplios para el futuro..." (Varela, 1998:44-46)



*Paradigma cognitivista*

*Para capturar a su presa un pájaro pescador "debe" tener en el cerebro la representación de la ley de refracción de Snell. Varela, 1998*

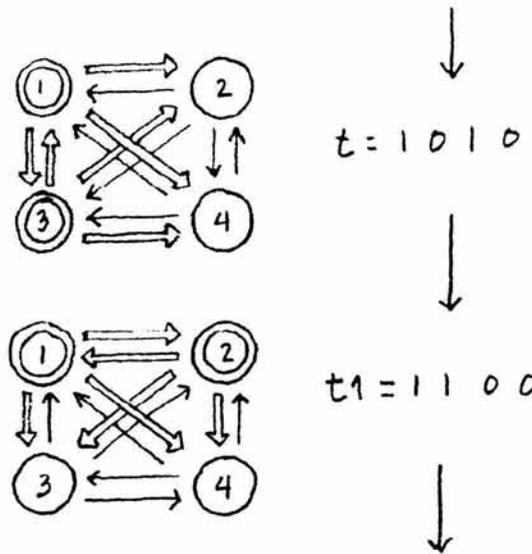
De hecho, ya desde la época inicial de las ciencias cognitivas, representada por las conferencias de Macy, se cuestionaba la idea de computación simbólica. "En 1949 Donald Hebb sugirió que el aprendizaje se podía basar en cambios cerebrales que surgen del grado de actividad correlacionada entre las neuronas: si dos neuronas tienden a actuar en conjunto, su conexión se refuerza; de lo contrario disminuye. Por lo tanto, la conectividad del sistema se vuelve inseparable de su historia de transformación y se relaciona con la clase de tareas que se propone al sistema." (Varela, 1998:44-46)

[\* Conferencias de Macy]

En 1982 J.J. Hopfield propuso un modelo de "memoria asociativa" compuesta por una gran cantidad de neuronas interconectadas entre sí. Cada neurona tiene únicamente un par de estados y puede cambiar de uno a otro de acuerdo a la suma de señales que recibe de sus sinapsis: "Si esta suma es lo suficientemente intensa, la neurona se activa. Si en cambio, las señales que recibe son débiles, pasa al reposo. Cualquiera de estos cambios tiene lugar con independencia de cuál haya sido su estado anterior." (Perazzo,1994: 115)

En este enfoque, llamado conexionista, "... dada la constitución de la red del sistema, hay una cooperación global que emerge espontáneamente cuando todas las 'neuronas' participantes alcanzan un estado mutuamente satisfactorio. En tal sistema, pues, no se requiere una unidad procesadora central que guíe la operación. Este tránsito de las reglas locales a la coherencia global es el corazón de lo que en los años cibernéticos se denominaba autoorganización. Hoy la gente prefiere hablar de propiedades emergentes o globales, dinámica de red, redes no lineales, sistemas complejos o aun de sinergia." (Varela, 1998:61)

En el programa de investigación conexionista la cognición es la emergencia de estados globales en una red de componentes simples, que funciona en la medida en que las propiedades emergentes (y la estructura resultante) se corresponden con una aptitud cognitiva específica. (Varela, 1998:76-77) Así, una red neuronal es un sistema de procesamiento de información formado por elementos simples discretos, con una cantidad limitada de estados posibles, y que puede presentar las más diversas propiedades emergentes.



Red de Hopfield

Se muestran cuatro neuronas de una red de Hopfield omitiendo las conexiones con el resto de la red. Las neuronas 'activas' se indican con un doble círculo. De ellas parten conexiones sinápticas excitatorias indicadas con una flecha doble, las demás sinapsis no transmiten señales y se indican con una flecha delgada. Suponemos que la intensidad de las señales es tal que, un instante más tarde, la neurona 3 se desactiva y la 2 se activa. A la derecha se muestra el estado de cada neurona con un 1 si está activa y un 0 si no lo está. Perazzo, 1994.

Es pertinente destacar que "... en el enfoque conexionista, el sentido no está localizado en símbolos particulares; está en función del estado global del sistema..." (Varela, 1998:78)

Existen diversos trabajos de investigación que demuestran la capacidad de aprendizaje de las redes neuronales (Hopfield), así como su capacidad para generalizar y prevenir situaciones futuras a partir de una serie de eventos pasados (Patarnello y Carnevali), e inclusive acerca de cómo una red neuronal puede soñar y olvidar información superflua para reforzar los estados de la red que se consideran pertinentes o importantes (Crick y Mitchinson). (Perazzo, 1994)

Todo parece indicar que el conexionismo, como visión alternativa al cognitivismo, contempla la aparición de orden a partir del caos, la existencia de propiedades emergentes y el desarrollo de estructuras no lineales, que se corresponden a las propuestas de la teoría general de sistemas y las leyes del caos.

Sin embargo, anteriormente hemos considerado a la computadora como máquina universal, de acuerdo al modelo matemático de Turing. La pregunta es, entonces, si el modelo de redes neuronales es isomórfico, de alguna manera, con el modelo de computadora de von Neumann: "Las redes en capas son máquinas que aprenden. Además se adaptan a problemas extremadamente diversos que no se pueden expresar mediante algoritmos más o menos explícitos. Pareciera que capturan algunas de las características de nuestro propio cerebro. ¿Son, al menos desde un punto de vista teórico, más generales o poderosas que las computadoras que

conocemos? La respuesta es no. Ya desde la época de McCulloch y Pitts fue posible demostrar que las redes son reducibles a una máquina de Turing."

(Perazzo, 1994:193)

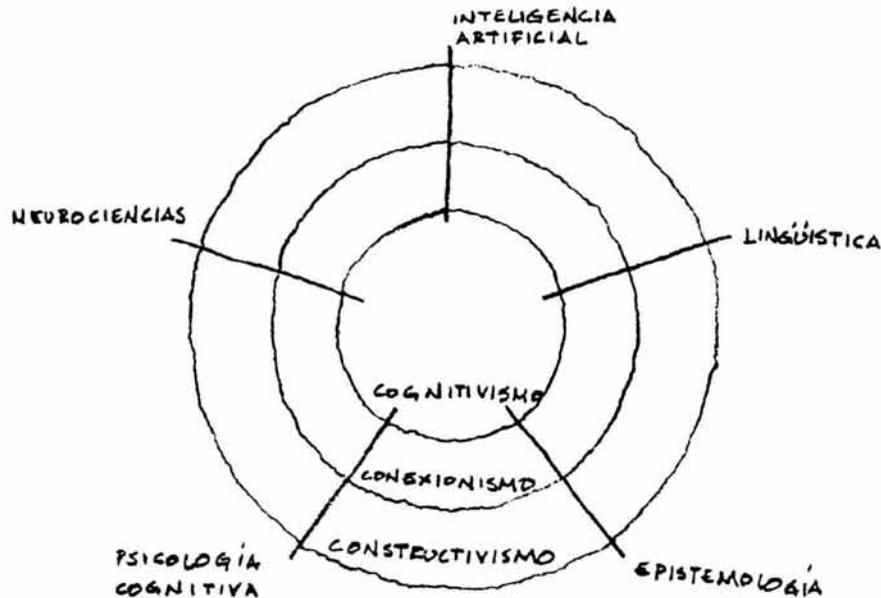
[\* Máquina de Turing]

En la actualidad es posible simular una red neuronal en prácticamente cualquier computadora gracias, precisamente, a esta reducibilidad de las redes de dinámica no-lineal a máquinas de Turing lineales.

Existe, además, un aspecto del paradigma conexionista, que considera que los estados de la red son correspondientes a diversos estados del mundo externo, que ha recibido cuestionamientos más de fondo: "Tanto en el cognitivismo como en el conexionismo de la actualidad, el criterio de cognición continúa siendo una representación atinada de un mundo externo que está dado de antemano. Se habla de elementos informativos a ser captados como rasgos del mundo (como las formas y colores), o bien se encara una definida situación de resolución de problemas que implica un mundo también definido." (Varela, 1998:88-89)

Un diferente programa de investigación, más allá del cognitivismo y del conexionismo, cuestiona precisamente esta idea de que los elementos informativos (simbólicos o emergentes) sean un reflejo o representación del mundo exterior: "El verdadero desafío que esta orientación plantea a las CTC [Ciencias y Tecnologías de la Cognición] es que pone en tela de juicio el supuesto más arraigado de nuestra tradición científica: que el mundo tal como lo experimentamos es independiente de quien lo conoce." (Varela, 1998:96)

En palabras de Perazzo: "Hasta ahora hemos considerado que el proceso perceptual se inicia por las señales del medio, pero no necesariamente tiene que ser así. El cerebro está siempre en actividad, es capaz de generar espontáneamente sus propias representaciones internas sin interacción apreciable con el medio externo... Los conceptos y el esquema de categorías bien pueden, en este sentido, ser considerados una estructura *a priori* inherente a la condición y naturaleza del individuo, en otras palabras, el mundo que nos rodea podría estar generado dentro de nosotros." (Perazzo, 1994:77)



*Las Ciencias y Tecnologías de la Cognición*

*Un mapa polar de las CTC, con el paradigma cognitivista en el centro, los nuevos enfoques en la periferia, y el campo intermedio de las ideas conexionistas entre ambos, de acuerdo con Francisco J. Varela.*

De hecho, para diversos autores esto es lo que en realidad sucede. Por ejemplo, Nelson Goodman propone el concepto de constructivismo bajo la tesis de que "... en contraposición con el sentido común, no existe un 'mundo real' único preexistente a la actividad mental humana y el lenguaje simbólico humano e independiente de éstos; que lo que nosotros llamamos el mundo es un producto de alguna mente cuyos procedimientos construyen el mundo... La actividad que consiste en hacer mundos es, para Goodman, un conjunto de actividades complejo y diverso y, aunque pueda expresarse de cualquier otra manera, implica 'un hacer no con las manos sino con las mentes o, más bien, con lenguajes u otros sistemas simbólicos'." (Bruner, 1998:103).

Para Varela, en este programa de investigación "... la cognición no es la representación de un mundo pre-dado por una mente pre-dada sino más bien la puesta en obra de un mundo y una mente a partir de una historia de la variedad de acciones que un ser realiza en el mundo." (Varela, 1997: 34)

La variedad de acciones que un ser realiza en el mundo durante, digamos, la lectura –o la escritura– de un texto, incluye decisiones acerca del ritmo de la actividad, de la actitud frente a lo que se dice, del lugar y la hora para llevar a cabo la acción, del camino a seguir durante cada capítulo y al concluirlo, y muchas otras. Cada una de estas condiciones es viable de cambiar la apreciación del escrito y, por tanto, la realidad del texto como tal, en la misma medida en que este es viable de cambiar a quien lleva a cabo la acción.

"Después de todo, ¿qué se puede decir contra la información?"

Theodore Roszak

De acuerdo con Gershenfeld, el concepto de *bit* de información nació de la termodinámica, como un intento de respuesta a la paradoja del demonio de Maxwell, y se encuentra fuertemente relacionado con el concepto de entropía (Gershenfeld, 2000). Aunque la proposición de Gershenfeld no es del todo precisa, sí refleja de forma adecuada la evolución de los conceptos de información y memoria a partir de la termodinámica.

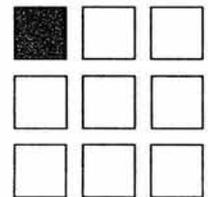
[ \* Entropía]

"El análisis... que Szilard hizo del demonio de Maxwell proporcionó la inspiración para la teoría de la información de Claude Shannon en 1948... Gracias a Szilard, Shannon se dio cuenta de que la entropía podía medir la capacidad de un cable telefónico tanto como la de una máquina. Creó una teoría de la información capaz de hallar el límite de rendimiento de un canal de comunicaciones." (Gershenfeld, 2000)

"Shannon dio definiciones abstractas de los componentes de un sistema de comunicaciones (fuente, transmisor, canal, receptor, destino) y teoremas generales sobre los límites teóricos a la capacidad de flujo de información a través de un canal sujeto a ruidos. Fue el primero que realizó la distinción detallada entre los conceptos de información y significado." (Aspray, 1993:208)

En términos más actuales, el problema al que se enfrentó Shannon se presenta comúnmente con la siguiente pregunta: ¿cómo se relaciona la capacidad de la línea telefónica con la velocidad de transmisión de un

información



*modem?*, o ¿cuál es la máxima velocidad que puedo obtener del *modem* en la línea telefónica?, o ¿porqué se descargan tan lento las páginas de internet (o los mensajes de *e-mail*) desde mi casa?

De acuerdo con Shannon, la máxima velocidad posible es el resultado de multiplicar el ancho de banda (la gama de frecuencias que puede pasar por una línea de teléfono) por el logaritmo de uno más la relación entre la fuerza de la señal y la cantidad de ruido. "Actualmente los módems se encuentran cerca del límite de un canal telefónico convencional, aunque los cables en sí mismos pueden transportar los datos mucho más deprisa" (Gershenfeld, 2000)

En el esquema de Shannon se presentan un emisor, un receptor, un canal de comunicación y un mensaje, considerado como la información que se transmite. Para Shannon, cada uno de los elementos involucrados puede generar ruido, considerando al ruido como todo aquello que interfiere con la recepción del mensaje enviado por el emisor. Sin embargo, el ruido no se considera opuesto a la información.

"... El ruido se mide con las mismas unidades que la información; de hecho, el ruido es información, pero información que no es intencional por parte del emisor. La cantidad de información proporcionada por el ruido es la 'equivocidad'." (Hayles, 1998:79)

En este nivel, ruido e información se consideran como equivalentes y se miden como una función de la distribución probabilística de los elementos del mensaje. (Hayles, 1998:75) De esta forma, la propuesta de Shannon respecto a la información comparte los criterios probabilísticos del análisis de la termodinámica.



Para Pylyshyn, "El concepto de información que surge de esta teoría es extremadamente abstracto en el sentido de que es independiente de la naturaleza de los comunicantes o de los mensajes comunicados. A causa de esta independencia, es igualmente aplicable... al análisis de la transmisión de información y almacenamiento en máquinas... Además, la propiedad esencial que interviene en el análisis de la información es la estructura del conjunto de señales. Puede considerarse como una medida del grado de organización. En este sentido se ha aplicado a una amplia variedad de problemas..." (Pylyshyn, 1975:107)

Por otra parte, ya para esa época parecía claro que era posible codificar información en una secuencia binaria y aprovechar la lógica booleana para su procesamiento, dando el carácter de máquina universal o de propósito múltiple a los computadores electrónicos propuestos, más allá de su capacidad de ejecución matemática, al proporcionar un carácter simbólico a las secuencias numéricas binarias.

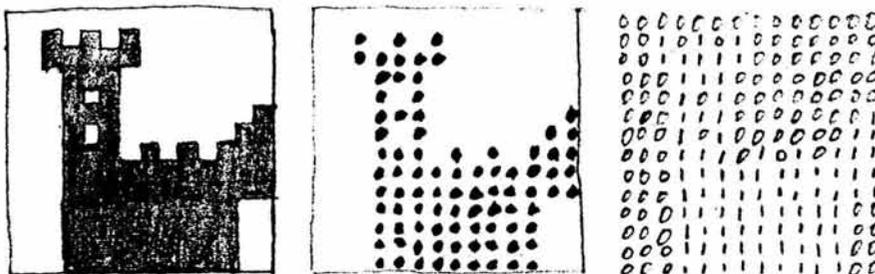
Al respecto, Edgar Morin señala: "La computación no puede limitarse, pues, al cálculo numérico. Igualmente, la computación no puede reducirse a la información. La información no se convierte en información si no es en relación a una computación, y de otro modo no es más que una marca o una traza. La información se nos presenta como un elemento, un momento, un aspecto de un complejo organizador que es la computación. No es, como se ha dicho en demasía, la información la que, *vía* un programa, controla la energía, es el complejo computacional, al disponer de la información programada, lo que controla la energía." (Morin, 1994:49)

[\* Computación]

El propio Shannon lo explicó de la siguiente forma en su texto *Computadores y autómatas*:

"El tratamiento de la información no numérica no deriva, en absoluto, del de la información numérica. Más bien es al contrario... Un concepto significativamente nuevo en cómputo no numérico es el proyecto de un computador programado para usos generales... las órdenes elementales no se referirán a operaciones con números, sino a movimientos físicos, operaciones con palabras, ecuaciones, datos de captaciones sensorias, o de entidades físicas o conceptuales." (Pylyshyn, 1975:165)

De acuerdo con Perazzo, "Una vez planteado de esta manera, el concepto de 'información' es extremadamente amplio. Una fotografía contiene información visual y no hay dificultad en codificarla en ceros y unos." (Perazzo, 1994)



#### *Objeto digital*

*Una entidad física, por ejemplo la fotografía o el dibujo de un castillo, puede ser convertida en un objeto digital. En el caso de la imagen representada, considerando una profundidad de un bit por pixel, la secuencia decimal, en series de 7 bits, es: 0,0,21,0,31,0,14,0,10,0,14,1,10,3,14,87,15,127,15,127,15,124,15,124,15,124,15,124. Este número es una entidad equivalente (isomórfica) a la imagen del primer cuadro y puede sustituirla para la realización de diversas actividades: almacenamiento, edición, transmisión, etc.*

De esta forma, una secuencia binaria puede encontrarse referida a una entidad física y, eventualmente, sustituirla para la realización de operaciones significativas sobre la forma o estructura de la entidad, misma que puede ser reconstituida físicamente después de la secuencia de transformaciones digitales.

[\* Digital]

Gracias a esta idea la fotografía, para continuar con el ejemplo mencionado, puede pasar de ser un objeto físico (digamos una superficie como vidrio, plástico o papel con una impronta química) para convertirse en un objeto digital, codificado en ceros y unos, que puede ser almacenado, alterado, transmitido y, si se desea, convertido nuevamente en objeto físico. Eventualmente, si se cuenta con los mecanismos de *Input* y *Output* (el *scanner* y la impresora) adecuados, cualquier objeto físico puede convertirse en *software* y volver a materializarse posteriormente.

Nuevamente, nos encontramos frente a la idea de isomorfismo entre *hardware* y *software*, que es fundamento de la computación digital y se relaciona con la máquina universal de Turing, y que nos brinda, asimismo, una base para asentar la idea de que el diseño en *software* es isomórfico, equivalente, de alguna manera, al diseño en *hardware*.

[\* Computación]

Por otra parte, diferentes autores cuestionan algunos de los conceptos asociados a la teoría de la información. Uno de los análisis más interesantes de la relación entre la información y el sistema receptor ha sido desarrollado por René Thom en su libro *Estabilidad estructural y morfogénesis*. Es importante el replanteamiento del concepto de información desarrollado a lo

largo del texto, en tanto que rompe el paradigma de transferencia lineal de un mensaje:

"Ya me referí al uso abusivo del vocablo información ...; es de temer que ... hayan dado a la teoría matemática de la información un alcance que ésta en modo alguno tiene. Dicha teoría, en efecto, sólo trata un problema técnico que consiste en transmitir de manera óptima un mensaje dado desde una fuente a un receptor por un canal de características dadas." (Thom, 1987:167).

A diferencia de esta interpretación tradicional, Thom brinda a la información un carácter de *configuración geométrica*: "Cuando en general se habla de información se debería emplear la palabra forma. La medida escalar de información debe poder interpretarse geoméricamente como complejidad topológica de una forma..." (Thom, 1987:138).

[\* Geometría del conocimiento]

Y más aun, "Estamos acostumbrados a considerar toda información en la forma de un mensaje, es decir, de una serie finita de letras tomadas de un alfabeto. Pero éste no es más que uno de los aspectos posibles de la información; cualquier forma geométrica puede ser el soporte de una información; en el conjunto de las formas geométricas, vehículos de una información del mismo tipo, la complejidad topológica de la forma es la medida escalar de la información cuantitativa." (Thom, 1987:156)

Así, la estructura lineal del mensaje, tan importante para el análisis probabilístico de Shannon, deviene innecesaria: "En conclusión, no habría que creer que una estructura lineal sea una necesidad para transportar o almacenar la información (más exactamente, la significación)." (Thom, 1987:157)

A partir de ahí, el concepto de transmisión de la información es considerado, igualmente, desde otra óptica donde carece de la importancia que le asignó Shannon: "El medio más simple (y tal vez el único, en última instancia) de multiplicar espacialmente una forma es apelar al fenómeno mecánico de la resonancia..." (Thom, 1987:156)

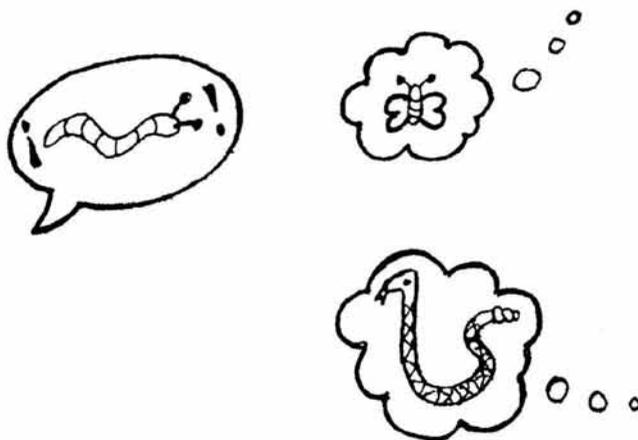
Inclusive, de acuerdo a Maturana y Varela, cualquier cosa que pueda ser considerada como 'información transmitida' es irrelevante para la ontogenia de un sistema determinado estructuralmente: "Nuestra discusión nos ha llevado a concluir que, biológicamente, no hay 'información transmitida' en la comunicación. Hay comunicación cada vez que hay coordinación conductual en un dominio de acoplamiento estructural... El fenómeno de comunicación no depende de lo que se entrega, sino de lo que pasa con el que recibe. Y esto es un asunto muy distinto a 'transmitir información'." (Maturana y Varela, 1996:130)

[\* Cibernética]

De esta forma, contrariamente a lo planteado por Shannon y Weaver, no es lo que se dice (mensaje), ni cómo se dice (transmisión), ni lo que se llega a escuchar (recepción), ni el medio en que se hace (canal de comunicación) lo determinante de un sistema de información, sino el nivel de resonancia entre los seres o entidades que realizan el acto de comunicación. Un nivel de resonancia mayor en el marco de un acoplamiento estructural, tendrá como consecuencia una más profunda coordinación conductual o actividad compartida, independientemente de la longitud o de la probabilidad de los elementos del mensaje.

Esto podría explicar cómo, en determinado momento, basta con una mirada, un simple gesto o una sonrisa, para provocar toda una cadena de reacciones

en una persona, algunas de las cuales no pueden, siquiera, ser expresadas por palabras. Parece que estos fenómenos de profunda comunión con alguien, que todos hemos experimentado alguna vez, escapan por completo a la tradicional teoría de la información.



*Información y comunicación*

*El proceso de comunicación no depende de lo que se entrega, sino de lo que pasa con el que recibe, y eso es un asunto muy distinto a "transmitir información".*

"Cada vida es un punto de vista sobre el universo"

José Ortega y Gasset

Una forma interesante de aproximación al análisis o estudio del vínculo entre el ser humano y la computadora se podría encontrar en la cibernética de segundo orden.

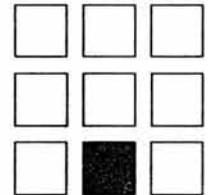
Se considera que la cibernética nació en 1943, cuando Norbert Wiener, Julian Bigelow y Arturo Rosenblueth publicaron un artículo titulado *Comportamiento, propósito y teleología*, en el que se presentó por primera vez la idea de retroalimentación o causalidad circular, y se aplicaba para explicar el comportamiento de los organismos vivos. Para ellos, el comportamiento de cualquier organismo o máquina que incluyera mecanismos de retroalimentación "... podía denominarse 'intencionado', al tratarse de un comportamiento dirigido a un objetivo". (Capra, 1998:77)

[\* Intencional]

Cibernética es una palabra propuesta a partir del término griego *kibernetes*, que significa timonel, ya que se considera que la actividad de dirigir un timón implica una serie de movimientos de ajuste sucesivos, de acuerdo a los resultados obtenidos en las acciones previas. En otras palabras: los resultados de una acción se vuelven la causa de la siguiente para lograr un objetivo específico.

Para Bertalanffy, la cibernética se refiere a "... los sistemas de control basada en la comunicación (transferencia de información) entre sistema y medio circundante, y dentro del sistema, y en el control (retroalimentación) del funcionamiento del sistema en consideración al medio." (Bertalanffy, 1998:20)

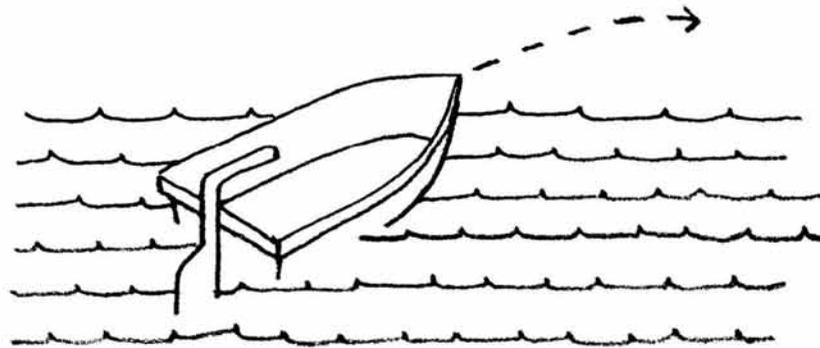
cibernética



Para Dirk Hanson, la cibernética es "... el estudio de los procesos gemelos de comunicación y control en los humanos, las máquinas y los sistemas compuestos de cualquiera de las dos cosas o de ambas." (Hanson, 1984:52)

La atención de la cibernética se centra en los patrones de organización y en las nociones de control y retroalimentación, vistas como pautas de organización, esenciales para la comprensión de la vida, y que podrían ser aplicadas a las máquinas.

De acuerdo con Fritjof Capra: "No obstante, las máquinas cibernéticas son muy distintas de los mecanismos cartesianos de relojería. La diferencia crucial estriba en el concepto de retroalimentación... Un bucle de retroalimentación es una disposición circular de elementos conectados causalmente, en la que una causa inicial se propaga alrededor de los eslabones sucesivos del bucle, de tal modo que cada elemento tiene un



*Cibernética*

*La palabra cibernética deriva del término griego kibernetes (timonel), ya que se considera que un timón se dirige con una serie de ajustes sucesivos basados en los resultados de las acciones previas*

efecto sobre el siguiente, hasta que el último 'retroalimenta' el efecto sobre el primer eslabón en que se inició el proceso. La consecuencia de esta disposición es que el primer eslabón ("input") se ve afectado por el último ("output"), lo que se traduce en la autorregulación de todo el sistema, al verse modificado el estímulo inicial a lo largo de cada recorrido del circuito." (Capra, 1998:75)

De hecho, las Conferencias de Macy, sobre *Mecanismos de Retroalimentación y Sistemas Causales Circulares en Biología y Ciencias Sociales*, deben mucho a esta concepción propuesta por Wiener y sus colegas.

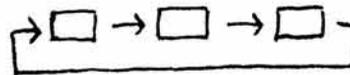
[\* Conferencias de Macy]

De esta forma, un concepto esencial para la cibernética, y para la teoría general de sistemas, es el de patrón u organización: "La idea de un patrón de organización -una configuración de relaciones características de un determinado sistema- se convirtió en el centro explícito del pensamiento sistémico en cibernética y desde entonces ha sido un concepto crucial." (Capra, 1998:98)

La idea de organización nos permite entender un sistema compuesto, un organismo vivo, como una unidad. Así, "El estudio del patrón es crucial para la comprensión de los sistemas vivos, puesto que las propiedades sistémicas... emergen de una configuración de relaciones ordenadas. Las propiedades sistémicas son propiedades de un patrón. Lo que se destruye cuando un sistema vivo es diseccionado, es su patrón. Sus componentes siguen ahí, pero la configuración de las relaciones entre ellos -el patrón- ha sido destruida y en consecuencia el organismo muere." (Capra, 1998:99)

La organización del sistema, entonces, le brinda precisamente las características o propiedades sistémicas, incomprensibles a partir del estudio de las partes aisladas. Estas características se denominan propiedades emergentes en el marco de la teoría general de sistemas: "El sentido de la expresión algo mística 'el todo es más que la suma de sus partes' reside sencillamente en que las características constitutivas no son explicables a partir de las características de partes aisladas. Así, las características del complejo, comparadas con las de los elementos, aparecen como 'nuevas' o 'emergentes'." (Bertalanffy, 1998:55)

Las primeras representaciones cibernéticas suponían un sistema con puntos de entrada y salida de información (*input* y *output*) y una disposición continua de los elementos internos. Sin embargo, si los mecanismos de retroalimentación y control se aplican en una configuración de red, no lineal, donde diferentes elementos se encuentran interconectados y se retroalimentan mutuamente, entonces obtenemos sistemas complejos en los que aparecen patrones de autoorganización. El sistema parece auto-regularse o reforzar determinados comportamientos.



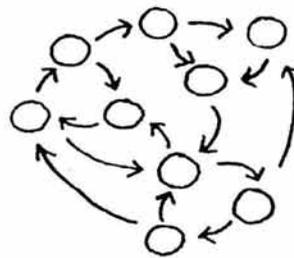
#### *Retroalimentación*

*La representación cibernética tradicional está formada con puntos de entrada y salida (input-output) de información y un mecanismo de retroalimentación que permite que una salida (output) se convierta en entrada (input).*

Este tipo de sistemas se define matemáticamente por medio de ecuaciones no-lineales que reflejan los procesos de retroalimentación: "En los sistemas lineales, pequeños cambios producen pequeños efectos, mientras que los grandes cambios son resultado de grandes cambios o bien la suma de muchos pequeños cambios. Por el contrario, en los sistemas no-lineales los pequeños cambios pueden tener efectos espectaculares, ya que pueden ser repetidamente amplificados por la retroalimentación autorreforzadora."  
(Capra, 1998:140)

Adicionalmente, los sistemas autoorganizados presentan ciertas peculiaridades desde el punto de vista de la termodinámica: "De acuerdo con el segundo principio de la termodinámica, la dirección general de los acontecimientos físicos es hacia estados de máxima entropía, probabilidad y desorden molecular, que nivelan las diferencias existentes. En contraste y 'violenta contradicción' con el segundo principio, los organismos vivos se mantienen en un estado fantásticamente improbable, preservan su orden pese a continuos procesos irreversibles..." (Bertalanffy, 1998:165)

[\* Entropía]

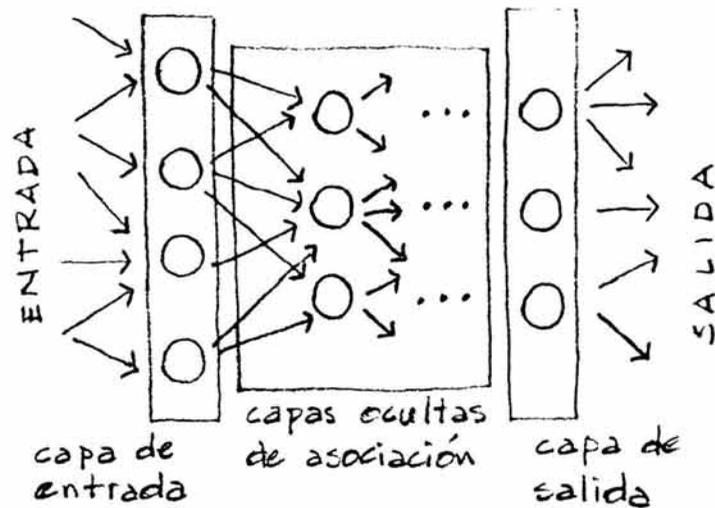


*Organización no-lineal*

*Si los mecanismos de retroalimentación se aplican en una configuración no lineal, donde diferentes elementos se encuentran interconectados, se obtienen sistemas en los que aparecen patrones de autoorganización.*

De esta forma, los sistemas autoorganizados son sistemas abiertos operando lejos del equilibrio. Esta forma de operación *neguentrópica*, en aparente contraste con la termodinámica, permite no sólo la preservación de la organización interna, sino la creación de nuevas estructuras y modos de comportamiento.

En otras palabras, consideramos la autoorganización como "...la aparición espontánea de nuevas estructuras y nuevos modos de comportamiento en sistemas lejos del equilibrio, caracterizada por bucles de retroalimentación internos y descrita matemáticamente en términos de ecuaciones no-lineales." (Capra, 1998:103).



*Red en capas*

*Este es un esquema genérico de un sistema de red en capas en el que se presenta una capa de entrada, una capa de salida y diferentes capas de asociación que pueden presentar, a su vez, mecanismos de retroalimentación. (Perazzo)*

El modelo de sistema autoorganizado no considera, de esta forma, mecanismos de entrada y salida de información (*input* y *output*), aunque sí considera un intercambio energético con el medio, de acuerdo a la termodinámica.

A esta propiedad se le conoce como clausura operativa, e implica que no hay intercambio de información con el entorno que altere el funcionamiento del sistema: "Con clausura no se entiende aislamiento termodinámico, sino solamente cerradura operacional, es decir, que las operaciones propias del sistema se vuelven recursivamente posibles por los resultados de las operaciones propias del sistema." (Luhmann, 1998:101)

En la definición de Varela: "La noción de clausura operativa es un modo de especificar las clases de procesos que, en su propia operación, se vuelven sobre sí mismos para formar redes autónomas. Tales redes no se incluyen en la clase de sistemas definidos por mecanismos externos de control (heterotomía), sino en la clase de sistemas definidos por mecanismos internos de autoorganización (autonomía). El punto clave es que tales sistemas no operan por representación: en vez de representar un mundo independiente, *enactúan* un mundo como un dominio de distinciones que es inseparable de la estructura encarnada por el sistema cognitivo." (Varela, 1997:168)

La clausura operativa, característica de los sistemas autoorganizados, brinda sentido de esta forma a la noción de sistemas determinados estructuralmente, considerados como "... sistemas en los cuales todos sus cambios están determinados por su estructura, cualquiera que ésta sea, y en los cuales estos cambios estructurales se dan como resultado de su propia dinámica o desencadenados por sus interacciones." (Maturana y Varela, 1996:64)

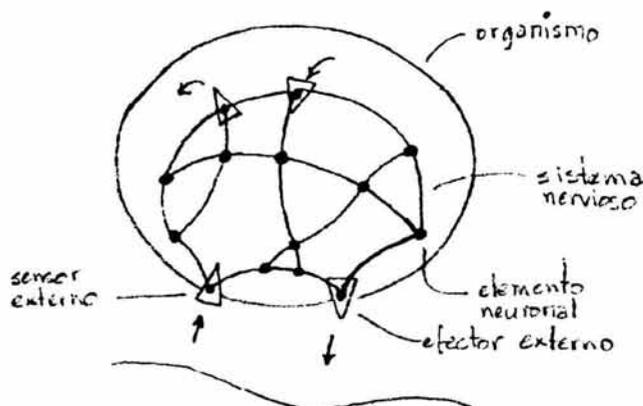
Sin entradas ni salidas de información, nociones como la de representación, codificación y transmisión de información no son pertinentes para la determinación de un sistema autoorganizado: "Los sistemas vivos son sistemas determinados por la estructura. Como tales, no permiten interacciones instructivas, y todo lo que sucede en su interior sucede como un cambio estructural determinado en cualquier instante en su estructura, ya sea durante el transcurso de su propia dinámica interna, o desatado, pero no especificado, por las circunstancias de sus interacciones." (Maturana, 1995:65)

Desde el punto de vista neurofisiológico, eso es precisamente lo que sucede, de acuerdo con Maturana: "La organización anatómica y funcional fundamental del sistema nervioso es básicamente uniforme: las mismas funciones y operaciones (excitación, inhibición, interacción lateral, inhibición recursiva, etc.) se realizan en sus varias partes, aunque en diferentes contextos e integradas de distintas formas... el sistema nervioso, como un modo de organización, parece empezar en cualquier punto arbitrario que el observador considere: la respuesta a la pregunta de qué es un *input* para el sistema nervioso depende completamente del punto de observación elegido... no hay distinción posible entre los estados de actividad nerviosa generados interna o externamente." (Maturana, 1995:220)

"En otras palabras, el sistema nervioso no usa en su operación representaciones del medio, no opera con conceptos, ni tampoco utiliza símbolos. El sistema nervioso opera sólo generando relaciones cambiantes de actividad entre sus componentes en una dinámica cerrada en la que cualquier cambio de relación de actividad entre algunos elementos dentro de él generan otros cambios de relaciones de actividad entre otros de sus elementos." (Maturana, 1995:49)

Asimismo, Bertalanffy reconoce esta característica: "Aun sin estímulos externos, el organismo no es un sistema pasivo sino intrínsecamente activo... la investigación reciente muestra con claridad cada vez mayor que la actividad autónoma del sistema nervioso, residente en el sistema mismo, debe ser considerada primaria... El estímulo (o sea un cambio en las condiciones externas) no causa un proceso en un sistema inerte por lo demás; sólo modifica procesos en un sistema autónomamente activo". (Bertalanffy:1998,219)

Tal como indica Perazzo, el cerebro está siempre en actividad y es capaz de generar espontáneamente sus propias representaciones internas sin interacción aparente con el medio externo. Así, el mundo que nos rodea podría estar generado dentro de nosotros. (Perazzo, 1994:77)  
[\* Computación]



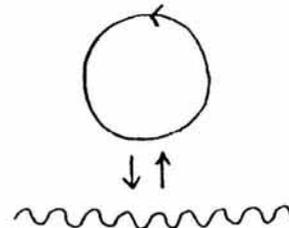
#### Organismo y sistema nervioso

*El sistema nervioso es una red neuronal cerrada que se interseca en muchos lugares diferentes con el organismo que integra. Estas intersecciones pueden ser vistas como superficies efectoras y sensoriales. La parte neuronal de cada sensor y efector participa en la operación del sistema nervioso como un sistema cerrado de relaciones. (Maturana,1995-1)*

De esta forma, "... una perturbación del medio no contiene en sí una especificación de sus efectos sobre el ser vivo, sino que es éste en su estructura el que determina su propio cambio ante ella. Tal interacción no es instructiva porque no determina cuáles van a ser sus efectos... los cambios que resultan de la interacción entre ser vivo y medio son desencadenados por el agente perturbante y determinados por la estructura de lo perturbado." (Maturana y Varela, 1996:64)

La teoría de Santiago, propuesta por los científicos chilenos Humberto Maturana y Francisco Varela se centra en el concepto de autopoiesis, como organización de los sistemas vivos, en tanto que sistemas determinados estructuralmente que no admiten interacciones instructivas. La etimología de la palabra autopoiesis son los términos griegos *auto*, que significa 'sí mismo', y *poiesis*, entendido como creación.

Autopoiesis puede definirse como creación de sí mismo, y es considerada la esencia de lo vivo: "Los seres vivos se caracterizan porque, literalmente, se



#### *Autopoiesis*

*El organismo autopoietico es un sistema determinado estructuralmente que no admite interacciones instructivas. Se produce a sí mismo. En este proceso el medio sólo puede gatillar los cambios de la unidad autopoietica, no determinarlos (Maturana y Varela)*

producen continuamente a sí mismos, lo que indicamos al llamar a la organización que los define, organización autopoietica." (Maturana y Varela,1984:25)

En otras palabras: "La autopoiesis, el 'hacerse a sí mismo', es un patrón de red en el que la función de cada componente es participar en la producción o transformación de otros componentes de la red, de tal modo que ésta se hace a sí misma continuamente. Es producida por sus componentes y, a su vez, los produce." (Capra, 1998:175)

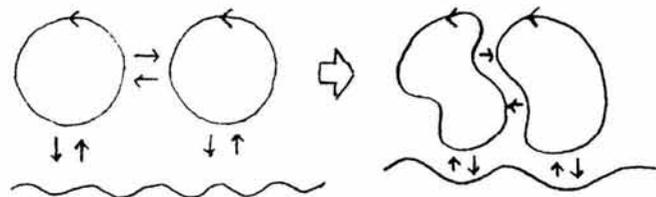
Cada unidad autopoiesica tiene una historia de cambio estructural u ontogenia. En este contexto, la ontogenia es la historia del cambio estructural de un sistema determinado estructuralmente, sin que éste pierda su organización: "... la historia individual u ontogenia de todo ser vivo transcurre, o se da, constitutivamente como una historia de cambios estructurales que siguen un curso que se establece momento a momento determinado por la secuencia de sus interacciones..." (Maturana, 1995:110)

De acuerdo con Maturana y Varela: "Toda ontogenia se da dentro de un medio que, nosotros como observadores, podemos a la vez describir como teniendo una estructura particular, tal como radiación, velocidad, densidad, etc. Como también describimos la unidad autopoietica como teniendo una estructura particular, nos resultará aparente que las interacciones mientras sean recurrentes entre unidad y medio constituirán perturbaciones reciprocas. En estas interacciones la estructura del medio sólo gatilla los cambios estructurales de las unidades autopoieticas (no los determina ni instruye) y viceversa para el medio. El resultado será una historia de mutuos cambios estructurales concordantes mientras no se desintegren: habrá acoplamiento estructural." (Maturana y Varela,1996:50)

De esta forma, cualquier cosa que pueda ser considerada como 'información transmitida' es irrelevante para la ontogenia de un sistema determinado estructuralmente. De acuerdo con Maturana y Varela, el proceso de comunicación se basa en un proceso de coordinación conductual en un dominio de acoplamiento estructural, por lo tanto no existe un ente reconocible como 'información transmitida': "El fenómeno de comunicación no depende de lo que se entrega, sino de lo que pasa con el que recibe. Y esto es un asunto muy distinto a 'transmitir información'." (Maturana y Varela, 1996:130)

A partir de estas nociones, los procesos de relación con el entorno, entendidos como cognición, pertinentes para el estudio del vínculo entre el ser humano y la computadora, adquieren un enfoque distinto al que tradicionalmente se les había dado en las ciencias y tecnologías de la cognición dentro de los paradigmas cognitivista y conexionista.

La teoría de Santiago se corresponde en este punto con lo que Niklas Luhmann llama *cibernética de segundo orden*, sugerida por Heinz von



*Acoplamiento estructural*

*Cuando dos o más organismos autopoieticos entran en interacción recurrente aparece una dinámica de continuos cambios concordantes. (Maturana y Varela)*

Foerster, y que parte de la idea de que todo lo que pueda decirse acerca de cualquier cosa es dicho por un observador, que puede ser uno mismo. De esta forma, la actividad de observación adquiere un carácter de actividad primaria. La cibernética de segundo orden es conocida, así, como cibernética de la observación de observadores.

En palabras de Morin: "Como dice von Foerster, precisamos 'no sólo una epistemología de los sistemas observados, sino también una epistemología de los sistemas observadores'. Ahora bien, los 'sistemas observadores' son sistemas humanos que también deben ser concebidos y comprendidos como sujetos". (Morin, 1994:31)

Para Maturana "... observar es al mismo tiempo el punto de partida definitivo y la cuestión más fundamental en cualquier intento de entender la realidad y la razón como fenómenos del dominio humano. En efecto, cualquier cosa que se diga es dicha por un observador, u observadora, a otro observador, u observadora, que podría ser él mismo, o ella misma, y el observador es un ser humano" (Maturana, 1995:II-14)

La observación, como actividad primaria, implica la realización de una distinción: "La operación básica que cumple un observador o una observadora en la praxis de vivir es la operación de ejercer la diferenciación. Al realizar la operación de diferenciar un observador produce una unidad (una entidad, una totalidad), así como el medio en el cual esa unidad puede ser diferenciada..." (Maturana, 1995:II-109)

El proceso de diferenciar determina la información con que se constituye el mundo, de acuerdo con la fórmula, que se ha vuelto clásica, de Gregory Bateson: "la información es la diferencia que hace la diferencia". De todas aquellas posibles diferenciaciones en un entorno, sólo aquellas que son

pertinentes al organismo serán 'las que hagan la diferencia', siendo viables, de esta forma, de ser consideradas información por parte de un observador, que puede ser el mismo organismo.

De acuerdo a Jacob von Uexküll: "... del gran pastel de la realidad, cada organismo vivo corta una rebanada, que puede percibir y a la cual puede reaccionar gracias a su organización psicofísica, es decir, a la estructura de sus órganos receptores y efectores... cualquier organismo, por decirlo así, recorta de la multiplicidad de los objetos circundantes un número reducido de características a las cuales reacciona y cuyo conjunto forma su 'ambiente' (*Unwelt*). Todo lo demás es inexistente para este organismo particular." (Bertalanffy, 1998:240)

Esta referencia brinda sentido a la frase de Heinz von Foerster: "No se puede ver que no se ve lo que no se ve", característica de la cibernética de segundo orden, ya que la actividad de observación se encuentra delimitada por las posibles distinciones que el observador puede efectivamente realizar de acuerdo a su propia estructura psicofísica.

Precisamente Spencer Brown propone un sistema de cálculo lógico matemático a partir de la idea de distinción. En palabras de Simon: "Como lo ha demostrado un lógico de Oxford, George Spencer Brown, todas las formas de construcción de la realidad se reducen a un solo proceso: la realización de distinciones... Por lo tanto no se trata de alguna cosa 'objetiva': siempre es el observador el que determina qué diferencias hacen una diferencia para él." (Watzlawick, 1998:138)

Niklas Luhmann lo expresa de la siguiente manera: "Por observación, por otra parte, quiero significar el acto de distinguir para la creación de información." (Luhmann, 1998:27)

De esta forma, un observador es "... alguien que puede hacer distinciones y especificar lo que distingue como una entidad (un algo) diferente de sí mismo, y puede hacerlo con sus propias acciones y pensamientos recursivamente... Todas las distinciones que tratamos, de manera conceptual o concreta, están hechas por nosotros como observadores: todo lo dicho es dicho por un observador a otro observador." (Maturana, 1995:II-228)

Debemos tomar en cuenta, entonces, que "... el observador puede describir una entidad solamente si existe por lo menos otra entidad de la cual puede ser distinguida y con la cual puede interactuar, incluso si se trata del observador mismo, y que sirve de referencia para la observación." (Maturana, 1995:II-209)

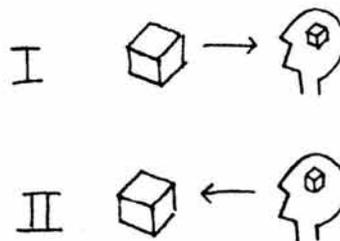
De esta forma una unidad es cualquier entidad concreta o conceptual, separada de un trasfondo por una operación de distinción, conceptual o concreta, y que adquiere en la distinción un carácter independiente respecto al observador.

Una entidad puede ser tratada como unidad simple, esto es, "como un todo no analizable dotado de propiedades constitutivas" o como una entidad compuesta, una unidad que "... a través de operaciones adicionales de diferenciación es descompuesta por parte del observador en componentes que mediante su composición constituirían el original de la unidad simple en el dominio en el cual se la diferencia". La entidad compuesta se comprende por las propiedades que especifican su organización (propiedades emergentes) y no por las propiedades de sus componentes; pero además, una entidad compuesta "... se diferencia operacionalmente como una unidad simple en un metadominio respecto al dominio en el cual se diferencian sus componentes..." (Maturana, 1995)

Un objeto es en primer lugar, dentro de este contexto, una entidad que un observador distingue. Sin embargo, las cosas, los objetos, son entidades diferenciadas en un dominio de coordinación consensual de segundo orden entre dos o más observadores.

A partir de un acoplamiento estructural entre dos o más observadores, de una ontogenia interactiva, se logra una coordinación consensual de acciones (las palabras, por ejemplo, son consideradas acciones dentro del dominio del lenguaje) para especificar una entidad. Cuando esta primera coordinación consensual queda establecida asimismo como entidad, se establece una coordinación consensual de segundo orden, o una coordinación consensual de la coordinación consensual, que corresponde a un objeto.

De esta forma, para Maturana: "... los objetos son relaciones de coordinaciones de coordinaciones de acciones consensuales en el espacio de las relaciones humanas, y ... al hablar de objetos o al mencionarlos, no hacemos referencias o mapeos o connotaciones de nada diferente de ellas." (Maturana, 1995:II-190)



#### *Objetos y mente*

*¿Las ideas son las cosas que se nos meten en la cabeza o las cosas son las ideas que se nos salen de la cabeza y son tomadas por nosotros como realidades? La primera proposición se encuentra representada en la figura I y la segunda proposición en la figura II.*

Si consideramos, con Maturana, que el observador es un ser humano, entonces el dominio de coordinación consensual para la distinción de entidades se realiza en el lenguaje.

En otras palabras: "Cuando dos o más sistemas autopoyéticos interactúan recurrentemente, y en cada uno de ellos su estructura dinámica sigue un derrotero de cambio contingente sobre la historia de sus interacciones con los otros, hay una deriva estructural coontogénica que da origen a un dominio ontogénicamente establecido de interacciones recurrentes entre ellos que se muestra al observador, u observadora, como dominio de coordinaciones consensuales de acciones o diferencias en un entorno." (Maturana, 1995:II-144)

Este dominio que se establece entre dos o más sistemas autopoieticos puede denominarse dominio consensual de interacciones o dominio lingüístico: "... el fenómeno del lenguaje tiene lugar en la coontogenia de los sistemas vivientes cuando dos o más organismos operan, a través de sus interacciones consensuales recurrentemente ontogénicas, en un proceso progresivo de coordinaciones consensuales recursivas de coordinaciones consensuales de acciones o diferenciaciones." (Maturana,1995:II-145)

Por lo tanto: "... los objetos surgen en el lenguaje como coordinaciones consensuales de acciones que operativamente oscurecen, para el resto de las otras coordinaciones consensuales recursivas de las acciones tomadas por parte de los observadores, las coordinaciones consensuales de acciones (diferenciaciones) que coordinan... Los objetos no existen antes que el lenguaje." (Maturana, 1995:II-145)

Los objetos, de esta forma, son creados en las coordinaciones consensuales de acciones de segundo orden. Fritjof Capra puntualiza este proceso de creación de objetos: "Maturana y Varela no nos dicen que hay un vacío ahí fuera del que creamos materia. Existe para ellos un mundo material, pero carece de características predeterminadas. Los autores de la teoría de Santiago no afirman que 'nada existe' [*nothing exists*], sino que 'no existen cosas' [*no things exist*] independientes del proceso de cognición. No hay estructuras objetivamente existentes, no existe un territorio predeterminado del que podamos levantar un mapa: es el propio acto de cartografiar el mundo quien lo crea" (Capra, 1998:280)

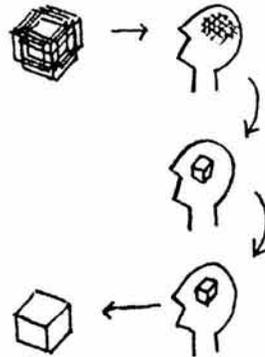
Podríamos resumir de esta forma: "Dado que todo lo dicho es dicho por un observador a otro observador, y dado que los objetos (entidades, cosas) surgen en el lenguaje, no podemos operar con objetos (entidades o cosas) como si existieran fuera de las diferenciaciones de las diferenciaciones que los constituyen... la existencia está especificada por una operación de diferenciación: nada existe antes de su diferenciación. En este sentido, casas, personas, átomos o partículas elementales no son diferentes." (Maturana, 1995:II-159)

El filósofo alemán Ludwig Wittgenstein plantea una idea concordante expresando que para el ser humano los límites de su lenguaje son los límites de su mundo. (Wittgenstein, 2000)

Este proceso de producción de objetos es, por tanto, un proceso que involucra la estructura del observador y su dominio cognoscitivo: "... operar en el lenguaje no es una actividad abstracta como pensamos normalmente. Expresarse mediante el lenguaje es interactuar estructuralmente. El lenguaje tiene lugar en el dominio de las relaciones entre organismos en la recursión

de coordinaciones consensuales de acciones consensuales, pero al mismo tiempo el lenguaje tiene lugar a través de interacciones estructurales en el dominio de la existencia física de los cuerpos de los organismos que lenguajea... Como cambia el cuerpo, así cambia el lenguaje, y como cambia la expresión mediante el lenguaje así cambia el cuerpo. Aquí reside el poder de las palabras... el mundo que producimos en el lenguajear pasa a formar parte del dominio en el cual nuestras derivas estructurales ontogenéticas y filogenéticas tienen efectivamente lugar." (Maturana, 1995:II-150)

Los objetos no son 'cosas' (res) que encontramos 'allá afuera', en un supuesto dominio de objetos (realidad): son coordinaciones consensuales de



#### *Cibernética de segundo orden*

*Para la cibernética de segundo orden el organismo mantiene un intercambio energético con su medio, de acuerdo a las leyes de la termodinámica. De esta forma, no hay un vacío ahí fuera del que creamos materia, existe un mundo material, pero carece de características predeterminadas. Por lo tanto, este intercambio energético es indiferenciado y no implica transmisión de información.*

*Es el observador quien realiza una distinción a partir del intercambio energético y, en este sentido, produce el objeto observado. De esta forma, la existencia está especificada por una operación de diferenciación: nada existe antes de su diferenciación.*

diferenciaciones de segundo orden del observador con otros observadores o consigo mismo. Pero una vez que surgen, no son triviales: debido al involucramiento recursivo y recíproco entre el lenguaje y la corporeidad, la praxis del observador cambia con los objetos que produce en la diferenciación.

Debido a esto, los objetos pueden ser tratados como si efectivamente existieran de forma independiente del observador: "... cuando un objeto es diferenciado en el lenguaje, su dominio de existencia como dominio coherente de coordinaciones consensuales de acciones se vuelve un dominio de objetos, un dominio de realidad... Una vez producido un dominio de realidad, el observador, u observadora, puede abordar los objetos o entidades que lo constituyen como si fueran todo lo que hay y como si existieran independientemente de las operaciones de diferenciación que los producen." (Maturana, 1995:II-165)

El filósofo español José Ortega y Gasset explica una idea similar basándose en una breve anécdota: "Cuando Heine, sin duda al salir de una lección de Hegel, preguntaba a su cochero: '¿Qué son las ideas?', éste respondía: '¿Las ideas? ... Las ideas son las cosas que se le meten a uno en la cabeza'. Pero el caso es que podemos más formalmente decir que las cosas son las ideas que se nos salen fuera de la cabeza y son tomadas por nosotros como realidades." (Barroso, 1985:214)

El proceso de diferenciación de objetos y de producción de dominios de realidad no es, sin embargo, un acto puramente racional: todo acto racional tiene fundamento en la emoción. En este contexto se considera que la

emoción se refiera a las "...disposiciones corporales que especifican en cada instante el dominio de acciones en que se encuentra un animal (humano o no) y que el emocionar, como un fluir de una emoción a otra, es un fluir de un dominio de acciones a otro." (Maturana, 1995:1-23)

El fundamento último de la acción humana, y por lo tanto de la observación, se encuentra en la emoción como disposición corporal que especifica un dominio de acciones y, por tanto, un dominio racional: "... debido a esto todas las acciones humanas, cualquiera sea el espacio operacional en que se den, se fundan en lo emocional porque ocurren en un espacio de acciones especificado desde una emoción. El razonar también." (Maturana, 1995:1-23)

"... al hacernos cargo de la participación de las emociones como fundamento de cualquier sistema racional... obtenemos el verdadero valor de la razón en la comprensión de lo humano. Y esto es así, porque ahora sabemos que debemos darnos cuenta de nuestras emociones, y conocerlas en su fluir, cuando queramos que nuestra conducta sea en efecto racional desde la comprensión de lo racional." (Maturana, 1995:1-35)

Esto permitiría comprender que existen diferenciaciones y acciones que parecen ajenas al curso de lo racional: "... Al mismo tiempo, como todo cambio emocional es un cambio de dominio de acciones y, por lo tanto, de dominio racional, debido a nuestro fluir emocional no consensual o a nuestro fluir emocional consensual fuera del lenguaje, resulta que muchas veces nuestro discurso y nuestro razonar cambian de una manera que nos parece ajena al curso que un momento antes seguía nuestro conversar, y nos encontramos en un emocionar y un razonar que nos parecen inesperados aun después de una reflexión posterior." (Maturana, 1995:1-30)

Consecuentemente, cada punto de vista es un mundo diferente construido por un ser humano, con valor equivalente al de cualquier otro punto de vista, que corresponde a otro mundo, igualmente construido, igualmente humano.

Cada ser humano construye su propio ser y su propio mundo, y esta construcción se encuentra inmersa en un estado emocional que le brinda sentido a la actividad humana. Como todos hemos experimentado alguna vez, al encontrarnos en ciertas disposiciones emocionales nuestra percepción del mundo puede cambiar de manera significativa y nuestra actividad adquiere nuevos sentidos.

"El conocimiento no parte ni del objeto ni del sujeto sino de la interacción"

Silvie Parrat-Dayan

A pesar de que la interactividad es esencial para la comprensión de la relación entre el ser humano y la computadora, ya sea que se le trate como *interfaz gráfica* o como *interfase*, existen pocas aproximaciones conceptuales hacia este término.

[\* Geometría del conocimiento]

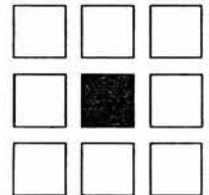
Una de las más interesantes es presentada por Brenda Laurel, quien considera que la interactividad "no es acerca de la información, sino acerca de la experiencia". (Gándara, 2002)

A partir de las ideas de Laurel, el Dr. Manuel Gándara desarrolla una de las conceptualizaciones más completas acerca de la interactividad. En esta aproximación la interactividad es vista como la acción recíproca entre dos agentes y, en el caso de los "multimedios", se considera que "uno de los agentes es real (el usuario) y el otro es virtual (el programador o el equipo de desarrollo)". (Gándara, 2002)

La medida de la interactividad se realiza, en esta propuesta, a partir de diferentes tópicos: el número de veces que participa el usuario (frecuencia total más allá de la navegación), el rango de actividades en las que participa (verbos involucrados) y la relevancia de las actividades. (Gándara, 2002)

Es interesante destacar como parámetros de la interactividad el rango de

interactividad



actividades, en función de los verbos involucrados y la relevancia de las actividades, de acuerdo con Gándara.

En términos de la **geometría del conocimiento**, la interactividad es la condición en la que una acción se corresponde con una respuesta de la persona o entidad con la que se lleva a cabo la acción. Estamos hablando de actividad compartida entre dos seres o entidades.

Los seres o entidades en interacción constituyen un sistema y la interacción genera propiedades emergentes, esto es, estados que no son explicables a partir de las características que presentan los seres o entidades cuando no se encuentran en la interacción.

En palabras de Bertalanffy: "Un sistema puede ser definido como un complejo de elementos interactuantes. Interacción significa que elementos,  $p$ , están en relaciones,  $R$ , de suerte que el comportamiento de un elemento  $p$  en  $R$  es diferente de su comportamiento en otra relación  $R'$ . Si los comportamientos en  $R$  y  $R'$  no difieren, no hay interacción, y los elementos se comportan independientemente con respecto a las relaciones  $R$  y  $R'$ ."

(Bertalanffy, 1998:56).

El contacto o presencia de la otra persona o entidad activa es una condición para la interacción: no puede haber interacción sin una forma de contacto, aun con una separación física o temporal importante. Esto es: puede haber interacción en una videoconferencia o en una llamada telefónica, pero no puede haberla si la otra persona no responde el teléfono.

Sin la presencia podemos imaginar o suponer una serie de formas de interacción: 'cuando la vea le voy a decir esto y aquello', pero las cosas

cambian con la presencia y pasamos, entonces, a una verdadera situación de interactividad, donde la respuesta, o inclusive la simple presencia de la otra persona, puede cambiar las condiciones de lo que se había supuesto.

La interacción es actividad compartida, la realización de actividades paralelas sin relación una con la otra no es interacción. No importa cuánto tiempo lleven viviendo juntas dos personas, si lo que cada una hace dentro o fuera de la casa no tiene nada que ver con la otra, la interactividad es escasa o nula.

Mientras mayor sea la posibilidad de actividad compartida, mayor será el nivel de interacción. En otras palabras, mientras más acciones pueda realizar cada una de las partes, en su relación con la otra, el nivel de interactividad será más alto.

Siguiendo el ejemplo anterior, supongamos que ya imaginé lo que diría o haría si tuviera a la otra persona en mi presencia, pero simplemente pasa sin saludarme. En este caso no hubo el nivel básico de interacción, representado por el cambio de estado: la otra persona pasó sin que mi presencia le provocara un cambio apreciable.

Dentro de la **geometría del conocimiento** el análisis de la interactividad se realiza a partir de tres niveles básicos y tres funciones complementarias, bajo la idea de que cualquier forma de interacción informática hombre-computadora es reducible a una combinación de estos niveles y funciones.

Los niveles básicos de interactividad son los siguientes: cambio de fase, selección consecutiva de fase y selección aleatoria de fase. Las funciones complementarias son: la función circular, la función indicadora y la función panóptica.

Partiendo de la presencia de una entidad simple, que pueda adoptar sólo dos estados, la primera acción es lograr el cambio de un estado a otro: el *switch*, o cambio de estado de apagado a encendido, por ejemplo.

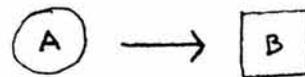
- Papá, ¿puedo ver la tele?
- Sí, pero no la enciendas...

Si una entidad puede adoptar sólo un estado o si su dinámica no varía con las acciones que realice la otra persona o entidad, entonces no se cumple el nivel básico y, por tanto, no hay interacción.

\* Dada una entidad de dos estados A y B, la interacción de cambio de fase permite la transformación del estado A al B.

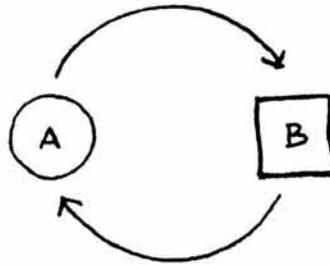
La función circular brinda la condición de reversibilidad en el cambio de estado. Existen, no debemos olvidarlo, cambios de fase irreversibles, como lo demuestran la termodinámica y la frustración de múltiples usuarios de computadora que pueden perder horas de trabajo por la realización de una tarea irreparable, como borrar un disco o sobrescribir un archivo.

\* Dada una entidad de dos estados A y B, la función circular en el nivel de cambio de fase permite la transformación del estado A al B y del estado B al A.



*Cambio de fase*

*El nivel básico de interacción consiste en una acción aplicada sobre una entidad simple, que pueda adoptar dos estados, para el cambio de un estado a otro.*



### *Función circular*

*La función circular permite la reversibilidad en el cambio de estado, en este caso en una entidad elemental que puede adquirir dos estados y puede pasar indistintamente de uno a otro.*

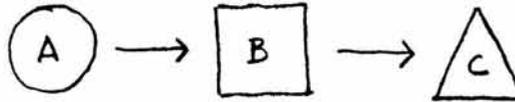
Si la entidad puede adoptar más de dos estados, entonces es necesario acceder al siguiente nivel de interacción: la selección consecutiva de fase. Es el cambio sucesivo de un estado a otro, y a otro, hasta que se agoten las posibilidades de la selección.

- Papá, ¿puedo encender la tele?
- Está bien, pero no le cambies de canal...

\* Dada una entidad de tres estados A, B y C, la selección consecutiva de fase permite el cambio del estado A al B y del estado B al C.

Si la función circular entra en juego, entonces la fase inicial sucederá a la fase final y la interacción podrá continuar indefinidamente pasando siempre por los mismos estados seleccionados.

\* Dada una entidad de tres estados A, B y C, la función circular en la selección consecutiva de fase permite el cambio del estado A al B, del estado B al C y del estado C al A.



#### *Selección consecutiva de fase*

*Cuando una entidad puede adoptar un número indeterminado de estados la función consecutiva permite el cambio sucesivo de un estado a otro.*

- Papá, ¿puedo cambiar de canal?
- Bueno, pero sin el control remoto...

La selección consecutiva de fase es muy útil en situaciones de presentación lineal, como puede ser la lectura de un texto largo con paginación por pantalla o la visualización secuencial de imágenes.

Sin embargo, cuando la entidad puede adquirir múltiples estados y se desea llegar a uno en particular que se encuentra a una distancia importante dentro de la sucesión consecutiva, entonces adquiere sentido el siguiente nivel: la selección aleatoria de fase, donde puedo seleccionar el estado o fase deseado sin necesidad de pasar por los estados intermedios.

- Papá, ¿me prestas el control para cambiar de canal?
- Está bien, toma...

\* Dada una entidad de cuatro estados A, B, C y D, la selección aleatoria de fase permite, desde el estado A, la elección de los estados B, C y D. Desde el estado B, la elección de los estados A, C y D. Y así sucesivamente.

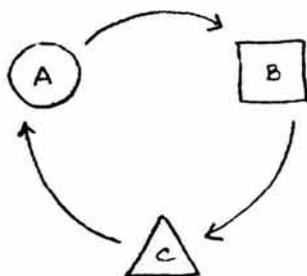
En este nivel la función circular pierde sentido, porque se supone que de

cualquier forma es posible seleccionar el estado que desee, desde cualquier otro de los estados.

Sin embargo, conforme la cantidad de estados aumenta, entonces adquieren razón de ser las funciones indicadora y panóptica. La función indicadora me permitiría conocer cuáles son los posibles estados seleccionables dentro de cada fase. En una entidad de ocho estados, por ejemplo, la selección es viable entre siete posibilidades, mismas que la función indicadora me permitirá visualizar.

\* Dada una entidad de ocho estados A, B, C, D, E, F, G y H, y una posición activa en el estado C, la función indicadora permitirá saber que es posible seleccionar los estados A, B, D, E, F, G y H. Con una posición activa en el estado D, la función indicadora permitirá saber que es posible seleccionar los estados A, B, C, E, F, G y H. Y así sucesivamente.

Sucede, entonces, que tenemos ocho estados con siete niveles de selección cada uno. Desde un estado cualquiera puedo acceder a otro estado y a partir



*Selección consecutiva con función circular*

*La función circular aplicada a la selección consecutiva permite pasar del último estado al primero dentro de la sucesión de fases de la entidad.*

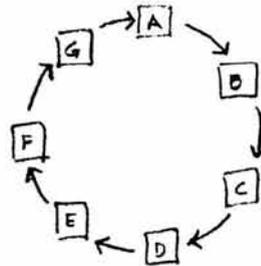
de ahí a otro, teniendo siempre siete posibilidades simultáneas en pantalla. La función panóptica permitirá simplificar la navegación del conjunto al proporcionar un estado de selección principal con ocho posibilidades reversibles. En otras palabras, se crea un punto de vista privilegiado que permite la selección aleatoria de las fases activas.

\* Dada una entidad de N estados, la función panóptica genera un estado P que permite la selección aleatoria de todos los estados hasta N, cada uno con una función circular que permite el retorno al estado P.

La combinación de los niveles de interacción y de las funciones mencionadas permite crear equivalencias entre niveles:

\* Una entidad de N estados simples con selección aleatoria de fase es equivalente a la selección aleatoria de N entidades con cambio de fase.

Así como sistemas de navegación complejos. Por ejemplo, es posible generar un recorrido interactivo en tres dimensiones a través de la selección aleatoria



*Selección consecutiva de múltiples estados*

*Si la cantidad de estados que puede adquirir una entidad se incrementa, dentro de la selección consecutiva, entonces aumenta la cantidad de acciones para llegar a un estado particular.*

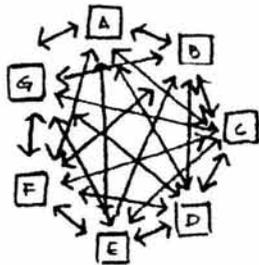
de fase con cuatro estados: avanzar, retroceder, girar a la derecha y girar a la izquierda, que se repiten sucesivamente para cada nueva posición.

En este sentido, un sistema de menú es una forma anidada de selección aleatoria de fase: una sucesión de selecciones aleatorias dentro de una selección aleatoria principal, que por norma se ubica en una línea en la parte superior de la pantalla.

Sin embargo, la falta de comprensión de los niveles y funciones expuestos puede crear serios problemas de navegación.

Por ejemplo, si al tratar de aplicar la función panóptica se pierde la función circular de las fases seleccionables desde el estado P (cuando no es posible regresar a la pantalla inicial), el usuario tiene la sensación de encontrarse perdido en una sucesión de pantallas sin estructura.

Algo similar ocurre cuando, en una aparente aplicación de la función panóptica, se crea un estado de selección para cada una de las fases activas dentro de las mismas, entonces la panóptica pierde sentido, ya que es



*Selección aleatoria de fase*

*La selección aleatoria permite el acceso a cualquiera de los estados adicionales de la entidad desde cualquier estado inicial.*

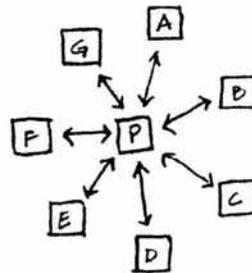
posible seleccionar cualquier estado desde cualquier otro. Este caso puede expresarse de la siguiente manera:

\* Dada una entidad de  $N$  estados, si al aplicar la función panóptica se permite que en cada estado se seleccione el estado  $P$  y cada uno de los estados hasta  $N$ , entonces se está generando una entidad de  $N+1$  estados con selección aleatoria de fase.

Los niveles de interacción adecuados para un producto dado estarán determinados por la organización general del producto, denominada **geometría del conocimiento**.

Por ejemplo, una **geometría del conocimiento** de 4 canales con 4 subcanales definirá una condición inicial de selección aleatoria de fase entre 4 estados principales que, a su vez, incorporan una selección aleatoria entre 4 estados secundarios. En este caso será posible, aunque no siempre recomendable, generar una panóptica equivalente a una selección aleatoria de 16 estados.

[\* Geometría del conocimiento]

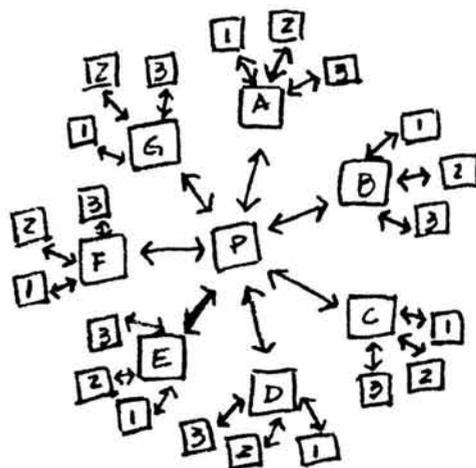


*Función panóptica*

*La función panóptica simplifica el acceso a los estados al generar un estado  $P$  que permite la selección aleatoria de los estados adicionales.*

Partimos de la idea de que cualquier forma de interacción informática hombre-computadora es reducible a una combinación de los niveles y funciones mencionados. En otras palabras, los estados o fases que adquiera el sistema se corresponderán con la actividad significativa del usuario en el marco de la **geometría del conocimiento** establecida.

Si bien es cierto que diferentes medios invocan diferentes formas de interacción, a partir de esta propuesta se comprenden las acciones del usuario más allá de los medios informáticos aplicados (ya sea en forma de texto, gráfico, fotográfico, animación, video o audio). La **geometría del conocimiento** consiste, en este sentido, en la propuesta estructural que determina y organiza el contenido del producto interactivo multimedia a partir de definir los diferentes estados o fases viables y su forma de selección,



*Función panóptica de segundo orden*

*En este esquema se presenta un sistema de navegación con siete estados de selección aleatoria inicial a partir de una panóptica y un segundo nivel de selección aleatoria de tres estados.*

brindando sentido, entonces, a la composición gráfica de la pantalla o al dibujo de los íconos y botones que comprende la superficie de interacción.  
[\* Geometría del conocimiento]

La interacción supone un contacto y una disposición al cambio, y se realiza precisamente en el cambio efectivo y perceptible, como actividad compartida entre dos seres. A través de la interactividad se generan estados que no son explicables a partir de las características que presentan los seres cuando no se encuentran en la interacción.

Probablemente esta sea una vía para comprender en qué medida el contacto con otros seres nos modifica, y nos lleva a estados que serían incomprensibles sin su presencia.

112  
121

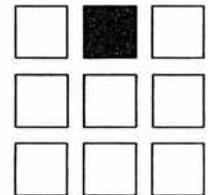
*"Para una persona que viva en esta sociedad cibernética... quizá sea difícil apreciar el carácter personal de las cosas de uso diario. Al usarlas, la persona les comunica parte de su vida y de su personalidad y dejan de ser cosas inanimadas, estériles o intercambiables."*

Erich Fromm

Algunas personas eventualmente hablamos con la computadora que estamos utilizando. Hay quienes le exigen, demandan de forma imperativa, que realice la tarea solicitada ("¡ándale porquería, apúrate!"), y hay quienes le ruegan, le suplican ("¡por favor, chiquita... !"). Otros más le reclaman si el resultado es inadecuado o cuando presenta alguna falla.

Esta actitud puede ser calificada como simple manía, o como familiaridad con el *software* o con el equipo de cómputo, aunque también podría ser reflejo de alguna forma de "conciencia participativa", en la que la persona se siente como parte de una totalidad, de un mundo vivo, *encantado*, en palabras de Berman. Por contraste con la dicotomía sujeto-objeto propia de una conciencia no participativa, en la que "el sujeto se ve a sí mismo como radicalmente distinto de los objetos que confronta, los cuales él considera que están 'allá afuera'." (Berman, 1995:333)

De acuerdo con Martin Juez, en este estado de conciencia participativa: "Estamos... atentos a lo que se traza, no a aquello con lo que marcamos; atentos a lo que... se escribe, no a los utensilios con los que realizamos la tarea. El objeto, como prótesis, se convierte temporalmente en extensión real de nuestro cuerpo; y también, por momentos, aquello sobre lo que se actúa se diluye de la atención y se integra en unidad con el utensilio y el usuario." (Martin, 2002:77).



Por otra parte, también existe gente que no le habla a su computadora, prácticamente bajo ninguna circunstancia. Sería interesante realizar un estudio al respecto, pero me parece que las personas que no le hablan a la computadora tienden a solicitar más continuamente asesoría o soporte técnico.

El vínculo o forma de relación entre el ser humano y la computadora ha sido un tema de interés desde el momento en que se proyectaron los primeros sistemas de cómputo y ha adquirido cada día mayor importancia.

Ya desde la fase cibernética este vínculo se ha enfocado con perspectivas diferentes, partiendo de un aspecto meramente físico (*hardware* y cuerpo), pasando por una concepción más perceptual o cognitiva (*software* y mente) hasta llegar a cuestionamientos de identidad (inteligencia artificial e inteligencia humana).

En el documento *Una discusión preliminar sobre el diseño lógico de un instrumento computacional electrónico*, elaborado por von Neumann y su equipo, se concebían los primeros mecanismos de relación entre el ser humano y la computadora: "Debe haber algún medio mediante el cual el computador pueda avisar al operador cuando un cálculo ha terminado o cuando ha llegado a un punto previamente determinado. De ahí que se necesite una orden que haga que se pare el computador y que se encienda una luz o haga sonar un timbre." (Pylyshyn, 1975:80)

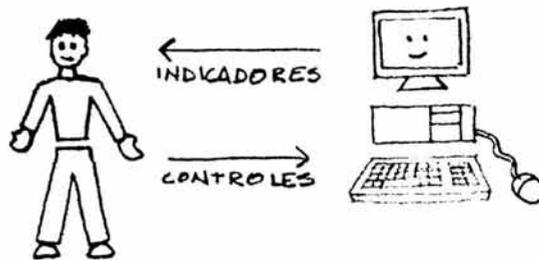
La intervención del ser humano, visto aquí como el operador del instrumento computacional, responde al aviso que el equipo realice mediante una luz o un timbre. Esta forma simple de interacción, sin embargo, no abarca los aspectos más complejos de la acción del operador, de quien se requerirá que

instruya al equipo y que le proporcione los datos y resultados necesarios para la realización de sus procesos: "1.6 Por último, existirán unas unidades de entrada y salida, mediante las cuales el operador y la máquina puedan comunicarse entre sí. Estas unidades, como se verá... constituyen una forma secundaria de memoria automática." (Pylyshyn, 1975:70)

Para von Neumann, de hecho, el proceso de instrucción del equipo computacional, o programación, debería ser considerado una nueva rama de la lógica formal. (Aspray, 1993:87). Antes de von Neumann, los equipos de cómputo se programaban conectando cables y relees. A partir de la idea de programa almacenado en memoria los equipos de cómputo empezaron a programarse con cintas o tarjetas perforadas y posteriormente a través de un teclado.

[\* Programa almacenado en memoria]

La comunicación hombre-máquina a través de teclado es conocida como interfaz de texto y diversos autores la consideran como inferior a la interfaz gráfica desarrollada posteriormente, particularmente si se contempla a la interfaz de texto como una secuencia de comandos que el usuario debería



*Relación hombre-máquina*

*El esquema tradicional de la relación hombre-máquina supone que el ser humano emplea diferentes dispositivos para controlar a la máquina y ésta, a su vez, cuenta con una serie de indicadores para presentar sus respuestas.*

memorizar y escribir con la sintaxis adecuada para la ejecución de las instrucciones. Sin embargo, el hipertexto y los sistemas de menú son herencia de la interfaz de texto y proporcionan medios de interacción altamente eficientes.

[\* Hipertexto]

Para el SIGCHI, *Special Interest Group in Human Computer Interaction* de la ACM, *Association of Computer Machinery*, diversas técnicas de interacción hombre computadora derivan de la propuesta denominada *Sketchpad*, aparecida en la tesis de doctorado de Ivan Sutherland del MIT, Instituto Tecnológico de Massachusetts en 1963. Un conjunto de técnicas relacionadas aparecieron a partir del trabajo de Engelbart *NLS/Augment*, en 1963, donde propuso herramientas que generasen un entorno capaz de mantener toda la información necesaria para personas cuyo trabajo básico consistiese en el procesamiento de información, permitiendo además su intercomunicación mediante mensajes electrónicos. A Engelbart se atribuye el desarrollo del *mouse* como dispositivo de comunicación hombre-máquina.

(<http://sigchi.org/cdg/cdg2.html/>; Díaz, 1997)

Sin embargo, el más importante esfuerzo para superar la interfaz de texto se llevó a cabo en el Xerox *Palo Alto Research Center* en la década de los 70, y la primera computadora comercial que incorporó efectivamente esta forma gráfica de trabajo fue la *Macintosh* de la empresa *Apple*, con una interfaz desarrollada a partir de la metáfora del escritorio.

El concepto de interfaz gráfica ha sido visto desde diferentes perspectivas: Shneiderman lo denomina 'sistema de manipulación directa', Nelson lo describe como sistema de 'realidad virtual', Hatfield se considera el primer autor en llamarlo sistema 'WYSIWYG' (*what you see is what you get*. lo que

ves es lo que obtienes). (Galitz, 1997:14). Particularmente, el término realidad virtual ha adquirido importancia cuando se refiere a aquellos sistemas de visualización interactiva de un espacio digital modelado en tercera dimensión. [\* Realidad virtual]

Es interesante notar la conceptualización original del proceso como una comunicación entre el operador y la máquina. Esta conceptualización se ha vuelto clásica y ha permanecido vigente en diversas referencias a la relación o vínculo entre el ser humano y la computadora, ya sea a través de mecanismos físicos o informáticos. Por ejemplo, en la sección 'conceptos de diseño' del documento *IBM Easy of use*, se considera a la interfaz de usuario como "el conjunto de todas las cosas que permiten que tú y tu computadora se comuniquen uno con el otro" y se refiere a "todas las partes de la computadora y su *software* a las que tú (el usuario) ves, escuchas, tocas o les hablas". ([http://www-3.ibm.com/ibm/easy/eou\\_ext.nsf/Publish/](http://www-3.ibm.com/ibm/easy/eou_ext.nsf/Publish/))

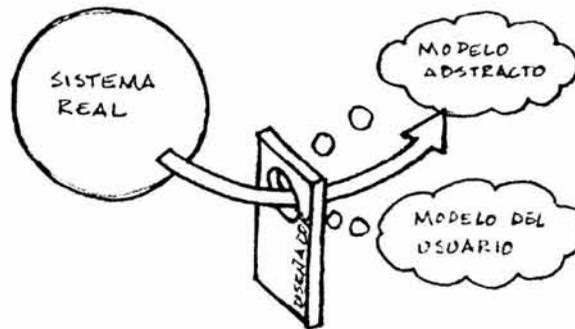
Aplicando la misma línea de pensamiento, en una definición más académica, el *Common Front Group* de la Universidad de Cornell refiere el término interfaz de usuario "... a los métodos y dispositivos utilizados para facilitar la interacción entre las máquinas y los seres humanos que las utilizan (usuarios). La interfaz de usuario puede tomar muchas formas, pero siempre debe cumplir dos tareas fundamentales: comunicar información de la máquina al usuario, y comunicar información del usuario a la máquina" (<http://cfg.cit.cornell.edu/cfg/design/bkg.html>)

Por su parte, Paloma Díaz se refiere a la interfaz como un "canal de comunicación a través del cual se realiza la transferencia de información. Como tal medio, el interfaz es físico y simbólico, de forma que ofrece tanto una forma de control como un entorno de trabajo." (Díaz, 1997:71).

Sin embargo, el concepto de comunicación no es suficiente para explicar en forma completa el vínculo o relación entre el ser humano y la computadora. Las definiciones consideran tradicionalmente un aspecto más: un modelo que se genera en la mente del usuario, gracias a una representación de los componentes de *hardware* y *software* con los que entra en contacto.

Para Barfield la interfaz de usuario de un sistema "...se compone de aquellas partes del sistema que son diseñadas para ser aparentes y manipulables por el usuario y por los modelos e impresiones que se construyen en la mente del usuario en respuesta a la interacción..." (Barfield, 1993).

Para Galitz la interfaz gráfica de usuario consiste fundamentalmente en una representación adecuada del conjunto de elementos y mecanismos informáticos, de tal manera "que permita su fácil manipulación por parte del



*Modelos mentales*

*Para Barfield no sólo el usuario de un sistema debe de hacerse de un modelo mental del mismo. En la figura se presenta un diagrama de tubo donde el diseñador de la interfaz se hace de un modelo mental del usuario y de un modelo mental del sistema. (Barfield, 1993)*

usuario, minimizando la posibilidad de daño mutuo". Más adelante señala que el daño provocado por el equipo en el usuario es de tipo psicológico (Galitz, 1997).

[\* Información]

Julio Lillo Jover, por su parte, indica que los posibles problemas del "uso continuado de los ordenadores" son "de tipo muscular, visual o cognitivo" y destaca que "se dan problemas de tipo cognitivo cuando el usuario no sabe cómo interactuar con el ordenador y/o no entiende su lógica de funcionamiento" (Lillo, 2000:320).

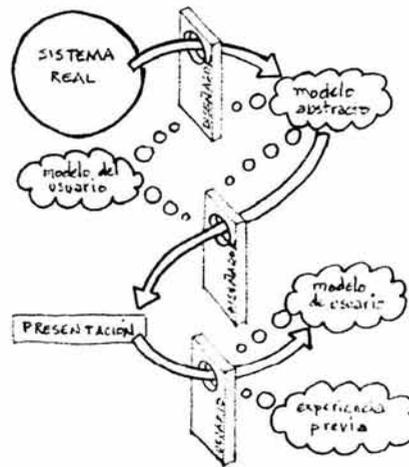
Los autores citados hasta el momento representan la idea en común de que la relación hombre-computadora se hace efectiva a través de una *interfaz de usuario*, considerada como una representación de los elementos y mecanismos informáticos, de manera que sea posible para el usuario elaborar un modelo mental apropiado de los mismos.

De acuerdo con Montserrat Moreno los modelos mentales son "... 'una representación interna de un estado de cosas del mundo exterior'... Estos modelos mentales constituyen una forma de representación de los conocimientos a través de la cual el ser humano construye la realidad..." (Moreno *et al*, 1998:32).

Más aún, los modelos mentales "no se elaboran... de una sola vez ni permanecen invariables una vez elaborados, sino que están sometidos a cambios permanentes. Los sujetos empiezan formando un modelo simple (provisional) de la situación que se les propone y que contiene todas las entidades relevantes. Una vez constituido este modelo inicial pueden acceder al conocimiento de manera sistemática, lo cual les permite introducir en él

modificaciones añadiendo más información y, o, manipulando los aspectos espaciales o físicos de la situación." (Moreno,1998:34).

Podemos resumir con Gui Bonsiepe: "Más allá del paradigma comunicativo, está muy difundida la opinión que considera que el objetivo central de la interfase consiste en ayudar al usuario a construirse un modelo mental que reproduce los conocimientos del programador, quien posee una visión amplia de los detalles operativos del programa. El usuario aprendería el uso de un programa gracias a la construcción en su mente de una copia personal del modelo del programador. Las dificultades en el aprendizaje y en el uso de un programa se atribuyen tanto a la falta de modelo como a la adhesión de un usuario al modelo equivocado. Por lo tanto, la calidad de un diseño de



#### Representación y modelos mentales

*Siguiendo el esquema anterior, existen fuertes vínculos entre la presentación de la información y la forma en que el usuario construye sus propios modelos mentales en base a dicha información. El proceso, en dos etapas, consiste en desarrollar primero un modelo abstracto del sistema y en crear después una representación adecuada de la abstracción. (Barfield, 1993)*

interfase se revelaría en la rapidez y en la correcta construcción de su réplica por parte del usuario..." Sin embargo, como señala el mismo autor: "El paradigma de la construcción de modelos mentales se funda en hipótesis sobre el aprendizaje, que no pueden aceptarse acríticamente." (Bonsiepe, 1999:42)

Una contradicción del paradigma de los modelos mentales es mencionada por Lehman: "El mero acto de estudiar el sistema conduce a un cambio de éste, el cual, paradójicamente, invalida los modelos anteriores." (Duncan *et al*, 1996:409).

En palabras de Arthur Koestler: "el modelo nunca puede consistir en un modelo completo porque siempre se encuentra un paso atrás del proceso que se supone que representa" (Koestler, 1967:212).

Continúa Lehman: "Del teorema de Gödel se desprende que no se puede demostrar la corrección del modelo desde dentro del mismo. Esto es, desde dentro del sistema no se puede predecir absolutamente el comportamiento del mismo... La ignorancia sobre el comportamiento total de los sistemas artificiales es inherente a su existencia..." (Duncan *et al*, 1996:410).

[Máquina de Turing]

De esta forma: "En general, a medida que aumenta el conocimiento y la comprensión de un sistema artificial y modificable por el hombre, intentamos, individual y colectivamente, modificar el comportamiento de dicho sistema... La configuración resultante es y debe ser tratada como un sistema diferente que requerirá un nuevo modelo que la represente." (Duncan *et al*, 1996:407)

En el marco de la teoría general de sistemas, por lo tanto: "Las personas son componentes del sistema... La observación y la modificación son, en la

práctica, ingredientes intrínsecos de la operación del sistema. Por eso, el acto mismo de la observación les da, a los humanos que están dentro del sistema, información adicional sobre este mismo que hace cambiar el estado de dicho sistema." (Duncan *et al*, 1996:411)

La conclusión inicial de esta crítica a la construcción de modelos mentales es que el ser humano establece un vínculo sistémico con la máquina. Dentro de este vínculo sistémico, el pensamiento y la acción humanos son componentes del sistema más allá del paradigma de representación. En otras palabras: el sistema de cómputo completo incluye tanto al cuerpo humano como al *hardware* y tanto al pensamiento humano como al *software*.

De hecho, esto es precisamente a lo que se refieren diferentes autores que han estudiado la relación hombre-máquina desde otras perspectivas. Para Mander, por ejemplo, el usuario y la máquina "...pasan a conectarse en un ciclo único fluido, y cada uno se convierte en un aspecto del otro." (Mander, 1994:78)

Para Mazlish: "Expresándolo llanamente, ahora nos estamos dando cuenta que el hombre y las máquinas que crea son continuos..." (Pylyshyn, 1975:272)

La idea de la *interfaz gráfica*, entonces, y su implicación en términos de que el usuario construye uno o varios modelos mentales del sistema, se corresponde con los paradigmas cognitivistas y conexionistas de las CTC (Ciencias y Tecnologías de la Cognición) en el sentido de que ambos consideran que el conocimiento consiste en la representación adecuada de un mundo externo.

[\* Computación]

De manera similar, en la *Teoría del campo unificado del diseño* Nathan Shedroff, siguiendo a Richard S. Wurman, considera que existe un *continuum* de comprensión o entendimiento que parte de los datos, pasa por la información, sigue con el conocimiento y termina en la sabiduría. (<http://www.vivid.com/form/unified/unified.html>, 1994)

Para Shedroff, los datos no contienen ningún valor por sí mismos. Para adquirir valor los datos deben transformarse en información a través de su organización en una forma significativa, su presentación adecuada y su referencia a un contexto. La información requiere la creación de relaciones y patrones de los datos. Desafortunadamente, dice Shedroff, la mayoría de la "tecnología de la información" es, de hecho, tecnología de datos porque no contempla la comprensión y contextualización, sino solamente el almacenamiento, procesamiento y transmisión de grandes volúmenes de datos. (<http://www.vivid.com/form/unified/unified.html>, 1994)

En esta propuesta es importante notar que la simple forma de organización de las cosas afecta la manera en que son interpretadas y comprendidas. Más aún, el estilo mismo en que son presentadas adquiere significado, no importa si es accidental o deliberado.

Shedroff considera también que el conocimiento se adquiere con la experiencia y puede ser comunicado construyendo interacciones significativas, de forma que los patrones y significados puedan ser aprendidos por los demás. El conocimiento se consigue a través de un proceso de integración de la presentación y de la mente del participante.

Finalmente, en esta propuesta, la sabiduría es una especie de meta-conocimiento de procesos y relaciones que aumenta a través de varias

experiencias. Es el resultado de la contemplación, evaluación, retrospectión e interpretación. Sin embargo, no podemos crear sabiduría como creamos datos o información, y no podemos compartirla con otros como se haría con el conocimiento. La sabiduría es una comprensión que sólo puede obtenerse individualmente. (<http://www.vivid.com/form/unified/unified.html>, 1994)

La propuesta de Shedroff es interesante para la integración de los diferentes campos de diseño, sin embargo se ubica en el paradigma de la creación de modelos mentales de una supuesta realidad externa al usuario, que se le presenta en forma de datos que pueden ser organizados o estructurados de formas diferentes.

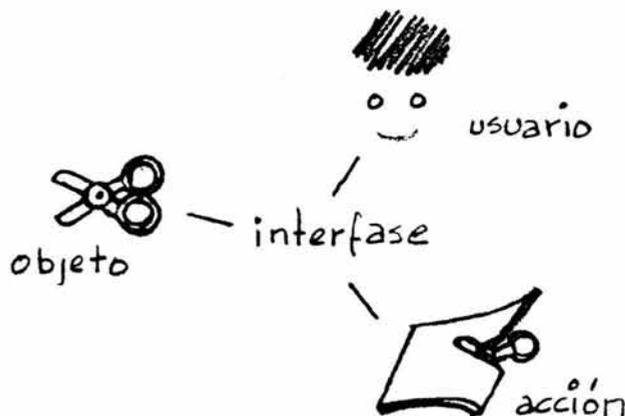
Sin embargo, como hemos visto, existen otros paradigmas que cuestionan la idea del conocimiento como representación y el supuesto de que el mundo, la realidad, sea independiente de quien lo conoce. En el programa de investigación desarrollado por Maturana y Varela a partir del concepto de autopoiesis se ofrece el término *acoplamiento estructural* para definir una situación de interacción recurrente entre un sistema determinado estructuralmente y su entorno.

[\* Cibernética]

Para el diseñador Gui Bonsiepe este es el término adecuado para expresar justamente el vínculo entre el ser humano y los objetos de diseño: "Con respecto a los instrumentos, ya sean materiales como inmateriales (programas *software*), el objeto del diseño consiste exactamente en conectar los artefactos al cuerpo humano. Este proceso se individualiza con el término técnico de acoplamiento estructural." (Bonsiepe, 1999:22)

En el marco conceptual que Bonsiepe brinda, el tema de la relación hombre-computadora encuentra fundamento en el *esquema ontológico del diseño*, que contempla tres elementos básicos: "En primer lugar existe un usuario o agente social, que desea efectivamente cumplir una acción. En segundo lugar se encuentra una tarea que él mismo quiere ejecutar... En tercer lugar existe un utensilio o un artefacto del que necesita el agente para llevar a cabo la acción..." (Bonsiepe, 1999:17)

De esta forma, Bonsiepe establece una definición de *interfase* como un espacio de interacción: "Y aquí aparece la cuestión de cómo se pueden conectar, hasta formar una unidad, a tres elementos tan heterogéneos: el cuerpo humano, el objetivo de una acción, y un artefacto o una información en el ámbito de la acción comunicativa. La conexión entre estos tres campos se produce a través de una interfase. Se debe tener en cuenta que la interfase no es un objeto, sino un espacio en el que se articula la interacción



*Esquema ontológico del diseño*

*El esquema propuesto por Bonsiepe contempla tres elementos básicos: un usuario que desea cumplir una acción, una tarea que quiere ejecutar y un utensilio necesario para llevar a cabo la acción. (Bonsiepe, 1999)*

entre el cuerpo humano, la herramienta (artefacto, entendido como objeto o como artefacto comunicativo) y el objeto de la acción. Éste es justamente el dominio irrenunciable del diseño industrial y gráfico." (Bonsiepe, 1999:17)

La *interfase* es, de esta forma, un espacio para la realización de la acción eficaz. Y adquiere consistencia en el encuentro de tres elementos: el ser humano, una acción que este ser desea realizar y el artefacto o la información necesarios para llevar a cabo la acción.

Para Martín Juez, esta es indudablemente una forma de conciencia participativa: "La conciencia participativa es este triángulo en el que temporalmente deja de haber separación; sólo hay un ciclo de retroalimentación de aquello sobre lo que se actúa, el útil y el usuario." (Martín, 2002:77-78)

La *interfase* no es el objeto o la información que el ser humano utiliza, ni es tampoco una representación o una característica determinada de dicho objeto o información. Esto es, la *interfase* no puede reducirse a una o varias categorías como forma, tamaño, color o disposición de los elementos en el objeto o entorno informático.

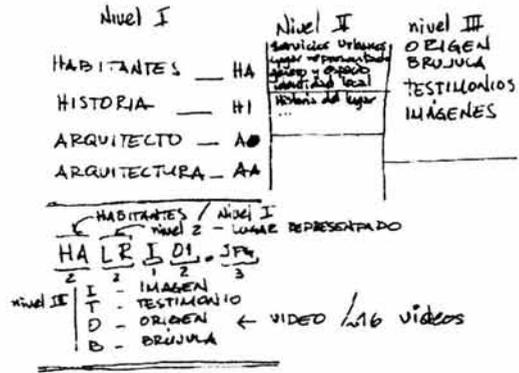
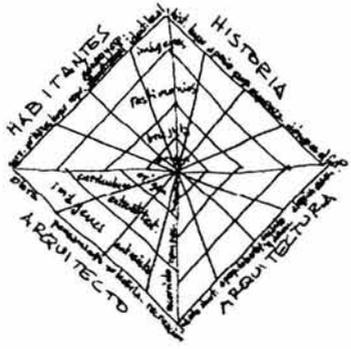
Más aún, de acuerdo con Bonsiepe: "Según una interpretación tradicional, la contribución del diseñador se limita a los aspectos visuales –por lo que esto puede significar–. Aquí se propone una idea más amplia. No es común considerar la proyectación de la interfase como algo que comienza en la organización de los contenidos. Sin embargo, un enfoque proyectual que evite la semántica –la estructuración del contenido informativo– y que quiera delegar esta tarea no tiene perspectivas." (Bonsiepe, 1999:55)

El enfoque de la **geometría del conocimiento** no parte del supuesto de una realidad externa al usuario aunque, de manera similar a la propuesta de Shedroff, se refiere a la organización particular con que se constituye el conjunto informático con el fin de brindar al usuario un espacio de interactividad y considera también relevante el estilo de la presentación.

**ESTA TESIS NO SALE DE LA BIBLIOTECA**

En este enfoque no se hace una distinción significativa entre datos e información. La información digital contenida en el sistema, los datos mismos, no bastan para establecer o determinar un conocimiento. El conocimiento requiere, además de la información, de una estructura que le brinde sentido. Esta estructura es lo que denomino **geometría del conocimiento**.

De acuerdo con Edgar Morin: "Aparece entonces la diferencia entre información y conocimiento, porque el conocimiento es organizador. El conocimiento supone una relación de apertura y de clausura entre el conecedor y lo conocido." (Morin, 1996:153).



Geometría del conocimiento

Se presenta a modo de ejemplo la propuesta de mapa estructural del cd-rom "Rumores y retratos de un lugar de la modernidad. Historia oral del multifamiliar Alemán 1949-1999"

Más aún: "Yo diría que la sabiduría es reflexiva, que el conocimiento es organizador, y que la información se presenta bajo la forma de unidades cuyo rigor es designable como *bits*. Para mí, la noción de información debe ser vuelta totalmente secundaria con respecto a la idea de computación." (Morin, 1996:152).

De esta forma, al momento en que un autor (diseñador o productor multimedia) establece una estructura para el objeto interactivo, en realidad establece un conocimiento diferenciado para el conjunto de informaciones viables, que se presentan a través de los diversos medios incluidos en el producto multimedia.

En otras palabras, para un tema determinado que se elabora en forma de un producto interactivo multimedia, es posible contar con un conjunto de datos en formato de texto, gráfico, fotográfico, animación, video o audio, que pueden incluirse o no en el proyecto. *La geometría del conocimiento consiste en una propuesta estructural que determina y organiza el contenido del producto interactivo multimedia, brindando sentido al conjunto.*

[\* Multimedia]

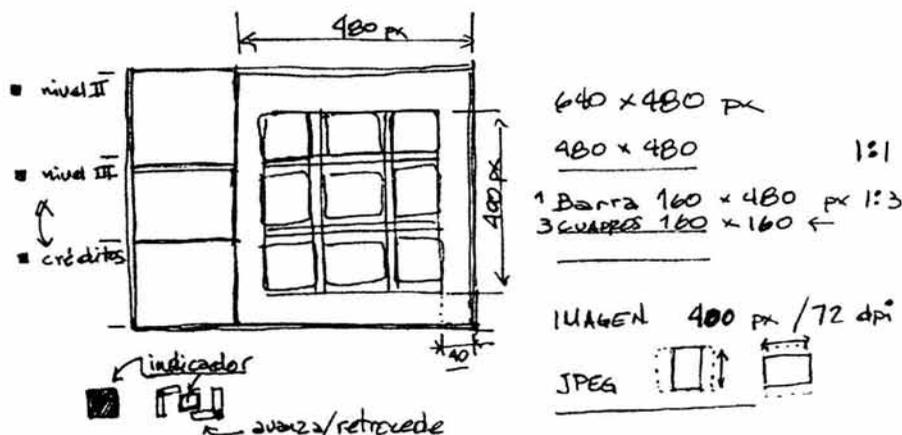
Frente al dominio del barroco digital que caracteriza a nuestra época y que supone el uso indiscriminado de medios únicamente bajo el criterio de su disponibilidad, la **geometría del conocimiento** propone la correspondencia entre los medios digitales, el contenido y la representación.

De acuerdo a Theodore Roszack: "El diseño es lo que responde a la pregunta: ¿de qué trata toda esta información? También es el diseño, una vez que lo tenemos ante nosotros, lo que nos permite hacer preguntas aún más

importantes, y que los datos que hay en la memoria del ordenador en modo alguno pueden contestar." (Roszak, 1990:144).

Por esta razón, para Lon Barfield la complejidad del sistema reside en los patrones y estructuras de la información que almacena y no en sus componentes electrónicos (Barfield, 1993). Tampoco el empleo de íconos y elementos gráficos determina por sí las características generales del sistema ni asegura una interacción significativa. (Barfield, 1993; Galitz, 1997).

El diseño de un multimedia interactivo rebasa, entonces, la simple composición gráfica de una pantalla o el dibujo de los íconos y botones que llenan la superficie de interacción. *El diseño determina en el fondo la definición estructural o configuración geométrica para el conjunto informático.* [\* Geometría]



Composición del espacio de interacción

Propuesta de composición de "pantalla tipo" para el cd-rom "Rumores y retratos de un lugar de la modernidad. Historia oral del multifamiliar Alemán 1949-1999"

En la **geometría del conocimiento** esta estructura se encuentra dividida en estados o fases del sistema diferenciados a los que denomino **canales de navegación**, cada uno de los cuales re-presenta una parte o un aspecto del conjunto estructural. Asimismo, cada canal de información es viable de dividirse en subsistemas diferenciados, de forma que el observador encontrará en un canal de navegación determinado diversas posibilidades de navegación en otros tantos aspectos o sub-canales.

*La geometría del conocimiento tiene sustento en la comprensión y dominio de los niveles y funciones de interactividad. A partir de esta base es posible definir la composición del espacio de interacción de acuerdo a las formas de activar estos aspectos siguiendo los diferentes niveles de interactividad, así como a las formas de señalar o indicar el cambio de fase correspondiente.*

En otras palabras, la aplicación de los principios de interactividad requiere de una forma de contacto con una entidad. Que esta entidad pueda tener al menos un estado diferenciado, esto es: que exista un cambio de fase efectivo. Que el cambio de fase emerge o pueda ser 'gatillado' a partir de las acciones de la otra parte o entidad. Asimismo, supone la determinación de la irreversibilidad del cambio de fase o si es posible regresar al estado previo.  
[\* Interactividad]

Si la entidad tiene más de un estado diferenciado entonces los principios de interactividad permitirán determinar la forma de cambio entre las diferentes fases en forma secuencial o aleatoria. Asimismo, si existe alguna forma de disposición jerárquica entre las fases y si existe una panóptica o punto privilegiado de observación.

La representación que emerge a partir de la aplicación de los principios mencionados a la estructura de la información forma una nueva totalidad del conjunto. A través de esta representación se determina si los elementos que activan un cambio de fase son diferenciables y si esta diferenciación hace la diferencia para provocar una acción. Igualmente determina si el cambio de fase es notorio y comprensible para permitir la continuidad del estado de interacción.

De esta forma, la configuración estructural da lugar a diferentes composiciones gráficas de la pantalla, viables de reflejar el complejo forma-contenido. Este conjunto organización-representación determina la **geometría del conocimiento**, vista como la integración del espacio interactivo y los elementos que lo componen.

“Si cambian nuestras representaciones de la realidad  
¿cambia también la realidad?”

Michael Ende

El núcleo del presente documento es la transición del concepto de *interfaz* al de *interfase*, bajo la idea de que la relación hombre-máquina puede ser comprendida más allá del paradigma de representación.

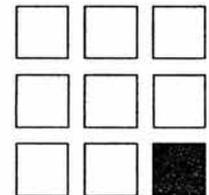
El tratamiento tradicional de la relación del ser humano y la computadora se encuentra enmarcado en el paradigma de representación del conjunto de elementos contenidos en el rubro informático.

[\* Digital]

Así, normalmente se considera que la respuesta a la relación hombre-computadora consiste en el diseño de una *interfaz gráfica* que represente en forma adecuada el conjunto de elementos y mecanismos digitales, de tal manera que permita su fácil manipulación por parte del usuario, minimizando la posibilidad de daño mutuo (Galitz, 1997).

El término actualmente empleado para esta actividad, interfaz o interfaces, tiene como etimologías: *inter*, que significa entre y *facia*, que significa cara. Literalmente la *inter-facia* implica un encuentro cara a cara y se refiere al medio o mecanismo para lograr el contacto entre dos entes diferenciados. De esta forma, el concepto de interfaz se enmarca dentro de una epistemología que presupone un objeto externo ajeno al sujeto, y una representación del objeto en la mente del sujeto receptor de estímulos.

fin



Sin embargo, existe un acoplamiento estructural (Maturana-Varela, 1996), un vínculo sistémico entre el ser humano y la computadora más allá del paradigma de representación, que no ha sido cabalmente considerado por los diseñadores de elementos informáticos. Este vínculo, comprensible a partir de la Teoría General de Sistemas (Bertalanffy, 1998) y que considera al pensamiento y la acción humanos como componentes de los sistemas (Duncan *et al*, 1996), se encuentra oculto por una implicación incorrecta de la teoría de la información (Shannon-Weaver, 1948), que brinda importancia excesiva a la transferencia de datos entre entidades diversas, en este caso el usuario y la computadora.

[\* Cómputo] [\* Información]

Es viable definir este vínculo sistémico a partir del término *interfase*. La raíz de la palabra, además de *inter*, es *phase*, que se refiere a un estado, situación o parte de algo. Así, la inter-fase implica la relación de un subsistema con otro, o bien la transformación de estado en el ámbito de un sistema dinámico.

De esta forma, el término interfase enfatiza el acoplamiento co-generativo sujeto—objeto y parte de la idea de que el sujeto se constituye y construye su propia realidad a través de sus interacciones.

*En este sentido, la respuesta que el diseño proporciona a la relación hombre-computadora, hasta ahora concebida como representación gráfica de elementos y mecanismos, debe conceptualizarse como la generación de un espacio para el desarrollo de interacciones, que permite construir realidades humanas. Este espacio encuentra sus límites en la geometría del conocimiento propia de las categorías y actividades viables para cada interfase particular y puede adquirir diversos niveles de complejidad.*

De acuerdo con la teoría matemática de la máquina universal de Turing se considera que la computadora es una entidad capaz de emular o sustituir a cualquier otra máquina o dispositivo tecnológico. Inclusive a partir del desarrollo de von Neumann, el isomorfismo entre *hardware* y *software* es plenamente aceptado y aplicado, por lo que se considera que cualquier dispositivo físico o *hardware* puede ser emulado o sustituido por dispositivos digitales o *software*, y a la inversa.

[\* Cómputo] [\* Máquina de Turing]

Así, el diseño de interactividad entre el ser humano y los dispositivos digitales permite obtener deducciones aplicables para otros campos de diseño, particularmente del diseño industrial, en tanto que generador de objetos técnicos.

El paradigma de la representación supone que la información es una especie de replica del mundo real, que se transmite en un proceso de comunicación. Y esta información que representa uno o varios aspectos del mundo se representa a su vez en una interfaz gráfica, que transmite su contenido en un proceso de comunicación con el usuario, quien a su vez se genera una representación o modelo mental del mismo.

[\* Información]

En otras palabras, en este paradigma, la mente del usuario genera un modelo que representa la información de las entidades visuales que aparecen en la interfaz, que a su vez representan un conjunto informático, que a su vez representa uno o más aspectos de la realidad.

Por otra parte, la interfase es comprendida más como un espacio que como una representación, un espacio de acción humana sobre un conjunto digital y

de respuesta de las entidades digitales a esta acción. Por tanto, el diseño de interfase es más que la representación de elementos o la composición de la pantalla y abarca la definición estructural de la información, entendida como **geometría del conocimiento**.

[\* Geometría del conocimiento]

*Trascender el paradigma de representación significa cuestionar la idea de que, de alguna forma, la información es una representación más o menos fidedigna de una realidad supuestamente objetiva ajena al sujeto. En sintonía con los planteamientos de la cibernética de segundo orden, significa reconocer la capacidad humana de realizar distinciones diferenciadas para un mismo entorno, constituyendo, de esta forma, ámbitos informáticos diferentes para cada sujeto.*

[\* Cibernética]

Al superar el paradigma de representación se pone en duda la noción de que la mente humana es una especie de computadora que procesa información proveniente del mundo exterior. Asimismo, se supera el modelo de comunicación como transferencia de datos y se reconoce a la interactividad como actividad efectivamente compartida que modifica a los elementos interactuantes.

*La geometría del conocimiento y los conceptos asociados a la interactividad nos llevan a la comprensión de que una entidad digital interactiva en realidad supone un conocimiento diferenciado, a partir de un conjunto de datos que se presenta a través de los diversos medios incluidos en el producto multimedia. Son las acciones del usuario las que 'realizan', hacen efectiva, la interactividad y simultáneamente le permiten la construcción de su propia versión, su verdad.*

En el marco de la cibernética de segundo orden la interfase es, efectivamente, considerada una forma de acoplamiento estructural. En este marco es posible hablar de una entidad, entendida como sistema, que surge en la interacción entre el ser humano y el objeto digital.

[\* Cibernética]

*De esta forma, hablamos de interfase cuando un organismo autopoietico entra en una relación de acoplamiento estructural con un objeto, que puede ser descrito por un observador como un sistema plástico heterónimo, y en el transcurso de este acoplamiento la estructura del sistema autopoietico se modifica de manera contingente a la interacción.*

*El autor, diseñador o productor multimedia, genera un sistema complejo heterónimo como una propuesta de distinciones, denominada geometría del conocimiento, que el usuario determinará en el curso de su propia interacción.*

[\* Interactividad]

El organismo autopoietico genera en el transcurso de su interacción las distinciones que le son pertinentes a partir de los elementos que componen el instrumento o sistema heterónimo, en una actividad primaria de observación, e interactúa con ellas de acuerdo a las posibilidades que se le presentan. En otras palabras: crea su propio dominio de interacciones o dominio de realidad.

# Intencionalidad

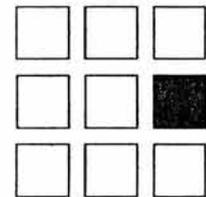
La palabra intencionalidad ha sido empleada con diferentes significados para referirse a los sistemas de cómputo. Inicialmente nos referimos a ella en el sentido que le da Franz Brentano al considerar a los estados mentales como referidos a algo: "... en sus palabras, los estados mentales tienen por fuerza 'referencia a un contenido' o 'dirección hacia un objeto'... Esta dirección o intencionalidad, según Brentano, era la característica definitoria de la mente." (Varela, 1997:40)

De acuerdo con Varela, la definición inicial de Brentano se enmarca en el paradigma cartesiano que separa la mente (*res cogitans*) del cuerpo y el mundo físico (*res extensa*): "Descartes había visto la mente como una conciencia subjetiva que contenía ideas que se correspondían (o no lograban corresponderse) con lo que estaba en el mundo. Esta visión de una mente que representaba el mundo alcanzó su culminación en la noción de intencionalidad de Franz Brentano." (Varela, 1997:39)

Para Dennett, Brentano: "...propuso la intencionalidad como la marca que escinde el universo en el sentido más fundamental: dividiendo lo mental de lo físico." (Dennett, 1985:34)

En este sentido, se supone que la computadora transforma la información digital aplicando reglas lógicas de procesamiento, y que la información tiene cierta referencia o intencionalidad con respecto a algún aspecto o entidad externa a sí misma, sea del mundo físico o digital. De la misma manera, dentro del paradigma del cognitivismo simbólico, se supone que el cerebro aplica reglas lógicas de procesamiento a los pensamientos o ideas, y que

hipertextos



éstos que tienen cierta referencia o intencionalidad con respecto a objetos o aspectos del 'mundo exterior' o de la propia mente.

[\* Información]

Pero el término mismo ha sido re-enfocado en la filosofía: Edmund Husserl intentó examinar la estructura de la intencionalidad, "que era la estructura de la experiencia misma", sin ninguna referencia al mundo fáctico, por el procedimiento de poner entre paréntesis (*epoché*) al "realismo ingenuo", que consiste en la convicción de que "el mundo es independiente de la mente o la cognición y que las cosas generalmente son tal como aparecen" (Varela, 1997:40)

Posteriormente Merleau-Ponty llevó el cuestionamiento más allá: "Lo que hemos dicho del mundo como inseparable de los puntos de vista sobre el mundo nos ayudará aquí a entender la subjetividad como inherente al mundo." (Varela, 1997:28)

De esta forma, para Merleau-Ponty: "Las propiedades del objeto y las intenciones del sujeto... no sólo están entrelazadas; también constituyen una nueva totalidad." (Varela, 1997:204)

Por otra parte, en el marco de la cibernética, el comportamiento de un sistema u organismo autorregulado a través de mecanismos de retroalimentación, puede definirse como intencional. El comportamiento aparece aquí como si se encontrara dirigido hacia un objetivo, teniendo un propósito o intención. (Capra, 1996:77)

[\* Cibernética]

En este sentido, Daniel C. Dennett aplica el término "sistemas intencionales"

para referirse a aquellos sistemas complejos que son percibidos como teniendo un propósito.

Actualmente el funcionamiento de una computadora no puede ser descrito desde el punto de vista físico, por la cantidad de circuitos electrónicos activos simultáneamente y que realizan cada uno millones de operaciones por segundo. Tampoco un análisis o descripción por *software* permite entender cabalmente lo que sucede, en vista del número y complejidad de funciones lógicas y matemáticas anidadas, recursivas y no recursivas, con que se encuentra programada. De esta forma, para Dennett, un acercamiento adecuado a este tipo de sistemas consiste, precisamente, en *suponer* que actúan teniendo una intención o propósito específico.

De esta forma, un sistema intencional es: "... un sistema cuya conducta puede explicarse y predecirse -por lo menos algunas veces- a partir de atribuciones al sistema de creencias y deseos (esperanzas, temores, intenciones, corazonadas...)." (Dennett, 1985:5)

"Las persistentes dudas acerca de si la computadora... tiene *realmente* creencias y deseos, están fuera de lugar, ya que la definición... de sistemas intencionales no dice que... tengan *realmente* creencias y deseos, sino que uno puede explicar y predecir su conducta atribuyéndoles creencias y deseos..." (Dennett, 1985:11)

En el marco de la cibernética de segundo orden, se considera que la intención o propósito no es una característica de un sistema complejo autoorganizado. La intención o propósito es atribuida por un observador al describir el comportamiento del sistema en su deriva ontogénica.

[\* Cibernética]

## Conferencias de Macy

Las Conferencias Macy sobre *Mecanismos de Retroalimentación y Sistemas Causales Circulares en Biología y Ciencias Sociales* han pasado a ser una verdadera leyenda del siglo XX. En ellas se abordaron tópicos que han transformado las actividades de millones de seres humanos y nuestra visión del mundo, como la teoría general de sistemas, la cibernética, y en general las ciencias y tecnologías de la cognición. Inclusive temas como los autómatas celulares y las redes neuronales fueron expuestos originalmente por algunos de los asistentes a las conferencias.

Las conferencias tomaron el nombre de su principal patrocinador, la Fundación Josiah Macy, H. y reunían por invitación a grupos de hasta veinticinco científicos. La primera reunión se llevó a cabo en Nueva York en marzo de 1946. "La décima y última reunión tuvo lugar en abril de 1953. El núcleo de las personas que participaron en la mayoría de las reuniones incluyó a los matemáticos Pitts, von Neumann y Wiener, al ingeniero electrónico Julian Bigelow, a los fisiólogos Freemont-Smith y Ralph Gerard, a los antropólogos Gregory Bateson y Margaret Mead, al psicólogo Hienrich Kluever y al psiquiatra McCulloch. Algunos otros, especialmente el biofísico Heinz von Foerster y el filósofo F. S. C. Northrop, asistieron a varias conferencias." (Aspray, 1993:222)

De acuerdo con Capra: "El marco conceptual de la cibernética se desarrolló en una serie de encuentros legendarios en la ciudad de Nueva York, conocidos como las Conferencias de Macy." (Capra, 1996:71)

Precisamente Varela denomina a esta etapa de desarrollo de las ciencias cognitivas, representada por las Conferencias de Macy, como fase cibernética, misma que ha dejado una impronta en nuestra cultura: "...produjo una asombrosa variedad de resultados concretos, además de una influencia duradera. He aquí algunos resultados:

- el uso de la lógica matemática para comprender el funcionamiento del sistema nervioso.
- la invención de máquinas de procesamiento de información (como los ordenadores digitales), base de la inteligencia artificial.
- el establecimiento de la metadisciplina de la teoría de sistemas, que ha dejado una impronta en muchas ramas de la ciencia ...
- la teoría de la información como teoría estadística de los canales de señal y comunicación.
- los primeros ejemplos de sistemas autoorganizativos."

La lista es impresionante: muchos de estos conceptos y herramientas forman parte integral de nuestra vida." (Varela, 1997:62)

Para Capra: "Estos primeros años de la cibernética cuajaron en una serie impresionante de logros, además del perdurable impacto del pensamiento sistémico como un todo, y resulta curioso que la mayoría de las nuevas ideas y teorías se discutieran, al menos a grandes rasgos, en la primera conferencia." (Capra, 1996:74)

## Programa almacenado en memoria

El trabajo llevado a cabo en Princeton para la instalación de un equipo de computación electrónico, desarrollado por John von Neumann, Arthur W. Burks y Hermann H. Goldstine definió lo que ha pasado a ser la arquitectura de cómputo hasta nuestros días, conocida como arquitectura von Neumann.

De acuerdo con Aspray, desde su evaluación del equipo ENIAC –*Electronic Numeric Integrator And Calculator*, que es considerada como la primera computadora electrónica– von Neumann se desentendió de los aspectos técnicos inmediatos para desarrollar una idea general de la computabilidad, independiente del mecanismo físico: "Von Neumann se interesó en presentar una descripción 'lógica' del ordenador con programa incorporado en lugar de una descripción de ingeniería... Ni los materiales específicos ni el diseño de implementación de las partes eran pertinentes para su análisis. Puede utilizarse cualquier tecnología, o incluso cualquier órgano biológico, que cumpla con las especificaciones funcionales sin efecto sobre sus resultados. Esto explica en parte su decisión de comparar las unidades del ordenador con las neuronas asociativas, sensoriales y motoras del sistema nervioso humano y de introducir cierta terminología y simbolismo extraídos de un informe escrito por Warren McCulloch y Walter Pitts sobre el sistema nervioso." (Aspray, 1993:51,52)

Posteriormente, en Princeton, von Neumann y sus colaboradores escribieron el documento titulado *Una discusión preliminar sobre el diseño lógico de un instrumento computacional electrónico* que es considerado una aportación fundamental para el desarrollo de los sistemas de cómputo.

En los puntos iniciales del informe se expone la idea de programa almacenado en memoria, misma que dio nacimiento al *software*:

"1.2 Es evidente que la máquina debe ser capaz de almacenar de alguna manera no solamente la información digital necesaria en un cálculo determinado, como, por ejemplo, valores marginales, tablas de funciones (la ecuación de estado de un fluido), y también los resultados intermedios del cálculo (que pueden ser necesarios para variar períodos de tiempo), sino también las instrucciones que dirijan la rutina efectiva que ha de ejecutarse con los datos numéricos. En una máquina para usos específicos, estas instrucciones son parte integrante del dispositivo y constituyen parte de la estructura del sistema. En una máquina para usos generales, hay que dar instrucciones a su mecanismo a fin de que lleve a cabo cualquier cálculo que pueda ser formulado en términos numéricos. De aquí que deba haber algún órgano capaz de almacenar estas órdenes de programa. Además, debe existir una unidad que pueda entender estas instrucciones y ordenar su ejecución.

"1.3 Hemos expuesto dos formas diferentes de memoria: para el almacenamiento de datos y para el almacenamiento de instrucciones. No obstante, si las órdenes dadas a la máquina se reducen a un código numérico y si ésta puede distinguir de alguna manera un número de una instrucción, la memoria puede utilizarse tanto para almacenar números como instrucciones..." (Pylyshin, 1975)

De esta forma, además del diseño del equipo, se desarrolló "... el diseño de un sistema para instruir a la máquina para realizar tareas específicas, temas estos tratados en un informe consistente en tres volúmenes escritos por Goldstine y von Neumann, titulado *Planificación y codificación de problemas*

*para un instrumento de computación electrónico, que apareció en 1947 y 1948". (Aspray, 1993:86)*

En estos volúmenes se trataba la forma de instruir al equipo para realizar determinadas tareas, aspecto conocido actualmente como programación o desarrollo de *software*. Para Goldstine y von Neumann la programación debía ser considerada una nueva rama de la lógica formal que, más allá de una traducción estática de instrucciones, proporciona un "trasfondo dinámico a fin de controlar la evolución automática de un significado." (Aspray, 1990:87)

A fin de poder dar seguimiento a esta dinámica de transformaciones "... Goldstine y von Neumann inventaron una herramienta lógica conocida como diagrama de flujo: un gráfico rotulado para rastrear el flujo dinámico a medida que el ordenador ejecutaba las órdenes y modificaba los valores de las variables." (Aspray, 1993:87)

# Máquina de Turing

La máquina de Turing es una respuesta matemática al *Entscheidungsproblem* o problema de las decisiones, que es parte del programa de Hilbert.

El *Entscheidungsproblem* o problema de las decisiones de Hilbert fue enunciado a principios del siglo XX en un congreso internacional de matemáticos realizado en Bolonia y se proponía determinar el sustento de un sistema lógico que brindara fundamento a las matemáticas. El sistema lógico de este tipo más comúnmente utilizado era el desarrollado por Bertrand Russel y Alfred North Whitehead en sus *Principia Mathematica*, publicado entre 1910 y 1913.

Más adelante, en 1931, Kurt Gödel publicó un artículo titulado *Sobre proposiciones formalmente indecidibles en los Principia Mathematica y sistemas análogos*, donde demostró que toda formulación axiomática de teoría de los números incluye proposiciones indecidibles.

"A cada clase  $k$   $w$ -consistente y recursiva de *formulae* corresponden signos de clase  $r$  recursivos, de tal modo que ni  $v$  Gen  $r$  ni Neg ( $v$  Gen  $r$ ) pertenecen a Fig ( $k$ ) (donde  $v$  es la variable libre de  $r$ )". (Hofstadter, 1998:19)

En Inglaterra, M. H. A. Newman demostró que... "los resultados de Gödel aún dejaban abierto un importante interrogante que Hilbert había planteado, conocido como el problema de las decisiones o *Entscheidungsproblem*: ¿existe un procedimiento que, para toda afirmación matemática formalmente enunciable, determine el verdadero valor de la afirmación?" (Aspray, 1993:209).

Lo que el teorema de Gödel demuestra es que un sistema axiomático como las matemáticas puede originar proposiciones cuya verdad o falsedad no puede ser demostrada (indecidibles), pero el problema de las decisiones de Hilbert planteaba la pregunta de si existía un procedimiento que permitiera saber, de alguna forma, si la proposición era o no de este tipo: "¿era posible determinar si tal proposición era arbitraria [indecidable] desde dentro del sistema? En otras palabras, ¿podría identificarse semejante proposición utilizando una serie de axiomas básicos en los que se fundaba el sistema?..." (Strathern, 1999:48).

La respuesta provino de Turing y se publicó en un artículo titulado *On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem*. De acuerdo con Aspray, "El problema atrajo el interés de Turing y en 1936 escribió un trabajo que lo respondía de forma negativa. Armó su respuesta en términos de máquinas teóricas capaces de realizar los procedimientos de decisión. Estas máquinas de Turing, como se conocieron más tarde, posteriormente tuvieron gran importancia en la teoría de la informática." (Aspray, 1993:209-210).

La máquina de Turing trabaja con una cinta infinita dividida en cuadros, que recorre secuencialmente, y tiene una cantidad limitada de estados posibles (leer, saltar cuadros, escribir, etc.), que son seleccionados de acuerdo a los símbolos que aparecen en cada cuadro de la cinta.

Posteriormente, Turing pasó a demostrar "... que hay una sola máquina, conocida como máquina universal de Turing, en la que se pueden codificar instrucciones para que se comporte como cualquier otra de las máquinas de Turing." (Aspray, 1993:210).

No importa, en este caso, si la máquina que deba imitarse es más compleja: siempre y cuando su descripción se encuentre completa, bastará con agregar más cuadros a la cinta para especificar una mayor cantidad de pasos posibles y la máquina universal de Turing podrá emularla.

Ahora bien, en respuesta al planteamiento de Hilbert, Turing responde con el problema de la detención: ¿existe una máquina de Turing tal que, dada una máquina de Turing arbitraria  $M$  y un ingreso  $i$ , determine si  $M$  completará su cálculo sobre  $i$  en una cantidad finita de pasos? La respuesta es no.

En otras palabras, "Turing propuso el concepto de una máquina capaz de reconocer proposiciones arbitrarias dentro de un sistema matemático. Esta máquina teórica tendría que convertirse en una máquina Turing universal. Se introducía en ella un número que, en forma de clave, llevaría la descripción de otra máquina Turing y actuaría de la misma forma que ésta. Pero, ¿qué pasaría si en esta máquina universal hipotética se introdujera un número que indicara su propia descripción? ¿Cómo se comportaría ella misma, comportándose como ella misma, comportándose como ella misma, y así sucesivamente? ¿Y cómo podría seguir el procedimiento de comportarse como ella misma, cuando ya estaba comportándose así?" (Strathern, 1999:51).

De esta forma, para Turing era imposible definir una serie de reglas que pudieran determinar si una proposición era susceptible de demostración (o refutación) empleando únicamente procedimientos extraídos del mismo sistema y demuestra que no hay un procedimiento eficaz para determinar si una función es realmente computable.

La importancia de la propuesta de máquina universal de Turing quedó planteada bajo la *tesis de Church*, que establece que el concepto informal de una función eficazmente calculable es correferencial al concepto matemáticamente formal de la computabilidad de la máquina de Turing. En otras palabras, cualquier número o fórmula que pueda ser calculado mediante cualquier procedimiento eficaz, puede calcularse en una máquina de Turing.

"La máquina de Turing era un ordenador teórico. Actualmente, está considerado el prototipo teórico del ordenador electrónico digital. Turing había dejado trazada la teoría de los ordenadores antes de que el primer ordenador (tal y como lo conocemos) se fabricara." (Strathern, 1999:53).

# Entropía

El concepto de entropía fue introducido en 1854 por Rudolf Clausius, como una respuesta al problema de los límites de rendimiento del motor de vapor, a partir de un término griego que significa transformación. La entropía se definió inicialmente como la energía disipada en un proceso térmico, dividida por la temperatura a la que ocurre el proceso. De acuerdo con la segunda ley de la termodinámica, la entropía aumenta a medida que progresa el fenómeno térmico, ya que la energía disipada no puede recuperarse.

"No les llevó demasiado tiempo a los científicos darse cuenta de que, si en todo intercambio térmico se pierde algo de energía con fines útiles, llegará finalmente un momento en que ya no habrá ningún reservorio de calor en el universo. En este punto el universo experimentará... un estado terminal de equilibrio..." (Hayles, 1998: 61).

En 1859 James Clerck Maxwell "... publicó un trabajo en el que dedujo las propiedades de un gas a partir de la difusión estadística de las velocidades moleculares dentro del mismo gas (Maxwell, 1860, 1890). Las consecuencias de la metodología de Maxwell no fueron evidentes en un primer momento, porque se pensó que su tratamiento estadístico era meramente una manera conveniente de tratar los sistemas sobre los que se tenía información incompleta." (Hayles, 1998: 62)

A diferencia de la física newtoniana, que considera reversibles los procesos, la entropía introdujo la noción de irreversibilidad de los fenómenos físicos. "En principio –argumentaban los científicos–, deberíamos poder usar las leyes newtonianas del movimiento para describir la disipación de energía al

nivel de moléculas, en términos de cascadas de colisiones. Cada una de estas colisiones es en sí un acontecimiento reversible, de modo que debería ser perfectamente posible revertir todo el proceso. La disipación de energía –irreversible a nivel macroscópico según la segunda ley y la experiencia común– parece pues estar compuesta de acontecimientos completamente reversibles a nivel microscópico. Así pues, ¿por dónde se cuela la irreversibilidad?" (Capra, 1996:198).

Así se empezó a buscar una forma de conciliar la física de Newton, plenamente aceptada, con la definición probabilística e irreversible de Maxwell. En 1877, Ludwig Boltzmann definió la entropía como el logaritmo del número de configuraciones diferentes que puede presentar un sistema, de la forma:  $S = k (\log de W)$ , donde  $k$  es una constante universal y  $W$  es el número de maneras en que el sistema tiene que ser ordenado para producir un estado específico.

"Supongamos que tenemos una caja –razonaba Boltzmann– dividida en dos compartimentos iguales por una partición central imaginaria y ocho moléculas identificables, numeradas del uno al ocho como bolas de billar. ¿De cuántas formas podemos distribuir estas partículas en la caja, de modo que unas queden en el compartimento de la izquierda y otras en el de la derecha?" (Capra, 1996:199)

Si  $N$  es el número total de partículas y  $N_1$  es el número de partículas que se encuentran en un lado y  $N_2$  en el otro, el número de diferentes permutaciones es  $W=N!/N_1! N_2!$ . El máximo de combinaciones se presenta para un número igual de moléculas en cada lado de la división imaginaria. Boltzmann denominó 'complejiones' a las distintas combinaciones y las asoció con el concepto de orden: a menor número de complejiones, más

elevado nivel de orden. De esta forma, encontraríamos un máximo nivel de orden si todas las partículas permanecieran en el mismo lado de la división. (Capra, 1996)

Es importante señalar que el concepto de orden expuesto es un concepto termodinámico, en el que las moléculas están en constante movimiento, provocando un incremento de las posibles complejiones, coincidiendo así con la definición de entropía de Clausius y la segunda ley de la termodinámica.

"Si bien es cierto que Boltzmann y Clausius interpretaron la entropía de modos diferentes, es posible reconciliar ambas interpretaciones... las dos formulaciones son equivalentes, aunque no idénticas." (Hayles, 1990: 64)

¿Cómo aparece el demonio de Maxwell? ... "En una breve nota insertada casi hacia el final de su *Teoría del calor* (1871), Maxwell imaginó un ser microscópico que era capaz de separar las moléculas rápidas de las lentas en un sistema cerrado, y por lo tanto, de disminuir la entropía del sistema sin realizar trabajo." (Hayles, 1990: 64)

En palabras de Gershenfeld: "Una criatura inteligente y taimada podía abrir y cerrar una diminuta puerta..." entre las dos partes de la caja, "... separando así las moléculas de gas frías de las calientes, lo cual podría poner un motor en marcha. Repitiendo este procedimiento se obtendría una máquina de energía perpetua, algo deseable pero imposible." (Gershenfeld, 2000)

De acuerdo con Aspray, "Varias generaciones de físicos trataron de entender esta paradoja hasta que en 1929 uno de los colegas húngaros de von Neumann, Leo Szilard, la resolvió y demostró que la respuesta radicaba en la

relación entre la entropía y la información. La entropía que pierde el gas por la separación que el Demonio realiza entre partículas de baja y alta energía se compensa con la información que el Demonio obtiene acerca del movimiento de las partículas del gas. Para obtener esta información el Demonio introduce una entropía negativa en el sistema, lo que explica la paradójica pérdida neta de entropía." Inclusive, "Von Neumann utilizó la idea de Szilard en su propia explicación de la termodinámica cuántica en 1932." (Aspray, 1993:207)

Leo Szilard "... había observado que para hacer su trabajo el Demonio necesitaba recordar dónde estaban almacenadas las moléculas rápidas y las lentas...", definiendo de esta forma cierto tipo de memoria como acumulación o almacenamiento de información, "indisolublemente vinculada a la producción de entropía." (Hayles, 1998: 67)

Más tarde Brillouin retomó los conceptos esbozados por Szilard y propuso que "... las operaciones de procesamiento de datos eran termodinámicamente irreversibles, es decir, que la disipación de calor era el precio que había que pagar por las operaciones de procesamiento de la información." (Hayles, 1998:69).

# Digital

Para Nicholas Negroponte la esencia del mundo digital es el cambio de los átomos por los *bits*. (Negroponte, 1996:24)

La palabra digital tiene como etimología el latín *digitus*, que cuenta con doble significado, como dedo y como número. Probablemente sea un reconocimiento al hecho de que el ser humano contaba con los dedos, de forma que nuestro actual sistema de numeración tiene, precisamente, diez dígitos o números.

Digitalizar significa, entonces, convertir una entidad a números. Así, una entidad u objeto físico, generalmente conformado por átomos, puede ser convertido en una entidad u objeto digital, conformado por bits, por números binarios. Esta disposición de números que se obtiene al digitalizar es entendida como una representación de la entidad digitalizada. De esta forma es posible alterar la disposición de los números como si se estuviera alterando la entidad misma. A partir de esta disposición numérica es posible almacenar, editar, generar o transmitir entidades a través de sus representaciones digitales.

Este es el fundamento de la definición de computadora como máquina simbólica, donde cada disposición numérica binaria simboliza alguna entidad física o conceptual, por ejemplo otro número, una operación lógica o matemática, un texto, una fotografía, un sonido, una figura en movimiento, un objeto o una máquina completa.

El dominio informático encierra en la actualidad diversas categorías, principalmente el *corpus* matemático (entendido como series de datos numéricos y sus operadores), el escrito (conjunto de letras y signos), el gráfico (imágenes fijas), el cinético (imágenes en movimiento), y el auditivo (conjunto de sonidos). Cualquier categoría puede incorporarse en función de la capacidad de digitalización.

El manejo informático supone, entonces, mecanismos de digitalización (*input*), de almacenamiento en memoria, de edición o transformación, de transferencia entre diferentes máquinas y de salida (*output*), que incluye su visualización por diferentes medios, pero también su transformación en átomos.

Suponemos que el mundo en el que vivimos es continuo, por lo menos a nivel macroscópico. Esto es, algunas de las características que distinguimos en los objetos tienen cambios sutiles, imperceptibles, entre un estado y otro. Por ejemplo, los cambios de color que toda superficie presenta cuando la vemos. Este mundo analógico, continuo, se representa con entidades digitales que son disposiciones numéricas discretas, formadas por pequeñas partes con estados definidos. A mayor número de estas pequeñas partes, se supone que tendremos mayor fidelidad en la representación de un estado continuo, en términos de resolución de la representación numérica.

La resolución de una entidad digital es, entonces, la cantidad de pequeñas partes en que se divide y la profundidad es la cantidad de estados que puede tener cada una de estas partes, igualmente, bajo el supuesto de que mientras mayor sea la cantidad de estados posibles, mayor fidelidad se tendrá al representar a la entidad física correspondiente.

En el caso de una imagen, la resolución se mide en la cantidad de elementos de la imagen (*pixel: picture element*) por unidad de medida lineal, generalmente en pulgadas. De esta forma se habla de 300 o 600 puntos por pulgada (*dpi: dots per inch*). La profundidad de la imagen es el número de colores con que puede definirse cada elemento (cada punto) y se encuentra determinado por la cantidad de *bits* que se le asigna. Si se asigna un sólo *bit* a cada punto, entonces sólo podrá tener dos estados posibles, digamos blanco o negro, de forma que obtendremos una imagen en alto contraste. Si asignamos ocho *bits* por cada punto, entonces obtenemos 256 valores cromáticos. Para 32 *bits* tenemos más de 4 mil millones de colores. Los parámetros para tratar a la imagen digital son, entonces: tamaño, resolución y profundidad.

En el caso de un sonido, la resolución es el número de muestras (*sample*) que se toman sobre la señal auditiva por unidad de tiempo, medida en ciclos por segundo o hertz (Hz). De esta forma podemos hablar de sonidos digitales de 22,050 Hz o 44,100 Hz de resolución. Y la profundidad se refiere a los distintos estados que puede adoptar cada una de las muestras tomadas, por ejemplo en un sonido a 16 *bits* son aproximadamente 65,000 estados. Un sonido con calidad *compact disk* tiene, precisamente, 44.1 KHz a 16 *bits*, en estéreo.

El movimiento se digitaliza a través de una secuencia de imágenes fijas, donde además de las características de tamaño, resolución y profundidad del conjunto de imágenes, es importante considerar la velocidad de la secuencia o número de cuadros por segundo. Para una secuencia cinematográfica hablamos de 24 cuadros por segundo (*fps: frames per second*) y para video NTSC (*National Television System's Comitee*) de 30 fps.

## Hipertexto

En 1945 Vannevar Bush escribió el texto titulado *Cómo podemos pensar*, en el que propone la idea de "...un futuro dispositivo para uso individual que sea una especie de archivo y biblioteca privada..." con el nombre de *MEMEX*. "Un MEMEX es un dispositivo en el que un individuo almacena todos sus libros, datos y comunicaciones, y que está mecanizado de manera que pueda ser consultado con gran velocidad y flexibilidad. Es un íntimo suplemento ampliado de su memoria." (Pylyshin, 1975:91)

"De esta forma puede solicitar cualquier libro de su biblioteca y consultarlo con mucha mayor facilidad que si tuviese que tomarlo de un estante. Como tiene varias pantallas de proyección, puede dejar posicionada una información mientras solicita otra. Puede añadir notas marginales y comentarios... igual que si tuviese la página físicamente delante de él." (Pylyshin, 1975:92)

El MEMEX nunca se construyó físicamente, sin embargo dio nacimiento al concepto de hipertexto a través del enlace asociativo de conceptos: "...ofrece un paso inmediato hacia la indexación asociativa, cuya idea básica consiste en que cualquier dato puede causar, a voluntad, la selección inmediata y automática de otro... Lo importante es el proceso de encadenamiento de dos datos."(Pylyshin, 1975:92-93)

El término hipertexto fue utilizado por primera vez por Theodor Nelson "... para describir la idea de un sistema que permitiese una escritura y lectura no estrictamente lineales, sino ajustadas a procesos más próximos al modelo humano." (Díaz,1997:5)

Un hipertexto es "una tecnología que organiza una base de información en bloques discretos de contenido llamados nodos, conectados a través de una serie de enlaces cuya selección provoca la inmediata recuperación de la información destino." (Díaz, 1997:3)

Su principal característica es "... su capacidad para emular la organización asociativa de la memoria humana." (Díaz, 1997:3)

## Multimedia

La palabra multimedia tiene como etimología las raíces latinas *multi*: muchos y *media*, plural de *medium*: medio. Literalmente multimedia significa muchos medios y se refiere a la integración de un producto que contiene información en diferentes formatos o medios.

En el marco del presente documento se considera a la multimedia digital e interactiva. En este sentido, los diferentes medios que puede integrar un producto multimedia se refieren a las categorías del dominio informático. Es posible, sin embargo, considerar a la multimedia como una integración de lenguajes, donde a cada lenguaje le corresponde un tipo de información digital: lenguaje escrito-texto, gráfico-imagen fija, cinético-imagen en movimiento, auditivo-sonido. La cantidad de lenguajes aplicados en un producto multimedia es variable.

Existen diferentes tipologías de productos multimedia: presentación electrónica, publicación electrónica en medio óptico-magnético (cd-rom), publicación electrónica en línea (internet) o kiosko de información.

La presentación electrónica se considera como material de apoyo o soporte para una exposición y generalmente su nivel de interactividad se ubica en la selección consecutiva de canal.

Las publicaciones electrónicas y los kioskos de información pueden ubicarse en diferentes niveles de interacción e implican un acceso o lectura autónoma por parte del usuario.

Los sistemas en medio óptico-magnético facilitan el manejo de grandes volúmenes de información, ya sea a través de una mayor diversidad de material o de mayor calidad de medios: imágenes, animaciones, video, sonido.

Por su parte, los sistemas en línea facilitan el control de acceso y la interacción a distancia.

## Realidad Virtual

Diversos autores consideran que la relación hombre-computadora puede entenderse en el marco del concepto de realidad virtual. Indudablemente este concepto ha adquirido enorme importancia, particularmente cuando se refiere a la visualización interactiva de espacios y objetos modelados digitalmente. Sin embargo, el concepto mismo de realidad virtual supone formas de comprender la realidad que es interesante puntualizar.

El científico chileno Humberto Maturana ha delimitado dos actitudes o líneas discursivas frente a la cuestión de lo real a las que se refiere como de la objetividad sin paréntesis y la objetividad entre paréntesis, de forma similar a Husserl.

[\* Intencional]

Por una parte: "En la línea explicativa de la objetividad sin paréntesis... el observador, u observadora, implícita o explícitamente supone que la existencia tiene lugar independientemente de lo que él o ella hacen, que las cosas existen independientemente de si él o ella las conocen, y que él o ella pueden conocerlas, o pueden saber de las cosas, o pueden saber acerca de ellas, mediante la percepción o la razón." (Maturana, 1995:16)

En esta línea explicativa las entidades (las cosas, el mundo) existen independientemente de lo que hace el observador; sin embargo, éste puede conocerlas a través de sus sentidos. Existen, además, otras entidades que surgen como proposiciones de las anteriores y su relación con el observador es a través de la razón. En conjunto esto constituye el dominio de lo que se denomina real, y todo lo demás no es sino una ilusión.

En otras palabras, para esta línea explicativa, la realidad está ahí afuera y es posible conocerla a través de nuestros sentidos o de la razón. Normalmente nuestros sentidos nos bastan para acceder a los hechos, objetos o ámbitos cotidianos de la realidad, pero no son suficientes para toda la realidad. Existen otros ámbitos en los cuales es necesario recurrir principalmente a la razón o la intuición. Es el caso de las realidades en escala microscópica o macroscópica en distancias extremas, como la estructura del átomo o del universo, que podemos deducir a través de nuestra razón y eventualmente verificar con el auxilio de instrumentos que amplifican nuestros sentidos.

Existen, además, elementos de verificación consensuales. No basta con que alguien vea, escuche o deduzca algo para que ese algo adquiera el carácter de realidad. Si otros individuos en circunstancias similares (o experimentalmente equivalentes) no ven o escuchan lo mismo, entonces lo percibido entra en el campo de la imaginación o alucinación personal. Esta línea explicativa es la dominante en el pensamiento de la cultura occidental contemporánea, y es la concepción en torno a la cual construyen su versión del método científico diversos científicos y filósofos de la ciencia. Sin embargo no es la única que subsiste en nuestra cultura, y se encuentra muy lejos de ser tan importante en otras épocas o culturas.

Por otra parte, en lo que Maturana denomina la línea explicativa de la objetividad entre paréntesis, "... el observador, u observadora, constituye la existencia con sus operaciones de diferenciaciones. Por estas razones, el observador, u observadora, reconoce en la línea de la objetividad entre paréntesis que no puede usar un objeto que se supone existe en tanto que entidad independiente como un argumento para apoyar su explicación."

(Maturana, 1995:19)

[\* Cibernética]

En esta línea explicativa, el observador, u observadora, carece de fundamentos para afirmar cosa alguna acerca de objetos, entidades o relaciones, como si existieran independientemente de lo que él o ella hacen, porque "... la existencia está constituida con lo que hace el observador, u observadora, y éstos producen los objetos que diferencian con sus operaciones de diferenciación como diferenciaciones de diferenciaciones dentro del lenguaje." (Maturana, 1995:19)

En otras palabras: un observador, u observadora, realiza distinciones de un entorno tales que definen una entidad (objetos o acontecimientos), que se destaca de esta forma de un trasfondo (diferenciación), y que establece consensualmente a través del lenguaje, definiendo así realidades diversas para entornos equivalentes. Cada observador, entonces, crea su propia versión, su propio universo.

[\* Cibernética]

Para el filósofo español Ortega y Gasset: "... el mundo es el instrumento por excelencia que el hombre produce, y el producirlo es una y misma cosa con su vida, con su ser. El hombre es un fabricante nato de universos." (Barroso, 1985:153)

En la *Teoría General de los Sistemas*, Ludwig Von Bertalanffy lo explica así: "El hombre no es un receptor pasivo de estímulos que le llegan del mundo externo, sino que, en un sentido muy concreto, *crea* su universo." (Bertalanffy, 1998:203)

En concordancia con Humberto Maturana, el investigador Francisco Varela propone lo que denomina el programa *enactivo*. En este programa se ... "Cuestiona la centralidad de la noción de que la cognición sea

fundamentalmente representación, pues dicha noción oculta tres supuestos fundamentales. El primero es que habitamos un mundo con propiedades particulares, tales como longitud, color, movimiento, sonido, etcétera. La segunda es que "captamos" o "recobramos" estas propiedades representándolas internamente. El tercero es que un "nosotros" subjetivo separado es quien hace estas cosas." (Varela, 1997:33)

En el programa enactivo, no hay tal cosa como la representación de un mundo pre-dado por una mente pre-dada, sino la emergencia o surgimiento de un mundo y una conciencia a partir de una diversidad de acciones que alguien realiza en el mundo. (Varela, 1997:34)

De esta forma, es fácil aceptar que "... hay muchas maneras de ser del mundo —en verdad, muchos mundos de experiencia—, según la estructura del ser involucrado y las clases de distinciones que es capaz de realizar." (Varela, 1997:33)

La frontera entre lo real y lo virtual es difusa. En el fondo, el mundo que percibe el ser humano es una ilusión, pero una ilusión consensual que se sostiene por la descripción que el propio ser humano repite una y otra vez, tal como aprendió desde su nacimiento.

Lo virtual deviene real en la medida en que es aceptado consensualmente y es capaz de provocar respuestas en el humano, que de esta forma le confiere un carácter objetivo al hecho virtual. Esto no tiene que ver solamente con computadoras y objetos digitales; ocurre lo mismo con conceptos, categorías y hechos cotidianos que llegan a adquirir carácter consensual y provocan respuestas conscientes e inconscientes por parte de los humanos, entrando de esta forma en el dominio de lo que se denomina real o, más

concretamente, en el dominio de la experiencia del individuo o la especie. Si un conjunto de observadores aceptan consensualmente que las manchas de color que aparecen en una pantalla, o en un sistema de inmersión, representan habitaciones, objetos, edificios o lo que sea, entonces esa representación pasa a formar parte de su dominio de experiencia, y por lo tanto, de su realidad. En este sentido los objetos conformados por *bits*, a los que denominamos virtuales, son en última instancia tan reales como cualquier entidad conformada por átomos.

# Geometría

El término geometría del conocimiento se refiere a la estructura o forma orgánica que se brinda a la información cuando un autor, diseñador o productor multimedia propone un espacio de interacción.

La palabra geometría tiene como etimologías los términos griegos *gea*, tierra y *metron*, medida. Entendida originalmente como medida de la tierra, la geometría es actualmente comprendida como la disciplina matemática cuyo objeto es el estudio del espacio y las formas que en él se contienen.

En este sentido, se atribuyen los logros iniciales de la geometría a los egipcios, empujados por la necesidad de medir sus tierras tras las inundaciones anuales del Nilo. Sin embargo, no podemos dejar de lado los diversos significados del término. Para los griegos primitivos, al igual que para la mayoría de los pueblos, la tierra era más que un área física: la tierra era un ser reconocido como la madre de la vida.

En la mitología griega Gea, la madre tierra, nació inmediatamente después de Caos en el origen de todos los tiempos. Engendró a Urano, el Cielo, sin intervención alguna de varón y formó con él la primera pareja divina.

Rupert Sheldrake lo describe de la siguiente manera: "Según uno de los primitivos mitos griegos de la creación, al principio la Madre Tierra (*Gea*) emergió del caos. Mientras dormía engendró a Urano, el dios del cielo, que fue a su vez su hijo y su amante; mirándola desde arriba, él hizo caer una lluvia fértil sobre sus grietas secretas y ella engendró hierba, flores y árboles, y produjo las aves y las bestias." (Sheldrake, 1994:31)

Así, Gea es la personificación del origen del mundo, de la vida, del triunfo del cosmos frente al caos.

Por otra parte, el concepto de medida entre los griegos antiguos no se refería a la comparación de un objeto con un patrón externo o unidad "...este último procedimiento se consideraba más bien como una forma de exteriorizar una 'medida interna' más profunda, que tenía un papel esencial en todas las cosas." (Bohm, 1980:44). Si algo iba más allá de su medida propia se encontraba fuera de armonía y estaba destinado a perder su integridad. De acuerdo con David Bohm: "Podemos asomarnos un poco a este modo de pensar cuando consideramos los significados primitivos de ciertas palabras. Así, la palabra latina *mederi*, que significaba 'curar' (raíz de la moderna 'medicina'), se basa en una raíz que significa 'medir'. Esto refleja el concepto de que se consideraba la salud física como el resultado de un estado de orden y medida interiores en todas las partes y procesos del cuerpo. También la palabra 'moderación', que describe una de las más importantes nociones antiguas de virtud, tiene la misma raíz, y muestra que se consideraba esta virtud como el resultado de una medida interna subyacente a las acciones sociales y al comportamiento del hombre. La palabra 'meditación', que también tiene la misma raíz, supone una especie de ponderación (pesaje) o medida de todo en el proceso del pensar, que llevará a las actividades internas de la mente a un estado de armoniosa medida. Así, física, social y mentalmente, la conciencia de la medida interna de las cosas fue considerada como la clave esencial de una vida saludable, feliz y armoniosa." (Bohm, 1992:45)

De esta forma la geometría, la medida de la tierra, podría comprenderse igualmente como la armonía del mundo, el balance del cosmos.

*Considerando que en la actualidad el objeto de estudio de la geometría es el espacio y las formas que ahí se encuentran, podemos proponer que una geometría del conocimiento se refiere a la medida o armonía de un espacio de interacción y los elementos que lo componen.*

## Diseño

Giorgio Vasari, pintor y arquitecto florentino que nació en 1511 y murió en 1574, en su texto *Delle vite de più eccellenti pittori, escultori et architetti* aplica por primera vez el término *Renacimiento* para referirse a la época de florecimiento artístico posterior a la edad media. A Vasari se atribuye, igualmente, haber utilizado por primera vez el término diseño, a partir de la palabra italiana *disegno*, que significa dibujo y que se emplea, a partir de entonces, también como proyecto.

La actividad de diseño es, de esta forma, la actividad de proyectar. Para Lon Barfield únicamente el ser humano diseña cosas: la clave para comprender al diseño consiste, precisamente, en el pensamiento aplicado al objeto, que antecede a su proceso de construcción. (Barfield, 1993) Este pensamiento aplicado al objeto es lo que se puede identificar con la actividad de proyección o proyectual, característica precisamente del diseño.

Sin embargo, para Martin Juez, existe una distinción entre la etapa de proyecto y la etapa de diseño. Para el autor, el proyecto es: "... un atisbo del mundo, una *teoría*... Es una visión peculiar que presume posible una solución más allá de los recursos y las tecnologías disponibles, aunque se apoye en ellos." (Martin, 2002:152)

"El diseño intenta materializar una idealización: hacer efectiva -real, verdadera- y concreta la idea, el propósito, la visión. Mientras el proyecto genera un propósito dentro del espacio -siempre amplio- de lo *posible*, el diseño calcula y concerta dicho propósito en los límites de lo *probable*." (Martin, 2002:153)

Por lo tanto: "El proyecto es el dominio de las *causas finales*. El diseño es el dominio de las *causas eficientes* o *físicas*." (Martin, 2002:153)

A partir de la revolución industrial, los conceptos de proyecto y diseño, que se aplicaron durante siglos a las obras artísticas y arquitectónicas, se empezaron a aplicar, también, a los productos de la manufactura industrializada. Y esta aplicación de la actividad proyectual al producto de la máquina es reconocida como diseño industrial.

Inicialmente, el diseño industrial proponía básicamente la forma o aspecto del objeto industrial con la que el usuario debería tratar. Este aspecto formal incluía definiciones acerca de cuestiones como la estructura, la composición de los elementos, el material, la textura, el tamaño o el color.

Evidentemente, conforme los objetos de la industria se fueron volviendo complejos lo fue haciendo también la actividad del diseño.

La industria ha evolucionado notablemente desde la época del motor de vapor y en el mismo sentido lo han hecho los productos industriales, hasta llegar a la industria informática y los productos digitales. De la misma manera que las máquinas cibernéticas se distinguen de los mecanismos cartesianos de relojería, los productos industriales de la era digital son sustancialmente distintos de los productos de la era del vapor y el diesel.

Ahora hablamos de productos industriales diferentes: objetos a los que se denomina *inteligentes*, que manejan cantidades crecientes de información, se comunican con otros objetos y son *intuitivos* con el usuario. Igualmente son activos, son más pequeños y tienden a la miniaturización. Son, comparativamente, ahorradores de recursos y de energía.

Para Bürdek la tendencia a la “desmaterialización” de los objetos es central en la comprensión del diseño en nuestros días. Esta tendencia se encuentra respaldada por la miniaturización debida a la electrónica, a la reducción de mecanismos y materia que supone el concentrar las funciones del producto en un *chip*, y a que el ahorro de materiales y de energía convierte a los nuevos objetos de consumo en productos sustentables. (Bürdek, 1994)

Entre los cambios provocados por la integración de la electrónica en los productos cotidianos, Bernd Guggenberger se refiere a que: “La miniaturización va acompañada de una pérdida de realidad”, porque ya no es posible percibir cómo funciona la técnica. (Bürdek, 1994:306)

Pero no sólo resulta que “la verdadera forma de trabajar de un producto se ha vuelto invisible” sino que, además: “El servicio real que prestan los productos es cada vez más inmaterial, es *software*.” Tanto es así, que en la práctica profesional de muchos diseñadores “al *software* le corresponde una mayor trascendencia que al diseño del *hardware* ...” (Bürdek, 1994:313-314)

La idea del objeto intuitivo con el usuario está marcada, evidentemente, por la interactividad. Es en el diseño de este tipo de productos digitales donde encuentra sentido y se desarrolla el diseño de interfases. De acuerdo con Barfield, el diseño de interfaz de usuario es una rama del diseño básico que requiere de conocimientos especializados. Más adelante de esta misma rama encontramos, entre otras especializaciones, al diseño de interfaz de usuario para computadora que, a su vez, requiere de conocimientos específicos. (Barfield, 1993:6)

*A fin de cuentas, si aplicamos el principio de isomorfismo entre software y hardware no debería existir, en el fondo, diferencia alguna si la actividad*

*proyectual se realiza sobre átomos o sobre bits. Más aun, si consideramos que la máquina universal de Turing viene, efectivamente, a sustituir a los equipos o máquinas a los cuales emula, entonces el diseño digital adquiere un carácter de universalidad que difícilmente se podría encontrar en otras áreas del diseño.*

Para un diseñador tradicional, una página es una página. Para un diseñador de interactividad, una página puede ser cualquier cosa ... Y "cualquier cosa" quiere decir *cualquier cosa*: un objeto tridimensional, un mundo virtual, una hoja, o todo eso junto.

En este sentido, para Gui Bonsiepe la interfase es, indudablemente, el tema principal del diseño en tanto que hace posible la acción eficaz. (Bonsiepe, 1999)

De esta forma, el autor explica: "Considero totalmente obsoleto el venerable pensamiento de considerar a los diseñadores como generadores de formas... Los diseñadores estructuran... los espacios de acción para los usuarios mediante sus intervenciones en los universos de la materialidad y la semiótica." (Bonsiepe, 1999: 175)

Finalmente, el pensamiento aplicado al objeto en esta época, considera no sólo su forma o aspecto final, ni se detiene en aspectos de producción, sino que incluye, o debe incluir, el sentido de interacción con el usuario y con otros objetos.

Aspray, William. **John von Neumann y los orígenes de la computación moderna.** Gedisa, Barcelona, España, 1993, 414 pp.

(1990) MIT

Bagdikian, Ben H. **Las máquinas de información.** *Su repercusión sobre los hombres y los medios informativos.* Fondo de Cultura Económica, México, 1984, 507 pp.

(1971)

Barfield, Lon. **The User Interface.** *Concepts & Design,* Addison-Wesley, Inglaterra, 1993, 353 pp.

(1993)

Barroso Acosta et al., compiladores, **El Pensamiento Histórico: ayer y hoy,** Tomo III, UNAM, México, 1985

Berman, Morris. **El reencantamiento del mundo.** Ed. Cuatro Vientos, Chile, 1995, 343pp.

(1981)

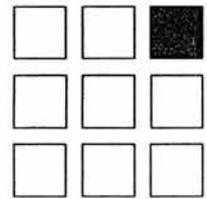
Bertalanffy, Ludwig Von. **Teoría General de los Sistemas.** Fondo de Cultura Económica, México, 1998, 311 pp.

(1968)

Boden, Margaret A. (comp.). **Filosofía de la Inteligencia Artificial.** Fondo de Cultura Económica, México, 1994, 508 pp.

(1990)

bibliografía



Bohm, David. **La totalidad y el orden implicado**. Editorial Kairós, Barcelona, España, 1992, 305 pp.

(1980)

Bonsiepe, Gui. **Del objeto a la interfase**. *Mutaciones del diseño*. Ediciones Infinito, Buenos Aires, Argentina, 1999, 197 pp.

(1993,1996,1998)

Bonsiepe, Gui. **Interface**. *Design neu begreifen*. Ed. Bollman, Alemania, 1996 246 pp.

(1996)

Bruner, Jerome. **Realidad mental y mundos posibles**. *Los actos de la imaginación que dan sentido a la experiencia*. Ed. Gedisa, Barcelona, España, 1998, 182 pp.

(1986)

Bürdek, Bernhard E. **Diseño**. *Historia, teoría y práctica del diseño industrial*. Ed. G. Gili, Barcelona, España, 1994, 390 pp.

(1994)

Capra, Fritjof. **La trama de la vida**. *Una nueva perspectiva de los sistemas vivos*. Ed. Anagrama, Barcelona, España, 1998. Colección Argumentos, 359 pp.

(1996)

Cooper, Alan. **About Face.** *The essentials of user interface design.* Ed. IDG Books, EUA, 1995, 580 pp.

(1995)

Díaz, Paloma; Catenazzi, Nadia; Aedo, Ignacio. **De la multimedia a la hipermedia.** Ed. RAMA, Alfaomega, México, 1997, 288 pp.

(1996)

Duncan, Ronald; Weston-Smith, Miranda (comps.). **La enciclopedia de la ignorancia.** *Todo lo que es posible conocer sobre lo desconocido.* Ed. CONACYT-FCE, México, 1996, 528 pp.

(1977)

Ende, Michael. **La prisión de la libertad.** Ed. Alfaguara, España, Argentina, México, 1994, 212 pp.

(1992)

Fromm, Erich. **El humanismo como utopía real.** *La fe en el hombre.* Ed. Paidós, México, 1998, 206 pp.

(1992)

Fromm, Erich. **Del tener al ser.** *Caminos y extravíos de la conciencia.* Ed. Paidós, Argentina, 1993, 168 pp.

Galitz, Wilbert O. **The Essential guide to user interface design.** *An introduction to GUI design principles and techniques.* Wiley Computer Publishing, EUA, 1997, 626 pp.

(1997)

Gándara, Manuel. **Multimedios en educación: una introducción histórica.** *Talleres del Primer encuentro iberoamericano de educación superior en línea. Mitos y retos de la educación en línea.* CUAED, UNAM, 2002

Gershenfeld, Neil. **Cuando las cosas empiecen a pensar.** Ediciones Granica, S.A., Barcelona, España, 2000, 275 pp.  
(1999)

Hanson, Dirk. **Los nuevos alquimistas.** *Silicon Valley y la revolución microelectrónica.* Sudamericana-Planeta, Argentina, 1984, 291 pp.  
(1982)

Hayles, N. Katherine. **La evolución del caos.** *El orden dentro del desorden en las ciencias contemporáneas.* Gedisa, Barcelona, España, 1998, 382 pp.  
(1990)

Hofstadter, Douglas R. **Gödel, Escher, Bach un Etemo y Grácil Bucle.** Ed. Tusquets-CONACYT, Barcelona, España, 1998, 882 pp.  
(1979)

Horgan, John. **El fin de la ciencia.** *Los límites del conocimiento en el declive de la era científica.* Ed. Paidos, España, 1998, 351pp.  
(1996)

Johnson-Laird, Philip N. **El odernador y la mente.** Ed. Paidos, col. transiciones, Barcelona, España, 2000, 411 pp.  
(1988)

Koestler, Arthur. **The ghost in the Machine**. Ed. Hutchinson & Co., Inglaterra, 1967, 384 pp.

Kuhn, Thomas S. **La estructura de las revoluciones científicas**. Fondo de Cultura Económica, México, 1993, 319 pp.  
(1962, 1970)

Lévy, Pierre. **¿Qué es lo virtual?** Ed. Paidós, Barcelona, España, 1998, 141 pp.  
(1995)

Lillo Jover, Julio. **Ergonomía. Evaluación y diseño del entorno visual**. Ed. Alianza Editorial, Madrid, España, 2000, 452 pp.  
(2000)

Llovet, Jordi. **Ideología y metodología del diseño**. Ed. Gustavo Gili, Barcelona, España, 1981, 161 pp.  
(1979)

Luhmann, Niklas. **Introducción a la teoría de sistemas**. Universidad Iberoamericana, México, 1996, 420 pp.  
(1996)

Luhmann, Niklas. **Complejidad y modernidad. De la unidad a la diferencia**. Editorial Trotta, España, 1998, 257 pp.  
(1977-1998)

Maldonado, Tomás. **Lo real y lo virtual**. Ed. Gedisa, Barcelona, España, 1994, Col. Multimedia, 261 pp.  
(1992)

Maldonado, Tomás. **Crítica de la razón informática**. Ed. Paidós, Barcelona, España, 1998, 239 pp.

(1997)

Mander, Jerry. **En ausencia de lo sagrado**. *El fracaso de la tecnología y la sobrevivencia de las Naciones Indígenas*. Editorial Cuatro Vientos, Chile, 1994, 532 pp.

(1994)

Manovich, Lev. **The language of new media**. Ed. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Mass., USA, 2001, 354 pp.

(2001)

Martín Juez, Fernando. **Contribuciones para una antropología del diseño**. Ed. Gedisa, Barcelona, España, 2002, 222 pp.

(2002)

Maturana R., Humberto y Varela G., Francisco. **El árbol del conocimiento**. Editorial Universitaria, Chile, 1996, 172 pp.

(1984)

Maturana R., Humberto y Varela G., Francisco. **De máquinas y seres vivos**. *Autopoiesis: la organización de lo vivo*. Editorial Universitaria, Chile, 1994, 137 pp.

(1971)

Maturana R., Humberto. **La realidad: ¿objetiva o construida?**, Ed. Anthropos-UIA-ITESO, España, 1995, Dos tomos:  
Tomo I. *Fundamentos biológicos de la realidad*, 162 pp.  
Tomo II. *Fundamentos biológicos del conocimiento*, 286 pp.  
(1995)

Moreno, Montserrat; Sastre, Genoveva; Bovet, Magali; Leal, Aurora.  
**Conocimiento y cambio**. *Los modelos organizadores en la construcción del conocimiento*. Ed. Paidós, Barcelona, España, 1998, 350 pp.  
(1998)

Morin, Edgar. **Introducción al pensamiento complejo**. Gedisa, España, 1996, 167 pp.  
(1990)

Morin, Edgar. **El Método**. *El conocimiento del conocimiento*. Ed. Cátedra, Madrid, España, 1994, 263 pp.  
(1986)

Negroponte, Nicholas. **Ser Digital**. Ed. Oceano, México, 1996, 261 pp.  
(1995)

Ortega y Gasset, José. **La vida alrededor**. *Meditaciones para entender nuestro tiempo*. Ed. José Luis Molinuevo, México, 1998, 238 pp.

Perazzo, Roberto. **De cerebros, mentes y máquinas**. Fondo de Cultura Económica, Argentina, 1994, 236 pp.  
(1994)

Piscitelli, Alejandro. **Ciberculturas**. *En la era de las máquinas inteligentes*. Ed. Paidós, Argentina, 1995, 284 pp.  
(1995)

Pylyshyn, Zenon W. (comp.) **Perspectivas de la revolución de los computadores**. Alianza Editorial, Madrid, España, 1975, 695 pp.  
(1970)

Roszak, Theodore. **El Culto a la Información**. *El folclore de los ordenadores y el verdadero arte de pensar*. Grijalbo—CNCA, México, 1990, 277 pp.  
(1986)

Sheldrake, Rupert. **El renacimiento de la naturaleza**. *La nueva imagen de la naturaleza y de Dios*. Ed. Paidós, Barcelona, España, 1994, 264 pp.  
(1991)

Strathern, Paul. **Turing y el ordenador**. Ed. siglo XXI, Madrid, España, 1999, 99 pp.  
(1997)

Thom, René. **Estabilidad estructural y morfogénesis**. *Ensayo de una teoría general de los modelos*. Col. Límites de la ciencia, Gedisa, Barcelona, España, 1987, 363 pp.  
(1977)

Varela, Francisco J.; Thompson, Evan y Rosch, Eleanor. **De cuerpo presente**. *Las ciencias cognitivas y la experiencia humana*. Ed. Gedisa, Barcelona, España, 1997, 318 pp.  
(1997)

Varela, Francisco J. **Conocer**. *Las ciencias cognitivas: tendencias y perspectivas. Cartografía de las ideas actuales*. Ed. Gedisa, Barcelona, España, 1998, 120 pp.  
(1998)

Watzlawick, Paul y Krieg, Peter (comps.) **El ojo del observador**. *Contribuciones al constructivismo*. Ed. Gedisa, Barcelona, España, 1998, 261 pp.  
(1991)

Wittgenstein, Ludwig. **Tractatus logico philosophicus**. Alianza Editorial, Madrid, España, 2000, 215 pp.  
(1918)

Wittgenstein, Ludwig. **Sobre la certeza**. Ed. Gedisa, Barcelona, España, 1997, 97 pp.  
(1969)

Zambrano, María. **Los bienaventurados**. Ed. Siruela, España, 1970  
(1970)