



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE ARQUITECTURA



***“Diseño basado en los Sistemas Complejos Adaptativos: El  
diseño de objetos autorreferentes”***

TESIS QUE PARA LA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR EN FILOSOFÍA CON ORIENTACIÓN EN ARQUITECTURA Y  
ASUNTOS URBANOS

Presenta:

***MDI. Liliana Beatriz Sosa Compeán.***

Asesor de tesis:

Dr. Gerardo Vásquez Rodríguez.

San Nicolás de los Garza, N.L.

Abril de 2012.

## Contenido

I.	Introducción .....	9
II.	Planteamiento del problema .....	15
	a. Justificación .....	18
	b. Preguntas de Investigación .....	18
	c. Objetivos .....	19
	i. General .....	19
	ii. Específicos .....	19
	d. Supuesto.....	20
III.	Metodología .....	20
	a. Esquema metodológico.....	20
	PARTE 1: LOS SISTEMAS COMPLEJOS ADAPTATIVOS, SUS FORMAS Y DISEÑO.....	26
1.	<b>CAPÍTULO 1: Los sistemas complejos adaptativos.</b> .....	26
	1.1. <i>Las entidades que conforman los sistemas complejos.</i> .....	26
	1.2. <i>¿Qué es la complejidad en los Sistemas?</i> .....	30
	1.3. <i>La complejidad y los Niveles de observación.</i> .....	33
	1.4. <i>Epistemología, morfología y desarrollo de sistemas.</i> .....	35
	1.5. <i>El fenómeno de la emergencia en los sistemas.</i> .....	45
	1.6. <i>Redes Complejas: La conexión de los sistemas complejos.</i> .....	49
	1.7. <i>Intensionalidad</i> .....	59
	1.8. <i>Teoría de juegos</i> .....	61

<b>2. CAPÍTULO 2: EL DISEÑO</b> .....	70
2.1. <i>Diseño y diseñar.</i> .....	70
2.2. <i>El objeto de diseño.</i> .....	77
2.2.1. <i>Objeto como sistema: Comportamiento global como forma y significado.....</i>	77
2.2.2. <i>El objeto signficante</i> .....	88
2.3. <i>El diseñador como observador y su quehacer profesional.</i> .....	92
2.4. <i>Métodos y técnicas de diseño.</i> .....	93
2.5. <i>La dirección de los sistemas</i> .....	103
2.5.1. <i>Generación de escenarios y Simuladores.....</i>	104
2.6. <i>Autoorganización en un objeto</i> .....	106
PARTE 2: LA CONFIGURACIÓN Y AUTORREFERENCIA EN LOS SCA.....	108
<b>3. CAPÍTULO 3: LOS SISTEMAS BIOLÓGICOS.</b> .....	108
3.1. <i>Sistemas vivos.....</i>	108
3.1.1. <i>Fenotipo-genotipo.....</i>	110
3.2. <i>Fenomenología cognitiva y neurociencias.</i> .....	119
3.3. <i>Seres vivos sociales.....</i>	123
<b>4. CAPÍTULO 4: LOS SISTEMAS SOCIALES</b> .....	126
4.1. <i>Razones de las transformaciones sociales y su complejidad.....</i>	126
4.2. <i>Los objetos en la cultura.....</i>	130
4.3. <i>Las matrices sociales.</i> .....	132

4.3.1.	Casos de estudio de matrices sociales .....	137
4.3.2.	<i>Las ciudades y sus imaginarios</i> .....	154
4.4.	<i>Los “yo” y la Identidad colectiva: autorreferencia y morfogénesis.</i> .....	157
4.5.	<i>Comunicación</i> .....	163
<b>5.</b>	<b>CAPÍTULO 5: LOS SISTEMAS INFORMÁTICOS/DIGITALES/ROBOTS/INTELIGENCIA</b>	
	<b>ARTIFICIAL</b>	166
5.1.	<i>Ingeniería y operaciones en los sistemas digitales</i> .....	166
5.2.	<i>Inteligencia artificial</i> .....	172
5.2.1.	Máquinas universales y cerebros electrónicos. ....	175
5.2.2.	Los Robots y su interacción con el entorno. ....	181
5.2.3.	Domótica, Inmótica y Urbótica. ....	186
5.3.	Experimento de redes en software de simulación.....	189
5.4.	<i>El diseño como Transdisciplina</i> .....	200
	PARTE 3: POSTULADO .....	202
<b>6.</b>	<b>CAPÍTULO 6: EL OBJETO AUTORREFERENTE</b> .....	202
6.1.	<i>Sintetizando conceptos: comparaciones entre los sistemas analizados.</i> .....	202
6.2.	<i>El objeto autorreferente</i> .....	215
6.2.1.	<i>Definición</i> .....	215
6.2.2.	<i>Características de los objetos autorreferentes</i> .....	216
6.2.3.	<i>Tipos</i> .....	220
6.2.4.	<i>Observaciones</i> .....	224

PARTE 4: PROPUESTA DE PAUTAS PARA DISEÑO DE OBJETOS AUTORREFERENTES .....	225
<b>7. CAPÍTULO 7: DISEÑANDO OBJETOS AUTORREFERENTES .....</b>	<b>225</b>
7.1. <i>Principios para el diseño de objetos autorreferentes</i> .....	225
7.2. <i>Variables y factores a considerar para el diseño</i> .....	229
7.2.1. La distinción del objeto .....	229
7.2.2. <i>Categorización de componentes</i> .....	230
7.2.3. <i>Dirigir los sistemas/Diseño de atractores</i> .....	232
7.2.4. <i>Diseño del Programa/Procesos</i> .....	233
7.2.5. <i>Prospectiva del objeto</i> .....	235
7.2.6. <i>El diseño tangible/ Interfaces</i> .....	235
7.2.7. <i>Diseño de la red y conexión</i> .....	237
7.2.8. <i>Diseño de estructura</i> .....	238
7.2.9. <i>Diseño de flujos</i> .....	240
7.2.10. <i>Diseño del lenguaje</i> .....	241
7.2.11. <i>Diseño de la complejidad</i> .....	242
7.3. <i>Propuesta de diagrama metodológico para el diseño del OA</i> .....	244
<b>8. COMENTARIOS FINALES .....</b>	<b>247</b>
ANEXOS .....	249
BIBLIOGRAFÍA .....	252

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Línea de tiempo en relación a avances tecnológicos. ....	13
Ilustración 2. Esquema metodológico. ....	21
Ilustración 3. Descripción de las etapas de la investigación. ....	22
Ilustración 4: Tópicos de los sistemas complejos adaptativos en marco teórico. ....	23
Ilustración 5 : Tópicos de la disciplina del diseño en el marco teórico. ....	23
Ilustración 6: Variables observables en los SCA biológicos. ....	24
Ilustración 7: Variables observables en los SCA sociales. ....	25
Ilustración 8: Variables observables en los SCA artificiales. ....	25
Ilustración 9: Topologías de red más utilizadas en sistemas de gestión técnica, tales como la domótica (referencia del libro).....	51
Ilustración 10 Mapa de internet, la imagen nos muestra una red en la que inmediatamente detectamos dos propiedades: la gran mayoría de elementos poseen solo una conexión y un pequeño número de ellos están conectados a un gran número de nodos. En la red virtual se puede trazar un mapa semejante con propiedades similares. (pág. 59, Solé) .....	55
Ilustración 11. El fenómeno emergente en el crecimiento de las algas es similar a la red de transporte subterránea en Tokio, Aunque las decisiones son locales están influenciadas por la globalidad del sistema.....	59
Ilustración 12: niveles de abstracción en el diseño fuente: (García Melón, y otros, 2010). 71	
Ilustración 13 Fig. 1 cuadro sinóptico de los métodos y técnicas que intervienen en una metodología para el desarrollo de un proyecto (Elaboración Liliana Sosa).....	95
Ilustración 14 : Equivalencias del proceso de diseño y el método científico. Fuente: (García Melón, y otros, 2010) .....	96
Ilustración 15 Ciclo de vida de un objeto (Martín Juez) .....	97

Ilustración 16: Ejemplo de esquema metodológico según Jorge Alcaide en su libro <i>Diseño de productos, Métodos y técnicas</i> (Alcaide, 2004).....	98
Ilustración 17 : Ejemplo de esquema metodológico, propuesto por alumnos de tercer semestre de la Lic. En Diseño industrial.....	99
Ilustración 18: Síntesis de algunos modelos de métodos de diseño, elaboración propia.	100
Ilustración 19. Cuadros comparativos de técnicas y enfoques del diseño, en donde se comparan las ideas principales de cada uno, así como sus ventajas y limitantes. Elaborados por Liliana Sosa C.).....	101
Ilustración 20: Pasos a seguir para la generación de escenarios. ....	106
Ilustración 21: Fenotipo-genotipo: el programa y la forma de lo viviente. ....	117
Ilustración 22: Reconocimiento de conceptos como el ‘yo’ (imagen de internet) .....	121
Ilustración 23: Matriz social “clase de dibujo técnico” .....	138
Ilustración 24 : Muestra de dibujos de alumnos recién integrados a la matriz social de una clase de dibujo técnico.....	142
Ilustración 25: Comparativa de elementos que aparecen en los dibujos del caso de estudio de la matriz social "Dibujo Técnico" .....	148
Ilustración 26: Identidad individual y colectiva.....	159
Ilustración 27 Diagrama de la dinámica de interacciones entre los componentes de una matriz social, su información, individuos, objetos y como la información del medio y la recursividad de acciones internas transforman a la matriz. ....	161
Ilustración 28: Elementos de básicos del proceso de comunicación. Fuente: documento pdf “Modelos de comunicación” (Cesar Galeano) .....	164
Ilustración 29: Esquema de comunicación * .....	165

Ilustración 30 : Ejemplo de Interacciones entre clases de software, hardware y ser humano.....	171
Ilustración 31 : componentes básicos de los robots.....	185
Ilustración 32: Criterios y características para sistemas domóticos y similares. (Romero Morales, Vázquez Serrano, & De Castro Lozano, 2007).....	188
Ilustración 33: 'nodo capital' del simulador de ciudad Sim City.....	192
Ilustración 34: Esquema de la Mecatrónica* .....	201
Ilustración 35: Esquema del diseño como transdisciplina .....	202
Ilustración 36: Auto referencia. Edgar Morin.....	216
Ilustración 37: Representación gráfica del objeto autorreferente .....	218
Ilustración 38: componentes de los objetos autorreferentes.....	219
Ilustración 39: Procesos del objeto autorreferente .....	220
Ilustración 40: Esquema de la clasificación del objeto autorreferente.....	221
Ilustración 41: Esquemas de clasificación de sistemas autorreferentes.....	223
Ilustración 42: Factores de generación o producción del objeto autorreferente.....	224
Ilustración 43: Variables para el diseño de objetos autorreferentes.....	229
Ilustración 44: Ejemplos de objetos autorreferentes.....	232
Ilustración 45: Diagrama metodológico para el rediseño de OA de naturaleza social-biológica .....	245
Ilustración 46: Diagrama metodológico para el diseño y creación de OA del tipo artificial. .....	246
Ilustración 47: Imágenes del proyecto "museo vivo" tesista: Esaú Sánchez C. ....	251

## I. Introducción

El presente proyecto empezó a partir de la observación de los cambios que han surgido en las disciplinas que involucran el proceso de diseño como parte de su quehacer tales como la arquitectura, diseño industrial y urbanismo entre otras, debido al surgimiento de nuevas formas de comunicarse, relacionarse e interactuar en las sociedades y de los cambios tecnológicos en conjunto con la aparición de nuevas disciplinas que surgen a partir de los descubrimientos y conocimientos que se han dado desde principios del siglo XX y que han evolucionado hasta este siglo XXI. Estos cambios se han dejado sentir en todos los aspectos de la vida social, este contexto llamado modernidad líquida y posmodernidad por algunos autores, reflejan lo dinámico y efímero de las pautas sociales y de comportamiento en estos tiempos.

En el diseño no se ha dado la excepción, surgen proyectos en donde se funden conocimientos de diversas disciplinas y la multifuncionalidad, autonomía y personalización de los objetos además de proyectos de diseño tales como los edificios inteligentes, cyborgs, redes sociales, objetos dinámicos que reaccionan al entorno, e incluso el diseño de organismos vivos, lo que difumina el concepto de la forma y la función así como las líneas que dividen las áreas de conocimiento y quehacer profesional. Sin embargo, las prácticas en la academia y modelos de diseño no han alcanzado una flexibilidad que permita adaptarse a estos nuevos paradigmas en la disciplina y se pueda diseñar de una

manera estratégica contemplando la complejidad de cada problema y no enfocarse solamente a la resolución de la forma o la función ya que éstas ahora no son estáticas.

Por otro lado en el campo de la biología siempre ha sido de mi interés, la naturaleza es la que rige nuestra manera de percibir y entender la realidad y es fuente inagotable de inspiración, dentro de esta área de conocimiento, se ha comprendido a la vida en la naturaleza de una manera distinta a la que se concebía anteriormente, se entiende en términos de organización e interacciones de sus componentes en lugar de las propiedades de éstos, lo que conlleva a observar la realidad como sistémica lo cual incorpora el concepto de complejidad.

¿Cómo enfrentar los retos que se presentan en el diseño usando como modelo a la naturaleza y la vida? Una primera aproximación fue el tratar de estudiar la vida social y entenderla como un sistema dinámico y leerla desde enfoque de sistema autoorganizado, para entender cómo es que de ésta y sus nuevas maneras de interactuar se concebían objetos, lo que ayudaría al diseñador a tener un modelo hermenéutico o herramienta para proponer nuevas ideas acordes al sistema; si bien esto resultaría muy útil en la práctica de diseñar para las nuevas sociedades 'líquidas', dinámicas y cambiantes; quedaba todavía el hecho de que los conceptos de forma y función en los objetos (principal esencia sujeta al diseño), también han evolucionado, las cosas que materializamos también se están volviendo líquidas, dinámicas y cambiantes. Ahondando más en la investigación y estudio en los campos de los sistemas sociales y biológicos, nos dimos cuenta que las pautas, leyes y patrones de comportamiento de los sistemas vivos, se replican también en los sistemas sociales, y no sólo en estos, se tienden a replicar en

sistemas que se autoorganizan y emergen de la interacción y organización de sus componentes, a partir del estímulo del entorno: los denominados Sistemas Complejos Adaptativos (SCA de aquí en adelante), ciudades, colonias de hormigas, organismos vivos, redes sociales y de comunicación, e incluso robots y computadoras.

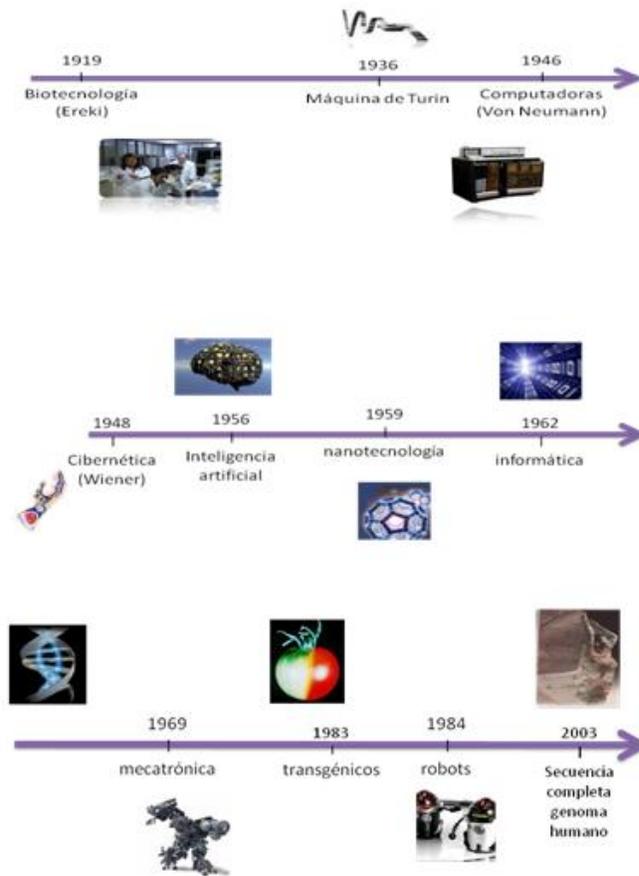
De esto surge la idea de que las teorías que involucradas en el análisis y comprensión de estos sistemas pueden tomarse como referencia para diseñar objetos que representen las características de los SCA. Por lo que la propuesta de este proyecto de investigación fue estudiar los diferentes tipos de SCA bajo el marco de las teorías de los sistemas (teorías de la emergencia, autoorganización, juegos, redes) y las teorías de diseño (bajo los nuevos paradigmas de forma, función y objeto) para posteriormente detectar de sus particularidades, sus diferencias y comunes denominadores, así como sus reglas y principios de los que se pueda echar mano para aplicar en estrategias, tácticas y métodos para diseñar, lo que da a la tarea de diseñar un enfoque que contempla la complejidad del campo que se interviene con el diseño y un instrumento útil para determinar la disposición y características adecuadas de los elementos del objeto de diseño.

El origen y creación de los objetos de diseño no son estáticos, si no que va apareciendo por diversas rutas alternativas, teniendo en cuenta tanto su constitución posible (tecnologías y materiales disponibles) como su interacción con el medio ambiente o entorno, y todo su contexto: físico, social, cultural o cualquiera.

Todo esto constituye un gran sistema en el que habitamos junto con las cosas existentes, de ello nacen muchos tipos de subsistemas, que a su vez tienen subsistemas, que además se relacionan y traslapan de diversas formas de acuerdo a su naturaleza, por ejemplo los sistemas sociales, los sistemas biológicos, el sistema de objetos, los sistemas tecnológicos. Estos sistemas pueden tener lugar en distintas dimensiones, materiales (como la red telefónica) o intangibles (como la cultura), por lo general los sistemas se desarrollan en una matriz que puede tener subsistemas de diversos tipos, un ejemplo es la ciudad, que es la matriz en donde habitan otro tipo de sistemas como la red del metro, las personas, religiones, el lenguaje; dependiendo del nivel de observación, se puede analizar la emergencia de los sistemas complejos que se autoorganizan y que presentan ciertas pautas y principios en su desarrollo. Determinar esto contribuye a entender y manipular un objeto que sea un sistema similar.

Las tendencias en éste principio del siglo XXI, en cuanto a organización social y avance científico son claras: globalización y transdisciplinariedad, por esto se prevé la prospectiva del diseño hacia la autorreferencia: Con las transdisciplinas han surgido nuevos materiales sensibles al calor, ruido, movimiento, etc.; se han podido manipular genéticamente materiales vivos; surgen objetos y se conceptualizan diseños que reaccionan a perturbaciones externas; objetos que se adaptan al entorno; objetos que pueden ser vivos o con inteligencia artificial (IA). Y con todo esto se necesitan objetos que se adapten a los constantes cambios y al mismo tiempo den identidad, en este doble discurso de pertenencia y distinción. Los objetos deben reflejar y ser un medio de

expresión de sus usuarios, de ahí la importancia de diseñarlos para y desde determinadas



matrices sociales.

Ilustración 1: Línea de tiempo en relación a avances tecnológicos.

Las matrices sociales, son sistemas que son complejo y termodinámicos, así mismo, los objetos diseñados para adaptarse a través de la autorreferencia, son también sistemas con los mismos principios de complejidad y emergencia. Analizar y evaluar al diseño bajo el enfoque de la teoría de sistemas complejos adaptativos ayudará a planear los objetos de diseño de una manera más sustentable para el sistema en el que estarán inmersos, en

el sentido de saber cuáles son los que requiere el sistema y , en dado caso, hacerlos adaptativos a su entorno.

Para sustentar el diseño de objetos bajo el estudio de éstos sistemas sociales (matrices), tendremos que considerar a aquellos como los catalizadores de las matrices sociales siempre y cuando evoquen emociones.

Tendremos que revalorizar los paradigmas del diseño que ahora no se concentra en la forma, sino en la programación y en la información.

En las nuevas tendencias el proyectista ya no debe pensar en la forma final, sino en un proceso continuo, que además es de naturaleza “biológica” y diseñar a diferentes escalas en un sistema, es decir, resolver problemas o necesidades con los objetos y además resolver las características de éstos, si dichos objetos son dinámicos y replican autorreferencia, la perspectiva de diseño basada en sistemas complejos adaptativos (SCA) también es aplicable a éstos y se puede considerar tanto al diseño del sistema, como el diseño del objeto interactivo como el mismo tipo de objeto de diseño: el objeto autorreferente, que sería la denominación que denote la esencia sujeta al diseño bajo esta perspectiva.

En el presenta trabajo, se trata de enmarcar los conceptos y teorías que sustentarán la propuesta de un modelo para éste tipo de diseño.

En primer lugar se determinan posturas acerca del diseño de objetos que posteriormente nos dan pauta para analizar desde ese enfoque variables como las

matrices sociales como SCA, la historia poiesis y rol de los objetos, y los recursos para inducir a la autorreferencia en los objetos.

Se encontrará en este trabajo la propuesta del objetivo que se quiere alcanzar, así como los productos de la investigación y el supuesto del que parte; posteriormente se desarrollará el marco teórico de cada una de las variables propuestas para el análisis del problema, cada una abordada en tres dimensiones distintas, todo como base que dará sustento a las propuestas de los productos de investigación que se desarrollarán después de las técnicas de investigación que se apliquen.

## II. Planteamiento del problema

“La emergencia hace referencia a la aparición de nuevas y coherentes estructuras, patrones y propiedades durante el proceso de auto-organización de sistemas complejos. Los fenómenos emergentes se conciben como ocurrentes en el nivel macro, en contraste con los componentes y procesos de nivel micro a partir de los cuales surgen.” (Letelier Guzmán, 2011)

Este proyecto plantea aplicar las propiedades o patrones generales de la dinámica de comportamiento de los sistemas complejos adaptativos para *diseñar objetos que presentan similar autorreferencia, es decir, sus formas son dinámicas y determinadas por su estructura e interacción con el entorno.*

Todas las cosas las hacemos teniendo en mente los objetivos y fines prácticos que deseamos al hacerlas, en el campo particular del urbanismo, la arquitectura, realización

de productos o servicios, o cuando se desea crear un contexto específico o transformar ese contexto, es necesario diseñar. En muchas disciplinas se diseña, y la naturaleza de lo que se planea es muy diversa, sin embargo en algunos casos, aunque diversos objetos de estudio y desarrollo parezcan distintos, la realidad es que los principios o las leyes que se siguen para lograr los objetivos que se quieren son muy semejantes. Si bien este trabajo está enfocado a los campos que dominan el diseño que tiene que ver con los hábitats del hombre, las cosas que intervienen en éste, sus herramientas y objetos de uso, es decir, disciplinas tales como urbanismo, arquitectura y diseño industrial, también puede resultar útil en áreas como la sociología, biología o robótica por ejemplo, debido al tipo de sistemas que se estudian y que algunos objetos que manejan estas ramas de la ciencia, también se proyectan y diseñan, como puede ser un robot, una red social o un transgénico.

Las líneas que dividen los distintos campos del saber son cada vez más tenues, muchas disciplinas recientes son una combinación de ellas como la mecatrónica que suma informática, electrónica, mecánica e ingeniería de control; la nanotecnología aplica también distintos conocimientos para la manipulación de la materia a escalas diminutas; la biónica, cibernética, biotecnología y la misma informática son multidisciplinas que han dado origen al cambio tecnológico: han surgido nuevos materiales sensibles al calor, ruido, movimiento, etc.; Se han podido manipular genéticamente materiales vivos; surgen objetos y se conceptualizan diseños que reaccionan a perturbaciones externas, objetos que se adaptan al entorno.

Todo esto ha transformado la forma en que se conciben las cosas, los objetos, las casas y los hábitats han dejado de ser unidades discretas y se han convertido en sistemas complejos que evolucionan, reaccionan y además involucran componentes diversos que actúan de distintas maneras en el sistema.

El diseño no se concentra en la forma, sino en la programación, control manejo de información, conectividad, redes, comunicación, lenguajes, conjunción y bioquímica de materiales, procesadores entre otros conceptos que tradicionalmente no se consideraban parte de lo que un proyectista debería considerar. En las nuevas tendencias un profesional del diseño no se concentra sólo en pensar formas, sino en dinámicas continuas de emergencia y comportamientos como en una condición biológica.

El diseño es una actividad integradora que debe disponer los recursos de tal manera que su concatenación dé como resultado el fin deseado, el cual debe plantearse desde una perspectiva que contemple toda la ecología, es decir, subsistemas y macrosistemas con los que se interactúan.

Los métodos y estrategias empleadas para diseñar, son modelos que encajan en los paradigmas tradicionales de la creación y transformación de objetos. Los nuevos paradigmas del diseño, exigen nuevas perspectivas teóricas que den pautas eficaces en el quehacer de designar. Estrategias basadas en el estudio y comportamiento de los patrones y leyes que rigen a los sistemas emergentes. Se propone entonces encaminar conocimiento a un modelo de diseño orientado a los objetos concebidos como sistemas complejos inmersos en un universo interconectado.

#### a. Justificación

La relevancia de este proyecto reside en el beneficio que se tendrá al disponer de un modelo que encaje con las tendencias en el ámbito del diseño y contar con una guía en las nuevas disciplinas que involucran el desarrollo de sistemas de diversa índole que tienen como común denominador el tipo de organización y sus dinámicas. El diseñar bajo este punto de vista que se basa en estos factores implica resolver holísticamente y de manera sustentable las problemáticas que se suscitan tanto en el diseño como en otros campos. La introducción a la disciplina de esta visión se traducirá en beneficios para el desarrollo de los profesionistas del diseño. Académicamente hablando, con el modelo también se podrá enseñar con un enfoque al diseño, cómo es que funcionan las sociedades, hábitats y objetos y se podrá echar mano de los nuevos conceptos para que se comprendan las problemáticas desde una perspectiva más amplia y que se puedan proponer soluciones más adecuadas.

#### b. Preguntas de Investigación

- ¿Cómo diseñar objetos que se transforman de acuerdo a su entorno?
- ¿Qué factores se deben considerar para dirigir un sistema hacia un fin específico, de acuerdo a un observador?
- ¿Qué papel puede desempeñar un diseñador en la creación o transformación de objetos que se autoorganizan?

- ¿Qué es lo que hace que se forme un Sistema Complejo Adaptativo?,
- ¿Cómo, qué o quienes dan pauta a la morfogénesis del Sistemas Complejos Adaptativos?
- ¿Qué tienen que ver las condiciones iniciales en la conformación del sistema?
- ¿Qué los hace permanecer o disolverse?

c. Objetivos

i. General

Establecer un modelo y estrategias de diseño basadas en las dinámicas de los sistemas complejos adaptativos (SCA) para aplicarlas en la transformación y/o creación de objetos que reproduzcan una autorreferencia similar a la de éstos sistemas.

ii. Específicos

- Conceptualizar y contextualizar a los sistemas complejos adaptativos en la disciplina del diseño y establecer el marco de referencia del estudio.
- Analizar los fenómenos de emergencia que se suscitan en distintos sistemas complejos adaptativos: los sistemas biológicos, sociales y artificiales, observando particularmente la autorreferencia en cada uno de ellos, para determinar el denominador común del que se partirá para la propuesta del modelo.

- Determinar el modo en el que interviene la disciplina de diseño en la creación y transformación de los sistemas complejos adaptativos.

d. Supuesto

Supuesto

Desde el punto de vista del observador, un sistema que presente autorreferencia, puede ser diseñado, rediseñado u orientado a un objetivo mediante la integración, disposición y/o administración de elementos inteligibles al sistema.

III. Metodología

- a. Esquema metodológico.

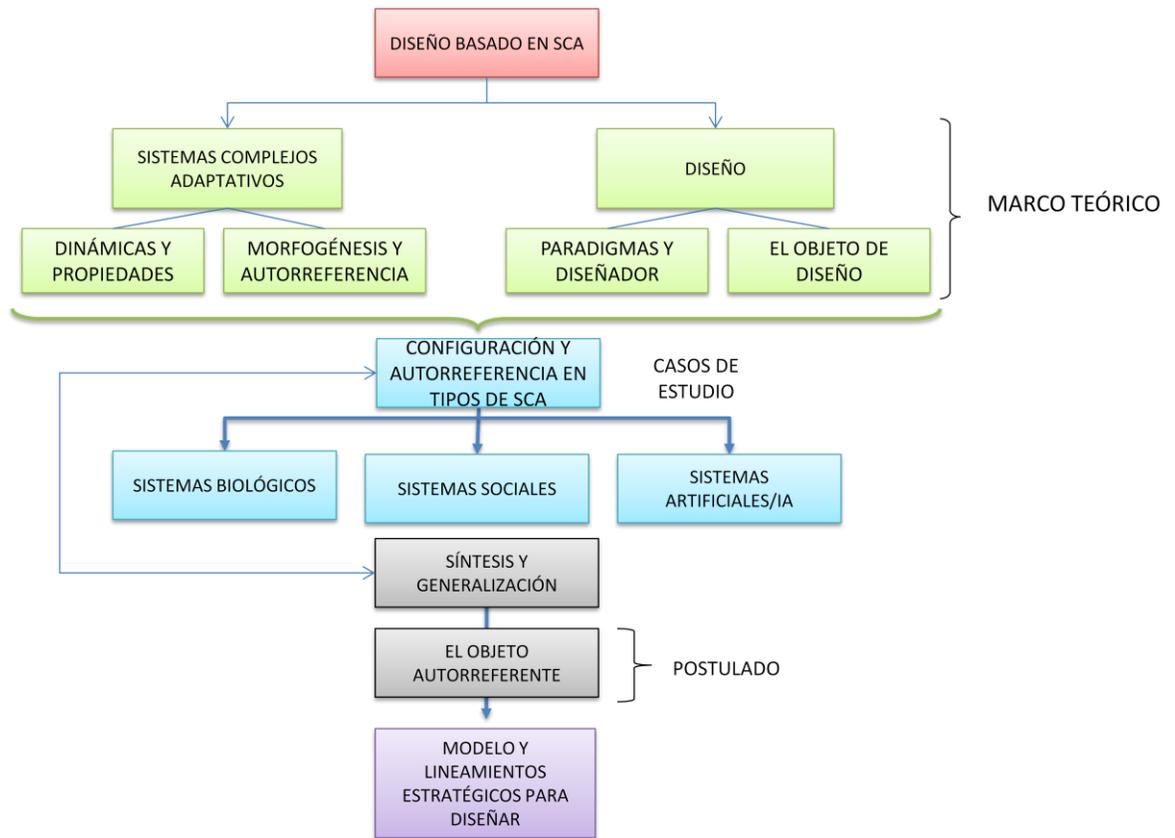
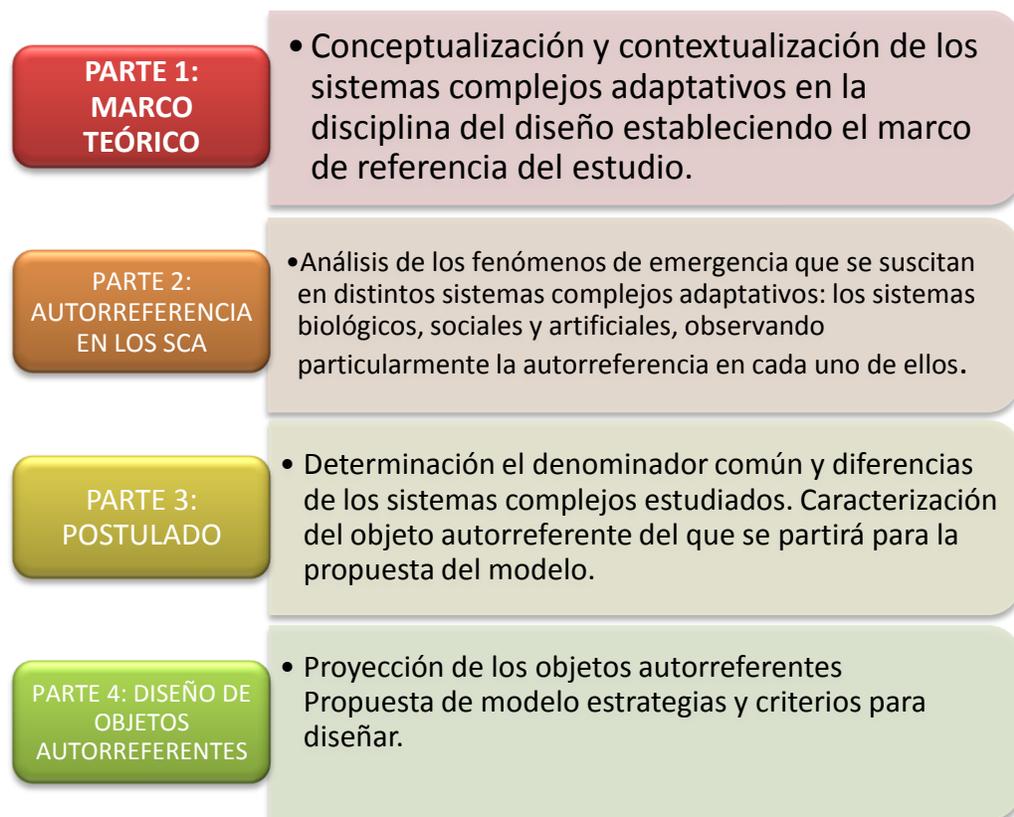


Ilustración 2. Esquema metodológico.

El esquema anterior (Ilustración 2. Esquema metodológico.) muestra cómo se abordó el proyecto de investigación, partiendo del tema, se construyó un marco teórico de las variables independientes del proyecto, es decir, los SCA y el diseño, en donde se establecen las posturas teóricas que sirven de referencia epistemológica y explicativa en los casos de estudio de los sistemas complejos adaptativos seleccionados como variables dependientes, en este caso los SCA biológicos, sociales, y artificiales, cuyo análisis se hizo desde la perspectiva del marco teórico, cabe mencionar que se eligieron dichas clases de SCA por sus distintos orígenes, además que los 3 están involucrados con el diseño en distintas dimensiones y niveles. Una vez realizados los análisis y estudios de los tipos de

SCA bajo el enfoque del marco teórico, se sintetizó el estudio con la generalización de los patrones comunes que exhibieron, para luego poder proponer una caracterización de un objeto autorreferente susceptible al diseño, una vez hecho esto se contextualizaron y propusieron estrategias y pautas basadas en los SCA, para el diseño de dicho objeto autorreferente.



**Ilustración 3. Descripción de las etapas de la investigación.**

Bajo este esquema metodológico, se divide el proyecto de investigación en cuatro partes principales ( Ilustración 3). Dentro del marco teórico se establecen las referencias de las variables de filtro que nos darán la perspectiva del estudio: los sistemas complejos adaptativos y la disciplina del diseño. (Ilustración 4 Ilustración 5)

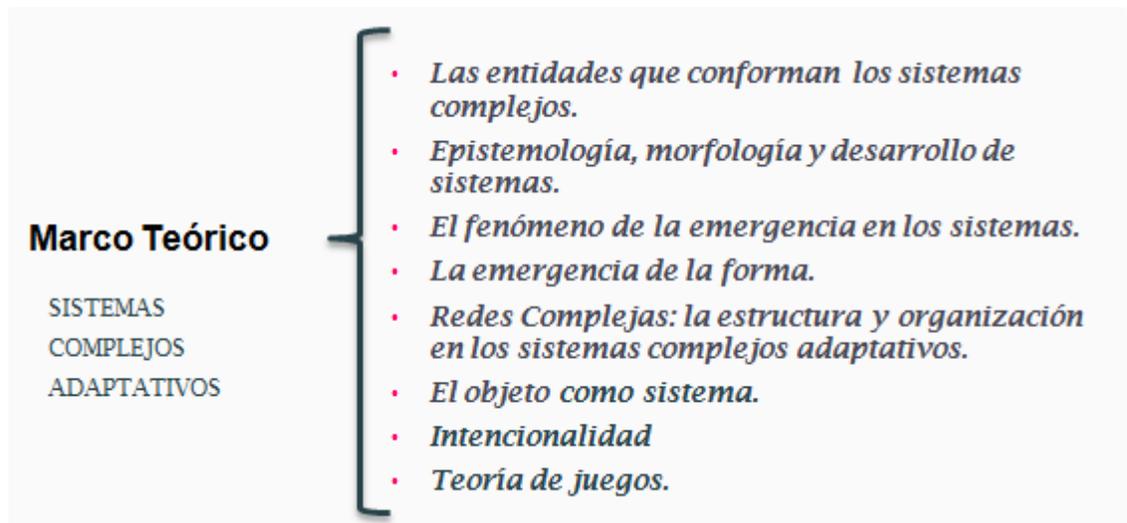


Ilustración 4: Tópicos de los sistemas complejos adaptativos en marco teórico.

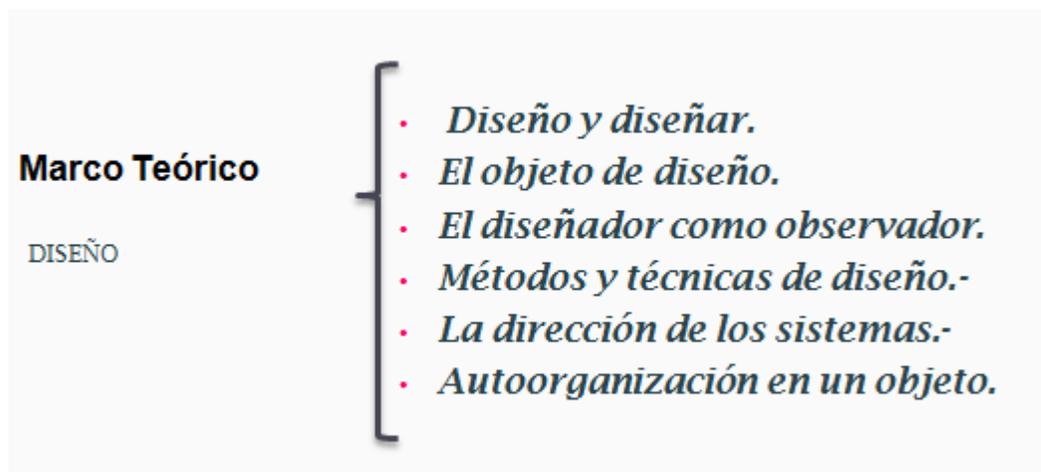


Ilustración 5 : Tópicos de la disciplina del diseño en el marco teórico.

Posteriormente, en la segunda etapa, se procederá a realizar el estudio y análisis de 3 tipos distintos de sistemas complejos: Biológicos, Sociales y por último, los digitales.

Tales tipos de sistemas se eligieron por la naturaleza de sus dinámicas y estructuras, en cada uno de ellos, si bien son sistemas distintos, presentan características comunes a todos los sistemas complejos, así como también peculiaridades especiales por su naturaleza: la dinámica de la vida es por excelencia una referencia de evolución y adaptabilidad autoorganizada de los sistemas. En las sociedades se pretende ver el comportamiento de los sistemas desde un orden superior en donde se enfatiza la emergencia de comportamiento por interacciones de individuos ya en sí complejos. En cuanto a los sistemas digitales, su importancia radica en la transferencia, intencional o no, de la dinámica de los sistemas complejos, además que son sistemas artificiales, que si bien presentan autoorganización y emergencia, fueron concebidos para un fin por un diseñador específico: el hombre.

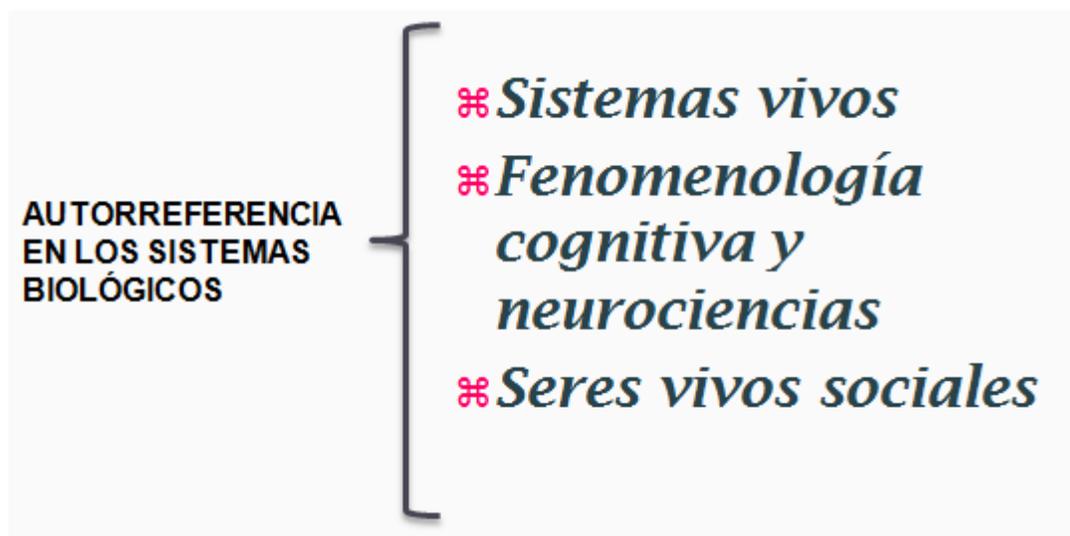


Ilustración 6: Variables observables en los SCA biológicos.

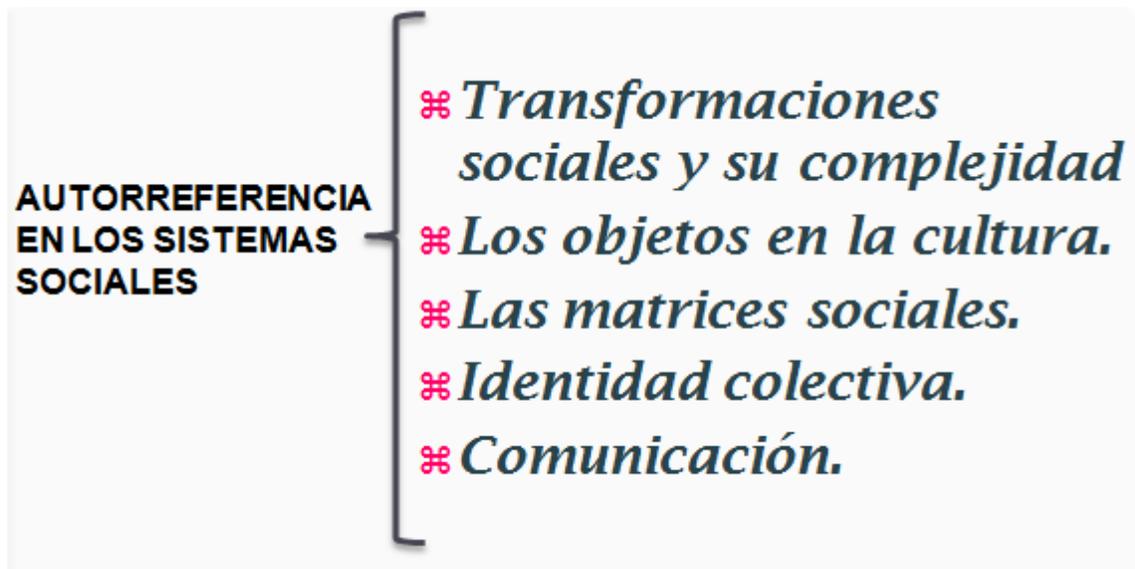


Ilustración 7: Variables observables en los SCA sociales.

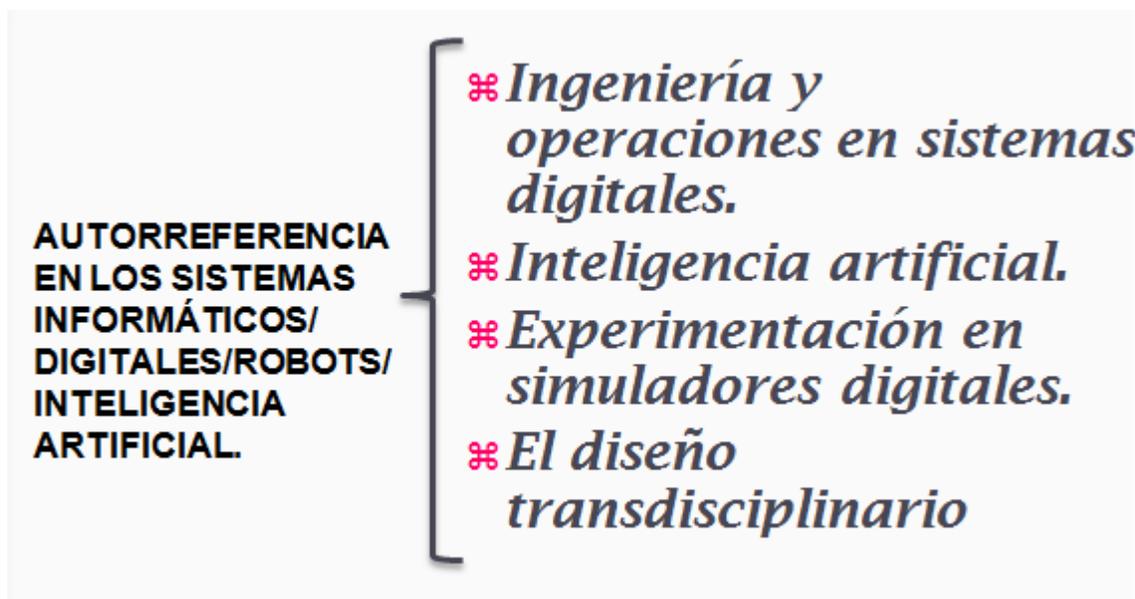


Ilustración 8: Variables observables en los SCA artificiales.

# PARTE 1: LOS SISTEMAS COMPLEJOS ADAPTATIVOS, SUS FORMAS Y DISEÑO.

## 1. CAPÍTULO 1: Los sistemas complejos adaptativos.

### 1.1. Las entidades que conforman los sistemas complejos.

Los sistemas complejos adaptativos son del orden de los sistemas abiertos, entonces antes de tratar de ellos, aclaremos que son estos: Siguiendo a J.M.Rueda (Rueda J. , 1995) tenemos que un sistema sea abierto significa que:

- Entra en intercambio con el ambiente
- Este intercambio es esencial para mantenerse el sistema
- De este intercambio depende, además, su capacidad reproductiva o de continuidad, así como su capacidad de transformación.
- El medio es tan importante como el sistema
- De hecho, medio y sistema constituyen subapartados de un sistema más amplio
- La transacción sistema-medio-sistema constituye el fenómeno más importante.

Los sistemas abiertos dependen de una alimentación material y energética, pero también de información organizada. Los sistemas abiertos, como tienen capacidad de aprovechar, seleccionar, procesar la información del medio, evolucionan hacia sistemas más complejos; establecen cambios cualitativos. Por el contrario, si por alguna razón del sistema o del entorno, éste deja de aprovechar, seleccionar o procesar la información, se simplifica y se desestructura.

Uno de los orígenes del estudio de éstos sistemas es la morfogénesis que trata de la capacidad de todas las formas de vida de desarrollar cuerpos cada vez más complejos a partir de orígenes increíblemente simples.

En las palabras anteriores se resume lo que se entiende actualmente por sistemas emergentes, tal como lo hace Johnson (2001) cuando hace referencia a organización que se da en una colonia de hormigas granívoras y su “increíble habilidad para generar comportamiento global coordinado a partir de interacciones locales” (p. 79)

En un sistema emergente se da un comportamiento como si se tratara de una entidad única y con inteligencia propia a partir de las acciones individuales de sus componentes basadas en la observación e interacción de sus componentes vecinos, retroalimentación y con reglas locales de conducta previamente establecidas. Éste comportamiento global no necesariamente se predice a partir de las reglas aunque con algún periodo de prueba y error se podría visualizar la dirección que tomará el sistema.

Cabe mencionar que un sistema de agentes locales que genera macro conducta no es necesariamente un sistema emergente, de ahí la importancia de la aplicación de distintos tipos de retroalimentación: positiva y particularmente la negativa que en lugar de amplificar su propia señal, autorregula el sistema. La aplicación de la retroalimentación negativa es una manera de dirigir un sistema hacia un fin, es decir, hace que un sistema complejo derive a un sistema complejo adaptador (sistema emergente). (Johnson, 2001).

La obra de Wagensberg trata de explicar cómo es que surgen las formas en los objetos que existen, para él el concepto de objeto es cualquier realidad, desde los que en

ellos predomina la energía (como un rayo de sol), en los que predomina la materia (arena), y en los que predomina la información (ADN). Aunque en esta investigación el estudio se refiere a objetos de diseño creado por el hombre vale la pena que para el modelo de diseño se tome en cuenta en que clasificación o clasificaciones caerá el objeto entendiéndolo como un sistema compuesto y que interactúa con el entorno ya que desde este punto de vista que estos elementos mencionados estarán presentes en el sistema, es decir, hay que ver en el objeto como sistema si predominará la energía, la información, o bien la materia, Esto a fin de elegir mejor un método o técnica que se pueda utilizar para programar la autorreferencia del objeto.

Wagensberg Define la identidad de un objeto por el conjunto de propiedades que lo distinguen de cualquier otro objeto, dicha definición aplica perfectamente también para los objetos de diseño. También habla de tres conceptos que le son propios: su interior, su exterior y la frontera que separa lo uno de lo otro y nos dice: “propiedades típicamente interiores son por ejemplo la estructura o la composición...propiedades más bien exteriores son la inteligibilidad, la frecuencia de su presencia, la diversidad o la función...propiedades típicas de la frontera son la forma o el tamaño” (Wagensberg, 2004)

También Martín Juez nos habla de las áreas de pautas en los objetos y dice:

Áreas de pautas.- caracterizan un diseño como unidad (interior) y determinan su desempeño con el contexto (exterior)

Área.- escenario del mismo suceso, pauta.- convenio, ajuste

Áreas de pautas o unidades de función que nos indican un propósito y prescriben una relación.

- Sirven para comprender las funciones (o propósitos), utilidades y significados. (tecno-unidades).
- Actúan como el verbo en la oración, son acciones de los objetos
- La innovación se da cuando se trabaja en el área de pauta primaria del objeto.
- El artista y el diseñador trabajan normalmente en las áreas de pauta secundarias.

Al respecto se puede decir que los objetos que actúan similar a un sistema complejo, tienen inherente en su concepción el área de pauta primaria determinada por el mismo, y en éstos objetos su autorreplicación los conducirá a transformar, según el entorno, sus áreas de pauta secundarias. Contrariamente al paradigma tradicional, el profesional de diseño que conciba al objeto como mero instrumento para hacer una verdadera creación, es decir, el sistema en el que estará inmerso el objeto, o sea su área de pauta primaria, deberá ahora ver al diseño desde otra perspectiva, el verdadero objeto de diseño es otra cosa distinta a lo que se desarrolla en planos. Estos objetos son sistemas dinámicos, y las cosas que están en él no son sino componentes del verdadero objetivo del diseño. Esto se puede dar en dimensiones muy distintas, desde la macro hasta la micro, pero las leyes o patrones a los que obedecen las dinámicas de los sistemas tangibles que conocemos son muy similares, lo importante será cómo determinar el

sistema, conocer sus límites y tolerancias y determinar los factores que intervienen en él y cómo manipularlos de tal modo que se logren los objetivos de diseño planeados.

Esto implica concebir al objeto de diseño no como una unidad discreta determinada, sino como un sistema complejo, en donde las unidades discretas pueden ser partes o componentes del mismo. Hablemos pues de lo que se trata la complejidad: La fuerza de esta teoría consiste en haber puesto en la noción de sistema, no una unidad discreta, sino una unidad compleja, un todo que no se reduce a la suma de las partes, haber concebido la noción de sistema, no como una noción real, ni tampoco formal, sino como una noción ambigua y haberse situado en un nivel transdisciplinario que atraviesa todo aquello que se conoce (Morín, 1994)

### *1.2. ¿Qué es la complejidad en los Sistemas?*

Una de las características esenciales de los sistemas complejos adaptativos (SCA) es precisamente la complejidad, por lo que vale la pena entenderla en el contexto sistemático.

Edgar Morin en su obra “Introducción al pensamiento complejo” esboza ideas claras que definen complejidad. La complejidad es un fenómeno que se puede considerar del tipo cuantitativo desde una perspectiva por que podemos contar las características atribuibles a ésta, por ejemplo la cantidad de interferencias e interacciones entre un número grande de unidades. “Pero la complejidad no comprende solamente cantidades de unidades e interacciones que desafían nuestras posibilidades de cálculo; comprende

también incertidumbres, indeterminaciones, fenómenos aleatorios. En un sentido, la complejidad siempre está relacionada con el azar.” (Morín, 1994)

En cuanto a la incertidumbre y el azar, según autores como Allen Paulos y Morin podemos decir que la complejidad máxima reside en el desorden absoluto o máxima aleatoriedad, por lo que esta aleatoriedad es directamente proporcional al grado de complejidad en este sentido.

Además acerca del pensamiento complejo dice: “Nunca pude, a lo largo de toda mi vida, resignarme al saber parcelarizado, nunca pude aislar un objeto del estudio de su contexto, de sus antecedentes, de su devenir. He aspirado siempre a un pensamiento multidimensional. Nunca he podido eliminar la contradicción interior. Siempre he sentido que las verdades profundas, antagonistas las unas de las otras, eran para mí complementarias, sin dejar de ser antagonistas. Nunca he querido reducir a la fuerza la incertidumbre y la ambigüedad.” (Morín, 1994)

Para ligar estas ideas al diseño de un objeto complejo, podemos situar al diseño como un enfoque estratégico “La acción es estrategia. La palabra estrategia no designa a un programa predeterminado que baste para aplicar *ne variatur* en el tiempo. La estrategia permite, a partir de una decisión inicial, imaginar un cierto número de escenarios para la acción, escenarios que podrán ser modificados según las informaciones que nos lleguen en el curso de la acción y según los elementos aleatorios que sobrevendrán y perturbarán la acción. No hay un dominio de la complejidad que incluya el pensamiento, la reflexión, por una parte, y el dominio de las cosas simples que incluiría la

acción, por la otra. La acción es el reino de lo concreto y, tal vez, parcial de la complejidad.” (Morín, 1994)

Otra de las ideas para entender la complejidad es que en vez del término *complejidad*, muchas veces se emplea la expresión *cantidad de información algorítmica*. (Allen Paulos, 2009)

En los sistemas matemáticos formales el estudio de la complejidad es avanzado, y se ha introducido por Murray Gell-Mann (citado por Allen Paulos) la definición de *Complejidad efectiva* que es precisada como el programa más corto capaz de generar sus regularidades. “Una definición de *complejidad efectiva* que se corresponda mejor con nuestras intuiciones sobre el significado y la cantidad de información. Gell-Mann señala que lo que solemos valorar no es el programa (o teoría o análisis) más breve capaz de generar cierta secuencia (u observación o entidad), sino mas bien el programa más breve capaz de generar la <<regularidades>> de la secuencia. Así, define la complejidad efectiva de una secuencia como el programa más corto capaz de generar sus regularidades.” (Allen Paulos, 2009)

Las nociones de complejidad de los sistemas formales se podrán traducir o aplicar a otro tipo de sistemas como los que interesa diseñar, traduciendo, mediante un análisis, a las unidades (que en caso de los sistemas formales son dígitos), como regularidades de otros dominios.

### *1.3. La complejidad y los Niveles de observación.*

Las entidades colectivas se integran y surgen en escalas muy variadas, podemos poner como ejemplo a países, estados, ciudades, matrices sociales como colonias, escuelas y familias. Cada uno de estos sistemas presentan patrones y similitudes, componiendo así una estructura de tipo fractal. Las condiciones iniciales en las que tienen origen determinan en cierta medida su evolución, sin embargo se construyen a sí mismas día a día proporcionándose una identidad que le vale seguir existiendo.

Para observar la forma en estos sistemas se tiene que delimitar y esto dependerá del nivel de observación“...todos los niveles de descripción son considerados válidos. Los entes animados son aquellos que, a un determinado nivel de descripción, manifiestan cierto tipo de patrón en forma de bucle, algo que inevitablemente ocurre cuando un sistema dotado de la capacidad inherente de clasificar el mundo percibido en categorías discretas expande drásticamente su repertorio de categorías...” Hofstadter, D. R. (2009).

En el campo de la Teoría de Sistemas abarca cualquier realidad conocida, desde el entorno hasta el universo, pasando por la molécula, la célula, el organismo, el bosque o la ciudad.

La fuerza de esta teoría consiste en haber puesto en la noción de sistema, no una unidad discreta, sino una unidad compleja, un todo que no se reduce a la suma de las partes, haber concebido la noción de sistema, no como una noción real, ni tampoco formal, sino como una noción ambigua y haberse situado en un nivel transdisciplinario que atraviesa todo aquello que se conoce(Morín, 1994).

La mayoría de las fracciones de un sistema que se estudian como ecosistemas son también parte de otros ecosistemas mayores y, al mismo tiempo, contienen partes más pequeñas que se pueden estudiar como ecosistemas. La comprensión de los ecosistemas está íntimamente relacionada con las tasas de circulación dentro del sistema escogido; las tasas de flujo energético y materiales que atraviesan las fronteras hacia el interior y hacia el exterior del sistema elegido; y el grado de información organizada que ha adquirido y su flecha en el tiempo. Cuando se analizan estos flujos de frontera, se describe el ambiente del ecosistema. Para entender los mecanismos que explican el funcionamiento del sistema hay que disponer tanto de los datos del sistema global como de sus componentes principales. (Morín, 1994) .

Por esta complejidad propia de los SCA sociales, es por lo que se tiene una dicotomía explicativa de una misma conducta. Robert M. Sapolsky, en su ensayo de “el mono enamorado” pone un ejemplo muy claro : “ una hembra primate tiene un bebé, y contra toda lógica, llega a la extenuación cuidándolo, transportándolo de un lugar a otro, perdiendo calorías y tiempo de búsqueda de comida por él, arriesgándose a ponerse en peligro ante los depredadores debido a su pesada carga. ¿Por qué esforzarse con ese comportamiento maternal? La explicación distal: porque en los primates un alto grado de inversión maternal aumenta la probabilidad de supervivencia de la descendencia y así maximizar la probabilidad de que una copia de nuestros genes pase a la siguiente generación. La explicación proximal: porque hay algo en esos ojazos y en esas orejas, en esa carita arrugada que no puedo evitar, esa adorable frente redondeada que me obliga a tener que cuidar de ese pequeño”. (Sapolsky, El mono enamorado, 2007)

#### *1.4. Epistemología, morfología y desarrollo de sistemas.*

Existe una disyuntiva epistemológica entre autopoiesis y teorías avanzadas y deterministas del campo unificado para el estudio causal de las formas en los sistemas, aquí pretendemos proponer una postura útil para el campo de diseño, referente al origen a partir del cual emergen las formas en los sistemas.

Abordemos dos visiones explicativas distintas: las del enfoque biológico mecanicista y las deterministas del campo unificado. Pero empecemos diciendo que a lo largo del tiempo el concepto diseño se ha ido ampliando hasta abarcar una vasta gama de ideas aplicables en distintas disciplinas y contextos. Las tendencias hacia lo transdisciplinario nos conduce a pensar en un concepto de diseño más general como el que nos dice Herbert A. Simon: "Diseña todo aquel que concibe unos actos destinados a transformar situaciones existentes en otras".(Simon, 1973) Partiendo de aquí, tenemos entonces que los sistemas que se autoorganizan, tales como los sistemas sociales, o los sistemas vivos se están autodiseñando y éstos a su vez al entorno que los rodea, de ello surgen los objetos que conocemos. Esto nos dice que el origen y creación de los objetos de diseño no son estáticos, si no que va apareciendo por diversas rutas alternativas, teniendo en cuenta tanto su constitución posible, como su interacción con el medio ambiente o entorno, y todo su contexto: físico, social, cultural o cualquiera.

Cuestiones como éstas, representan nuevos paradigmas a los profesionales del diseño y se tendrán que revalorizar para acoplarse a éstas tendencias en donde las formas no se consideran rígidas o dictadas de un diseñador considerado observador privilegiado.

¿Por qué es importante para los diseñadores conocer el origen de las formas de los sistemas? Por que las sociedades son sistemas, conformados por diversos subsistemas que van transformándose y realizando diversos objetos y poder entender como emergen puede hacer una mejor planificación de los proyectos de diseño, anticipar o dirigir su dirección, marcar tendencias en sus objetos, entender los procesos de significación y aplicarlos a la proyección de diseños que transformen favorablemente al sistema.

Otra visión interesante que se puede plantear es la posibilidad de proyectar a los objetos de uso para que funcionen en su conjunto como un sistema autónomo en el cual la forma surja a partir de su autoorganización, por lo cual es necesario entender el porqué de las formas y conocer los elementos que intervienen en su emergencia para que sea de utilidad.

Para poder entender la morfogénesis de los sistemas hay que adentrarse a cuestiones epistemológicas y así validar las observaciones desde la perspectiva de nociones o conceptos de teorías. Desde hace mucho tiempo se han venido discutiendo cuales son los orígenes de la verdad y de cómo suceden las cosas, así como la manera en que estas realidades son conocidas. Diferentes escuelas de pensamiento han intentado explicar la relación precisa entre el observador que conoce y el objeto que es observado o conocido. ¿Cuál deberá ser la postura desde el punto de vista del diseño a la hora de

preguntarse el porqué de las formas y morfogénesis de los sistemas? Básicamente existen dos posibles respuestas o corrientes que explican éstos fenómenos: Una nos dice que las formas emergen y evolucionan a partir de programas, interacciones y relaciones entre sus mismos componentes, así como la reacción a perturbaciones del entorno (nociones biológicas); las teorías deterministas, en cambio, atribuyen las formas en los sistemas a campos morfogenéticos o fuerzas energéticas que dirigen a los sistemas.

### ***La autopoiesis***

En términos de la biología, las nociones evolutivas y genéticas han tenido éxito en explicar o justificar el comportamiento en la historia de las sociedades, sin embargo existe un reciente punto de vista de lo que es un ser vivo, en donde no se subordina al individuo a la conservación de la especie; en esta visión los sistemas vivos son explicados en términos de relaciones y no por las propiedades de sus componentes. Este tipo de organización se denomina autopoietica y puede aportar otras implicaciones sociológicas por la dependencia de la fenomenología biológica respecto de la organización del individuo.

Vamos a profundizar un poco en la postura de la autopoiesis: el término fue acuñado por los biólogos Maturana y Varela en 1971 para designar el tipo de organización de los sistemas vivos. Se define a grandes rasgos como la capacidad de los sistemas de producirse a sí mismos.

Los sistemas autopoieticos son sistemas homeostáticos, con retroalimentación interior a ellos y que tienen a su propia organización como la variable que mantienen constante:

- Son autónomos
- Poseen individualidad
- Son definidas como unidades, sólo por su organización autopoietica
- No tienen entradas ni salidas, pueden ser perturbadas por hechos externos y experimentar cambios internos que compensan esas perturbaciones.

Éstos autores sostienen que los seres vivos (como sistemas autopoieticos), somos sistemas determinados en la estructura y, como tales, todo lo que nos ocurre surge en nosotros como un cambio estructural determinado también en nosotros en cada instante según nuestra estructura de ese instante. Pero aclaran la diferencia en determinismo con pre determinismo: “Cabe aclarar la diferencia de determinismo estructural con predeterminismo y predictibilidad, nociones que no son propias los sistemas autopoieticos:

El predeterminismo hace referencia a la posibilidad de que el estado inicial de un sistema determinado en su estructura especifique sus estados futuros, cosa que jamás pasa en los sistemas autopoieticos, pues su devenir en el ámbito de interacciones en que existe es y sólo puede ser una epigénesis, al surgir precisamente de esas interacciones.”<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Maturana, H. (2003). De máquinas y seres vivos, autopoiesis: la organización de lo vivo (1a ed.). Buenos Aires: Lumen.

Las relaciones que determinan la dinámica de interacciones y transformaciones de los componentes, y por consiguiente, los estados posibles de la máquina (sistema) como unidad, como dicen los autores, no son arbitrarios ya que sus posibilidades quedan determinadas por las propiedades de los componentes. De esto podríamos deducir que las formas y transformaciones que toman los sistemas sociales o matrices sociales<sup>2</sup> dependen primeramente de la dinámica de interacciones que posea, es decir, de sus vías o medios de comunicación, los flujos de información; en segundo lugar, las formas quedan delimitadas por las propiedades de lo que forma parte de éste sistema, en éstos casos se puede considerar como parte del sistema a los tipos objetos, grado de tecnología, economía, el ecosistema y obviamente a los individuos. Tal vez pueda considerarse a la conciencia colectiva lo que hace, análogamente en un ser vivo, las funciones de un cerebro en una matriz social.

En el caso de una máquina u objetos que se proyecte como sistema complejo y autorreferente, la forma emergerá del mismo modo determinada por la organización de sus componentes y dependiendo de la programación que se haya hecho a los mismos.

---

<sup>2</sup> . El término matriz social se toma de la autora Katya Mandoki (2006) en su obra prosaica, en donde estudia la estética de lo cotidiano: "las matrices del latín mater, son literal y metafóricamente los lugares en que gesta y desarrolla la identidad.... Abordar las matrices de la prosaica implica evidentemente una perspectiva sistémica" (p85). El término matriz social entonces implica un concepto más amplio que un grupo de individuos, implica también toda la semiosfera en donde se desenvuelvan, los objetos, el ambiente, el entorno, el área de pauta, incluso puede tener límites territoriales. En éstas matrices ocurren distintos procesos. Berger y Luckmann (1986) nos dicen que los individuos producen continuamente de manera colectiva la realidad cotidiana a través de procesos de objetivación, industrialización y legitimación. Estos procesos varían de matriz en matriz, y esto define la especificidad de cada una de ellas, y en consecuencia de ello las identidades que se construyen desde éstas.(Mandoki, 2006).

Los seres vivos son autónomos, en los que su autonomía se da en su autorreferencia y son sistemas cerrados en su dinámica de constitución como sistemas en continua producción de sí mismos. Varela considera que todo sistema autopoietico es autónomo, pero que no todo sistema autónomo es autopoietico. (Maturana, 2003)

Otra idea importante para establecer una postura para diseñar, es tener en cuenta que los seres vivos (y recordemos que aplica también para los objetos autorreferentes) existimos en dos dominios: en el dominio de la fisiología donde tiene lugar la dinámica corporal – en un objeto su funcionamiento interno- , y en el dominio de la relación con el medio donde tiene lugar nuestro vivir como la clase de seres que somos – entorno-. Estos dos dominios aunque disjuntos se modulan mutuamente de una manera generativa, de modo que lo que pasa en uno, cambian según lo que pasa en el otro. Esto da sustento a la idea de que si las matrices sociales arrojan cada vez más la evolución de los objetos hacia la autorreferencia (por la actual tecnología con la que la sociedad cuenta), éstos a su vez tienen la capacidad de transformar a las matrices sociales, esto genera un círculo replicante y convierte al sistema de los objetos parte de un sistema con relaciones del tipo autopoietico superior, la sociedad.

Cabe mencionar aquí el conceptos de los sistemas complejos adaptativos o emergentes en donde uno de los orígenes del estudio de éstos es la morfogénesis que trata de la capacidad de todas las formas de vida de desarrollar cuerpos cada vez más complejos a partir de orígenes muy simples y sus interacciones.

### ***Teorías avanzadas y deterministas del campo unificado***

Consideremos, por otro lado, las teorías del campo unificado: Aristóteles decía que cada objeto tiene un lugar adecuado en el orden de las cosas, de modo que el movimiento de los cuerpos puede entenderse como un esfuerzo por alcanzar ese lugar adecuado. El universo se contemplaba como un organismo, y la sociedad en general y cada persona en particular se veían como una imagen del orden total y eterno. Así pues, un exponente contemporáneo de ésta corriente, David Bohm considera que el orden es "un proceso dinámico en el que se ven implicados tanto el sujeto perceptor como el objeto percibido, así como el ciclo de comunicación-percepción que los une"(Bohm, 1998). La teoría matemática del caos propone que el "azar" no existe, y que el "caos" no es más que un tipo de orden de grado infinito. Si se percibe como azar, es que no se está analizando en el contexto adecuado. El "orden implicado", del que enseguida se hablará, es un tipo de "orden generativo". Los fractales, por ejemplo, son órdenes generativos, que siguen un patrón de adición.

El "orden implicado" del movimiento de las partículas sería el "campo cuántico", en el que se subyace la información que se desenvuelve en cada suceso particular. Sin embargo, el funcionamiento de dicho campo cuántico estaría guiado asimismo por otro orden implicado que, en este caso, se llamaría "orden superimplicado".

Otros conceptos en estas teorías los da Rupert Sheldrake en su libro "Una nueva ciencia de la vida": "La hipótesis sugerida en este libro se basa en la idea según la cual los campos morfogenéticos ejercen efectos físicos que pueden ser medidos. Propone que campos morfogenéticos específicos son responsables de la organización y forma características de los sistemas a todos los niveles de complejidad, no únicamente en el

terreno de la biología, sino también en los terrenos de la química y la física. Estos campos organizan los sistemas con los que se relacionan influyendo sobre sucesos indeterminados o probabilísticos desde un punto de vista energético; imponen restricciones determinadas sobre los resultados energéticamente posibles de los procesos físicos.” (Sheldrake, 1990). De todo esto podemos decir entonces que este campo podría considerarse como lo que controla la dirección de un sistema social como el de las matrices, ¿así mismo sucedería entonces con todas las cosas con las que interactuamos? Según éstas teorías sí.

La pregunta sería ¿cómo entonces es que se puede saber la forma que adquirirá un sistema? Se tendría que poder conocer este orden oculto o medir las fuerzas que ejercen los campos en los lugares de interés y sus efectos en los objetos de estudio.

Para el campo del diseño, a fin de fundamentar la razón de las formas en los sistemas, se piensa que habrá que hacer una síntesis de las dos posturas descritas.

En el caso de los sistemas sociales como el de las matrices sociales, los conceptos de colectividad, especificidad y procesos que implican retroalimentación en ellas es cuando surge la necesidad de tratarlas como sistemas complejos adaptativos y atribuir el origen de sus formas a procesos más bien biológicos. Sin embargo, resultaría difícil atribuirles a las matrices la noción de autopoiesis en un sentido estricto, ya que su estructura se superponen con otras, cada una constituye un universo propio, sin embargo, son fenómenos de la misma índole, que pueden tener orillas borrosas, traslapes o proyecciones unas con otras. (Mandoki, 2006), cosa que no es posible en un sistema autopoietico porque esto es lo que lo distingue del entorno. Pero si se puede tomar en

cuenta como un proceso que interprete sus orígenes e interacciones, ya que las matrices sociales comparten con los sistemas vivos el tipo de organización autopoiética.

Mandoki nos dice que siempre que en mayor o menor medida se establezcan ciertas prácticas y percepciones para generar una identidad compartida estaremos hablando de matrices. La identidad por lo tanto es la que estaría dando ese aglutinante para formar el sistema, ahora bien, los seres humanos tenemos esa “programación” de seres sociales y buscamos identificarnos con un grupo, o grupos, sin embargo, estas acciones individuales, ya cuando se está dentro de un sistema social, se genera un comportamiento global, basado en la información que les da la identidad, esta información es la que marca tendencias tanto en el sistema global como en los individuos. Esta mente colectiva marca una fuerte tendencia en el desarrollo de las matrices ¿podría considerarse esto como la energía que determina las formas? Tal vez, sin embargo, desde mi punto de vista no se considera absolutamente determinante. Es recursiva o autogenerativa, es muy importante conocer su programación y estructura.

En un objeto autorreferente de diseño sucede de manera similar la emergencia de la forma, habría que preguntarse si éstos generan también alguna especie de conciencia. Definitivamente a un nivel de programación de componentes la opción más viable es entender a los sistemas como de naturaleza biológica, de otra manera se tendrían que conocer absolutamente la totalidad de las variables que intervienen en un sistema y dar con el orden implicado. En este sentido se piensa en el principio de incertidumbre si está presente. La mayoría de las fracciones de un sistema que se estudian como ecosistemas son también parte de otros ecosistemas mayores y, al mismo tiempo, contienen partes

más pequeñas que se pueden estudiar como ecosistemas. La comprensión de los ecosistemas está íntimamente relacionada con las tasas de circulación dentro del sistema escogido; las tasas de flujo energético y materiales que atraviesan las fronteras hacia el interior y hacia el exterior del sistema elegido; y el grado de información organizada que ha adquirido y su flecha en el tiempo. Cuando se analizan estos flujos de frontera, se describe el ambiente del ecosistema. Para entender los mecanismos que explican el funcionamiento del sistema hay que disponer tanto de los datos del sistema global como de sus componentes principales. (Morín, 1994)

Se podría decir que es posible mediante el diseño direccionar a los sistemas hacia un fin, leyendo o interpretando los mecanismos de los sistemas basado en sus componentes y programas, así como los imaginarios colectivos que marcan las tendencias de la dirección de los sistemas. El papel de los diseñadores es ser observador de primer, segundo y tercer orden de los sistemas (matrices sociales y objetos) en cuanto a su mecánica, así como hacer tangible en los objetos la información que se lea en la 'unimente' o campos que generan los sistemas al conformarse como tales y a la cual todos sus componentes están de alguna manera conectados. Así el diseñador podrá ser programador e interface que haga tangible la información de los imaginarios colectivos. Aun así no es un observador privilegiado y es imposible que se desligue de su sistema, de su información e identidad.

La cuestión aquí es que es importante hacer observable la escala de observación. se pueden dar explicaciones causales a ciertos niveles y a otros no, no debemos a la hora de explicar un comportamiento saltar de un lado a otro, el comportamiento no local emerge

de acciones particulares y programaciones, pero al estabilizarse esta organización del tipo autopoietica en este sistema que se conformo , el comportamiento como unidad generado, que podría ser un campo mórfico, es el que contiene la información que le dará la forma al sistema la cual lo hará permanecer, replicarse o recrearse <sup>3</sup>, y de alguna manera marca, como ya dijimos, una tendencia hacia los programas de sus componentes y que podría hacerlos en un momento dado mutar o dirigir transformaciones.

### *1.5. El fenómeno de la emergencia en los sistemas.*

Para pensar en diseñar en un contexto de complejidad, habrá que entender los mecanismos, sucesos y dinámicas que subyacen al fenómeno de la emergencia en los sistemas, Steven Johnson, propone una visión acerca del comportamiento emergente y en su obra ofrece definiciones de los conceptos involucrados en los ello y determina como es que surge la autoorganización y macrointeligencia en sistemas complejos poniendo como modelos sistemas aparentemente dispares como las colonias de hormigas, neuronas, ciudades y software. Esto nos da pauta para suponer que este comportamiento emergente puede surgir en otro tipo de sistemas como el de las matrices sociales y los sistemas de objetos.

---

<sup>3</sup> “En el mundo inerte permanecer significa seguir estando (la estabilidad), en el mundo vivo permanecer significa seguir vivo (la adaptabilidad) y en el mundo culto permanecer significa seguir conociendo (la creatividad).” (Wagensberg, 2004)P. 65.

Los principios fundamentales de los que habla Steven Johnson (2001) de la disciplina son: interacción de componentes, reconocimiento de patrones, retroalimentación y control indirecto.

¿Se podría dar el diseño de un objeto basándose en el estudio de estos Sistemas Complejos Adaptativos?

Hablemos de un ejemplo particular, como el sistema emergente de las matrices sociales y tratemos de aclarar cómo es que estos sistemas precipitan objetos y a partir de que. El producto de diseño, es decir, los objetos dentro del sistema, son producidos a partir de la sociedad misma o matriz<sup>4</sup>, dentro de este sistema, puede haber componentes que también funcionen como sistema, formando así subsistemas por ejemplo, Las personas son unidades del segundo orden, por conformarse de sistemas más pequeños, mientras que las matrices sociales son unidades del tercer orden.

“Si se construye un sistema diseñado para aprender desde el nivel del suelo, un sistema donde la macrointeligencia y la adaptabilidad deriven del conocimiento local, deberán seguirse cinco principios fundamentales” (Johnson, 2001 p.71). detengámonos a analizar estos principios y liguemos las ideas como si se tratara a un grupo social a fin de esbozar respuestas de las preguntas hechas anteriormente, cabe mencionar que aquí se pretende estudiar al sistema (para entender su comportamiento y definir los objetos que le convengan) y no diseñarlo, como se pretende hacer con objetos autorreferentes, que

---

<sup>4</sup> Las matrices del latín mater, son literal y metafóricamente los lugares en donde se gesta y desarrolla la identidad (Mandoki, 2006)

para tal efecto se analizan éstos mismos principios en otra parte de la investigación, considerándolos para otro orden que es el del objeto mismo como sistema :

1. Más es diferente: esto quiere decir que el sistema requiere para su óptimo funcionamiento (y entendimiento) una masa crítica de individuos que lo conformen. No se podrá juzgar adecuadamente la necesidad de una matriz social si es de escasos individuos, así mismo, mas es diferente también distingue a los micromotivos y macroconducta, en otras palabras, cada individuo no “sabe” que sus acciones establecen condiciones que modifican a la sociedad. Si únicamente estudiáramos a los individuos aislados, no tendríamos modo de saber que sus acciones son parte de un esfuerzo global que genera condiciones para el sistema. Solo a través de la observación del sistema completo en funcionamiento, se hace evidente la conducta global.

2. La ignorancia es útil. Que los individuos usen un lenguaje simple, o simplificarlo, es una característica útil y no un defecto, los sistemas emergentes podrían ser inmanejables si sus componentes son excesivamente complicados. Que los individuos ponderen directamente el estado general del sistema puede ser una verdadera desventaja en la lógica del enjambre, esto tal vez porque en lugar de que el curso del sistema se dé por emergencia, se daría de manera centralizada dada por unos cuantos individuos, cuyas decisiones serían a beneficio más individual y con poca capacidad de evaluar desde distintos puntos de vista.

3. Alentar los encuentros casuales. Los sistemas descentralizados, como las matrices sociales, dependen fuertemente de las interacciones casuales con individuos que

exploran un espacio dado sin órdenes predefinidas. Estos encuentros permiten a los individuos medir y alterar el estado macro de todo el sistema. Sin duda las matrices sociales están en constante interacción con otras que pertenecen a una misma macro sociedad y se retroalimentan unas a otras, incluso, un individuo podría pertenecer a varias simultáneamente.

4. Buscar patrones en los signos. La habilidad de los individuos de detectar patrones en los signos – los signos de los objetos para nuestro caso- permita que circule metainformación a través de la mente de la matriz social: signos acerca de los signos. Y esto ofrece información del estado global de la colonia. El diseñador deberá estudiar éstos patrones que los individuos generan y observan para basarse en ellos y definir al objeto que se busca.

5. Prestar atención a tus vecinos. “la información local conduce a la sabiduría global” en las matrices sociales, como en los sistemas complejos adaptativos, las interacciones con otros individuos es fundamental y esto permite que el grupo solucione sus propios problemas y se regule más eficazmente, ésta lógica es la que se debe estudiar en el sistema para poder diseñar objetos que contribuyan hacia ese fin.

De los principios anteriores surgen conceptos fundamentales a los que hay que prestar atención para diseñar bajo el enfoque de sistemas complejos adaptativos:

- Interacciones.
- Retroalimentación.

- Control indirecto.
- Localidad-globalidad.
- Adaptación.
- La emergencia de la forma
- Origen y evolución de las formas y sistemas.

Los conceptos anteriores implican una importancia en la comunicación y el “ADN” del objeto a diseñar: En cada caso puede ser distinta la manera en que dicho objeto pueda leer su entorno , por ejemplo en el caso de los que predomina la energía, sería fundamental buscar el cómo regular o autorregular el flujo de ésta según convenga. En los objetos en que predomine la información, la interfaz, la informática y la programación de los elementos será la que le proporcione al objeto las herramientas para autorreferenciarse y decodificar el entorno, y en el caso de los objetos en los que predomina la materia lo primordial será la tecnología del material de fabricación o construcción.

#### *1.6. Redes Complejas: La conexión de los sistemas complejos.*

Para la interpretación de los fenómenos emergentes que determinan la fuerza y transformación para la supervivencia de los sistemas debemos entender las propiedades de las redes que los interconectan y observarlas según su distribución, conexiones y tamaños.

La serie de hilos visibles o invisibles que marcan el camino por donde fluyen datos en un sistema incluyendo un sistema complejo adaptativo es lo que denominamos su red, la manera en que estas redes que interconectan y comunican componentes es esencial en el comportamiento del sistema, ¿cómo se forma? ¿Por qué? ¿De qué manera influye?

Hay muchos sucesos que ocurren de acuerdo a cómo están interconectados los componentes de un sistema, a esto se le denomina topología de la red. En el libro Domótica e Inmótica (Romero Morales, Vázquez Serrano, & De Castro Lozano, 2007) de se enmarcan ciertos criterios acerca de las topologías de las redes que se usan en sistemas de gestión técnica como las casas y los edificios inteligentes.

Veamos los tipos más comunes de éstas topologías para posteriormente analizar sus características y poder hacer inferencias acerca de lo que se necesita para el diseño y desarrollo de objetos que funcionan como sistemas complejos.

Tomemos primeramente la referencia de los sistemas técnicos como los domóticos, en los cuales: “La topología de la red, o topología de cableado, se define como la distribución física de los elementos de control respecto al medio de comunicación (cable).”

Las más utilizadas en los edificios inteligentes se muestran en la siguiente figura

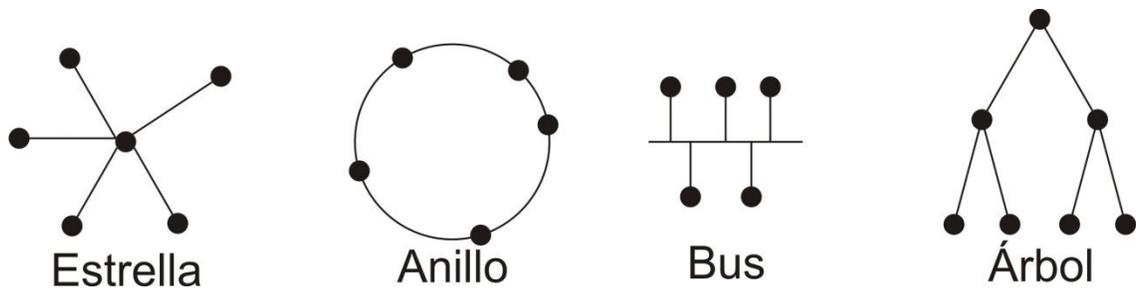


Ilustración 9: Topologías de red más utilizadas en sistemas de gestión técnica, tales como la domótica (referencia del libro)

La selección de la topología de red para el diseño de éstos sistemas se basa en criterios según la arquitectura disponible, el autor describe a grandes rasgos las peculiaridades de estas conexiones y menciona algunas ventajas y desventajas de acuerdo al criterio de éste tipo de sistemas:

- **Topología en estrella.** Donde todos los elementos están unidos entre sí a través del controlador principal. Sus ventajas son: facilidad para añadir nuevos elementos y un fallo de un elemento (no central) no afecta al resto. Sus inconvenientes son: fallo en el controlador principal provoca un fallo de todo el sistema, necesita una gran cantidad de cableado y se produce un cuello de botella en el elemento central.
- **Topología en bus.** Los elementos comparten la misma línea o bus de comunicación. Cada elemento suele estar identificado por una dirección única y se pueden comunicar dos elementos de forma simultánea. Sus principales ventajas son: facilidad para añadir y eliminar elementos, no necesita un controlador principal, un error en un elemento no afecta al resto, la velocidad de transmisión es elevada y el cableado se minimiza con respecto a la anterior configuración. Sus desventajas son: los elementos debe tener un grado de inteligencia y necesita mecanismos de control para evitar que más de dos elementos accedan a la vez al bus.
- **Topología en anillo.** Los elementos se interconectan formando un anillo cerrado. La información pasa por todos los elementos. Sus principales ventajas son: control sencillo y mínimo cableado. Sus principales desventajas son: vulnerabilidad a fallos debidos a que si falla un elemento falla toda la red y para añadir elementos es más complicado debido a que hay que paralizar el funcionamiento de la red.
- **Topología en árbol.** Es una topología que mezcla parte de las anteriores, en particular de la estrella y del bus, permitiendo además el establecimiento de una jerarquía entre los elementos de la red. Sus ventajas y desventajas depende de la topología específica (estrella o bus) que se utilice.

Pero existe otro tipo de red que se da en los sistemas emergentes, en sistemas que son adaptativos, que evolucionan y se auto organizan, un claro ejemplo son las redes sociales, también las redes de comunicación, en las redes biológicas, como las neuronales; en este tipo de red que se denomina red compleja, ocurren varios fenómenos y vale la pena tomarlos en cuenta ya que darán criterios a un diseñador para determinar ciertos factores de los componentes y de flujos de información que pueden transformar al sistema.

Como mencionamos, tanto sistemas complejos sociales, biológicos y de tecnología de información presentan estructuras peculiares en sus redes, Solé (Solé, 2009) en su libro redes complejas, hace un análisis profundo de la estructura, propiedades y patrones de éstas redes y menciona como una peculiaridad importante de un sistema emergente es que es que existe un número crítico de conexiones por debajo del cual el sistema se haya fragmentado en pequeños subsistemas, mientras que, superado el umbral de estos subsistemas tienden a estar ligados entre sí formando una gran red. (p. 37)

Antes de mencionar las leyes o patrones generales que menciona Solé de estas redes veamos cómo se dan en sistemas de distinta índole y a partir de ahí se podrá obtener una generalización, ya que como él menciona “Lo complejo tiene mucho más que ver con la naturaleza de las interacciones que con la naturaleza de los objetos que interaccionan, aunque estos últimos imponen algunas limitaciones sobre lo que puede ocurrir en el siguiente nivel.”

### **Redes en las sociedades**

*“El comportamiento humano individual es impredecible, pero las relaciones de las masas humanas pueden ser tratadas de forma estadística. Cuanto mayor es la masa, mejor es la predicción alcanzable. “*

Isaac Asimov, *Fundación*

En el comportamiento de las sociedades, a todos los niveles en que se agrupan hasta conformar un sistema, se observan ciertas características que reflejan comportamientos emergentes en sus actividades, tal es el caso del comercio entre los países. En la red mundial de comercio se observa esta interconexión de red compleja, observando este caso en particular se hacen observaciones como la siguiente:

- Países que poseen un peso aparentemente menor en la red mundial de comercio resultan ser muy importantes por cuanto se refería a estos flujos.
- Los cambios que se produzcan en un país dado repercutirá sobre otros en forma más o menos importante, dependiendo no tanto de sus intercambios directos, sino de todas las posibles vías de conexión que permite la red. (Solé, 2009)p.70

Esto nos lleva a algunas conclusiones importantes: por la posición y el número de conexiones de cada componente lo que suceda en cada uno de ellos influye en todo el sistema. Se observa que un gran número de países tienen pocas conexiones y pocos están hiperconectados, esta manera particular de conexión en el sistema es lo que le da lo que Solé denomina “la propiedad del mundo pequeño”<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> En matemática y física una **red de mundo pequeño** es un tipo de grafo para el que la mayoría de los nodos no son vecinos entre sí, pero sin embargo la mayoría de los nodos pueden ser alcanzados desde cualquier nodo origen a través de un número relativamente corto de saltos entre ellos.

### ***Redes digitales de información***

La configuración de las redes de información, son elementos dignos de estudio por su naturaleza autoorganizativa, la red virtual de flujo de información por excelencia en estos momentos es la internet “Aunque la red original fue diseñada de forma bien definida, su complejidad aumentó millones de usuarios, cuya autoridad no es dirigida por una autoridad central sino distribuida” (Solé, 2009)p.56

La eficiencia del flujo de información y de su plasticidad ante eventualidades en sus componentes se debe a su peculiar heterogeneidad, Solé observa que su arquitectura lejos de ser una telaraña desordenada, posee unas propiedades muy especiales. p. 57

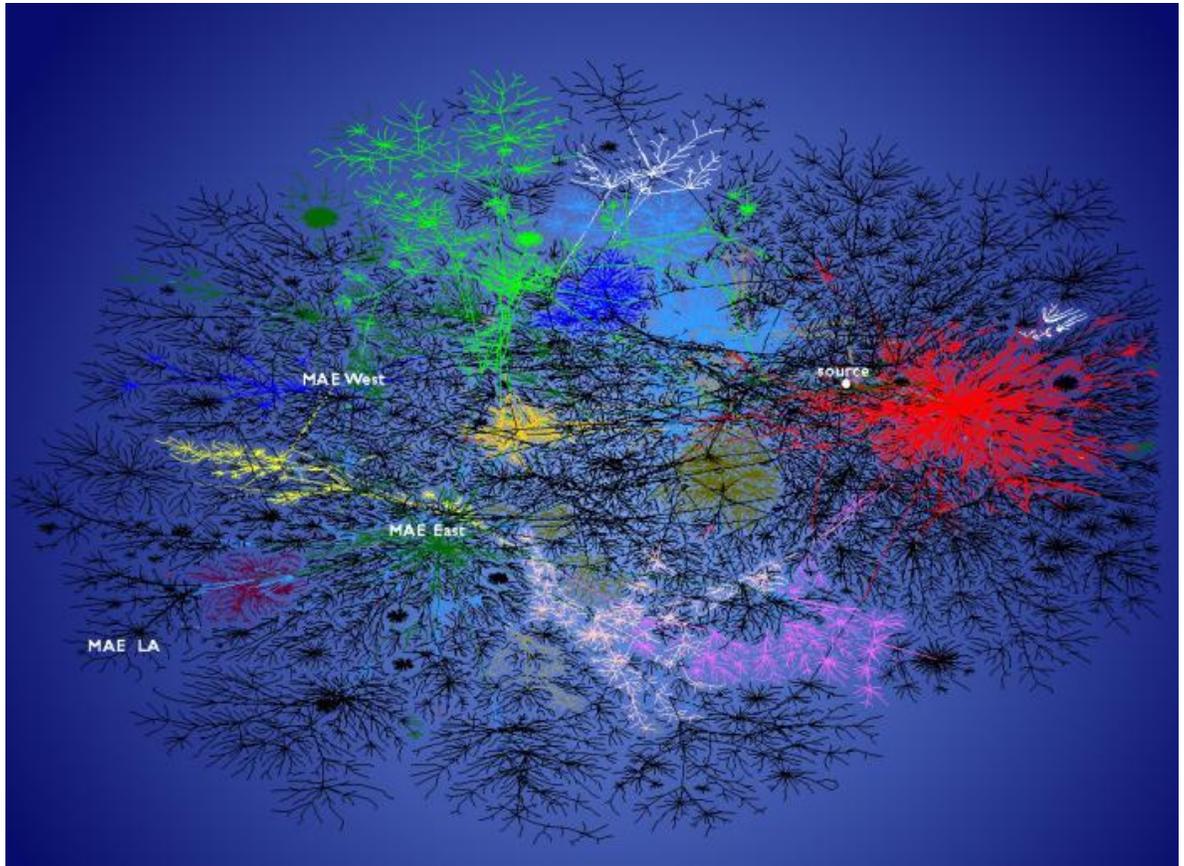


Ilustración 10 Mapa de internet, la imagen nos muestra una red en la que inmediatamente detectamos dos propiedades: la gran mayoría de elementos poseen solo una conexión y un pequeño número de ellos están conectados a un gran número de nodos. En la red virtual se puede trazar un mapa semejante con propiedades similares. (pág. 59, Solé)

El grado de heterogeneidad de una red, se refiere a la medición de la conectividad de los elementos de un sistema, en el caso de internet, y en general los sistemas con semejante estructura, hay un gran número de elementos con una o pocas conexiones y muy pocos están conectados a un gran número de nodos. “En estas redes, los conectores desempeñan un papel especialmente importante como responsables de la gran eficiencia de estas redes. Son de hecho responsables de la estructura de mundo pequeño.” (Solé, 2009, p. 58).

En este estudio de las redes se notó que los fallos al azar de los nodos no afectan de manera relevante al sistema, debido a que la mayoría son elementos con pocas conexiones, incluso si algún multiconector tuviera un error fortuito, la manera peculiar de la conectividad de la red impiden que el sistema colapse por completo. “A diferencia de lo que ocurriría con, digamos, un circuito electrónico, en el que la pérdida de un componente es sistemáticamente fatal” (Solé, 2009)p143.

### ***Redes de Sistemas biológicos***

Los sistemas vivos son por excelencia una referencia de la importancia de las interacciones entre sus componentes debido a que este tipo de sistemas está basado en ellas. “A un sistema vivo lo define su organización y, por lo tanto, es posible explicarlo como se explica cualquier organización, o sea, en términos de relaciones, no de propiedades de los componentes.” (Maturana, 2003).

La red en la que operan las interacciones y la comunicación entre los componentes de los seres vivos, es sin duda por su naturaleza, la que representa mejor la capacidad de adaptabilidad y transformación de un sistema, ya que de ello depende precisamente su identidad. Recordemos a Maturana y Varela en su definición de lo vivo – o máquinas autopoieticas- nos dicen que “Es una máquina organizada como un sistema de procesos de producción de componentes concatenados de tal manera que producen componentes que: Generan procesos (relaciones) de producción que los producen a través de sus continuas interacciones y transformaciones, y constituyen a la máquina como una unidad

en el espacio físico. Tales máquinas son homeostáticas y toda retroalimentación es interior a ellas.” Observemos pues algunas de las propiedades que Solé (2009) dice acerca de estas redes:

Para efectos del estudio, nos enfocaremos a las redes celulares que son los bloques mínimos que se consideran vida, cabe mencionar que la ecología de los sistemas vivos es de naturaleza fractal, y podemos encontrar una gran similitud en las redes y relaciones a diferentes niveles, desde la célula, pasando por plantas, animales y hasta sociedades. Por lo tanto, no es de sorprender que las propiedades se repitan en cada escala. Dicho lo anterior, mencionemos algunas características de las redes de este tipo de sistemas que se observaron en el estudio realizado por el especialista Solé:

*Heterogeneidad.*- la gran mayoría de las proteínas (componentes celulares) son especializadas y entran en contacto con sólo pocas proteínas, así como existen a su vez, algunas otras altamente conectadas. Lo que le da la propiedad del mundo pequeño.

*Su dinámica depende fuertemente de la experiencia.*- la organización de los sistemas vivos actúa en referencia a sí misma en cuanto a su estructura y su historia previa, esto es un aspecto fundamental en la evolución y autoorganización de las redes biológicas y constituye un factor esencial en la adaptabilidad y supervivencia de los seres vivos. Por lo que podemos deducir que la capacidad de memoria de un sistema es de gran importancia para que cualquier sistema refleje este tipo de habilidades.

*Modularidad.*- “Una propiedad muy importante de las redes biológicas (y no solo celulares) es la presencia de modularidad. Por sistema modular entendemos un objeto

cuya principal característica es que está formado por distintas partes que se hallan internamente muy integradas pero a la vez poco relacionadas con el resto del sistema....Una red modular se compone de distintas redes cuyos elementos tienen más conexiones con los elementos de su propia red que con los de las demás redes.”(Solé, 2009).

Las redes estructurales de las redes biológicas se autogeneran, los sistemas vivos se consideran autopoieticos (ver apartado **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Por lo que la razón de la emergencia de esta forma de organización se da mediante mecanismos de reutilización de elementos que se disponen como la duplicación y diversificación, además participando en este proceso, la ontogenia del organismo. El bricolaje se da en forma autoorganizada y las ventajas de la complejidad de la vida emergen de forma no dirigida directamente, siendo el entorno el que influye en su evolución.

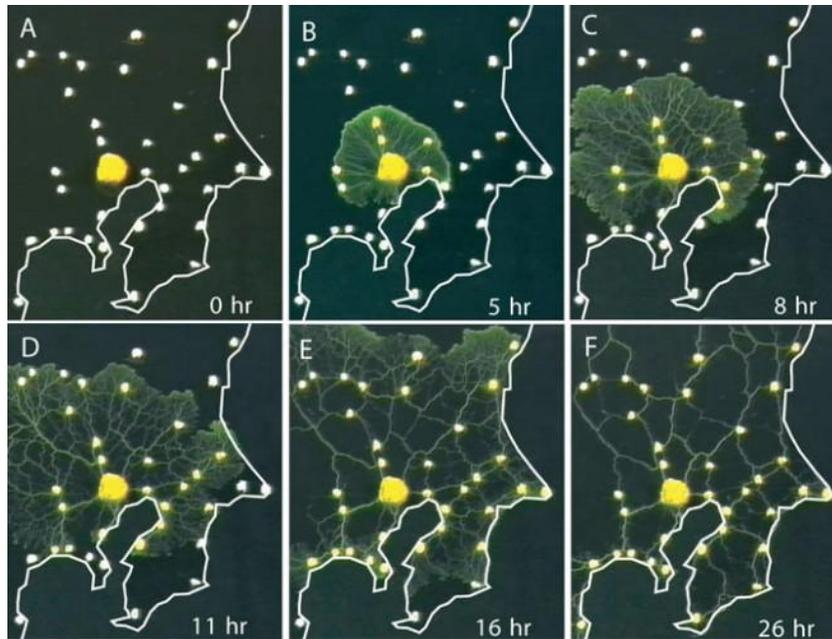


Ilustración 11. El fenómeno emergente en el crecimiento de las algas es similar a la red de transporte subterránea en Tokio, Aunque las decisiones son locales están influenciadas por la globalidad del sistema.

Las dinámicas e interacciones que actúan en los sistemas biológicos tienen clausura operacional.

### 1.7. Intensionalidad

El término de intensionalidad nos permitirá entender la lógica de los sistemas emergentes. En estos sistemas y los objetos que se comportan así, lo mejor es entenderlos no por sus componentes, sino como parte de una complejidad en donde se involucran dinámicas y contexto. En otras palabras la identidad de estos sistemas es dada por dos cosas: lo que son en ese momento determinado y el entorno en donde se encuentran también en ese momento. Para poder determinar al objeto se requiere contextualización y el conocimiento de su esencia. Para entender lo anterior echaremos mano a lo que dice

el matemático Allen Paulos en su obra “Erase una vez un número” en donde trata en qué consiste la lógica intensional, además de distinguirla de lo que es intencional:

*“La lógica científica y matemática estándar se denomina extensional por que los objetos y conjuntos están determinados por sus extensiones (es decir, por sus partes componentes). En otras palabras, hablamos de entidades idénticas cuando tienen las mismas partes, aunque nos refiramos a ellas de manera distinta. En la lógica intensional cotidiana esto no es así.....Además de diferenciar entre intensión y extensión, los lógicos y filósofos diferencian entre intensión e intención. El primer termino se refiere informalmente al significado y, en sentido técnico, a los contextos lingüísticos en los que la sustitución de términos extensionalmente equivalentes no conserva la verdad. Los ejemplos de Superman- Clark Kent y madre-Yocasta son casos clásicos. El termino intención suele reservarse para la caracterización de la conducta o estados mentales (desear, temer, creer) orientados a un fin. Ambos términos están estrechamente relacionados; escribir sobre las intenciones de un sujeto agente, por ejemplo, establece un contexto (de insustituibilidad) intensional. H puede desear X sin tener las mismas intenciones hacia Y, que es extensionalmente equivalente. ....Los resultados estadísticos dependen de la intensión y el contexto.....La lógica intensional esta mas vinculada al contexto, la perspectiva y la experiencia que la lógica extensional y, por tanto exige el empleo de contextualizadores: palabras como esto, aquello, tu, ahora, entonces, aquí, allá, y en último lugar pero no menos importante, yo, me y mi. Cuando empleamos la lógica intensional tenemos que situar la acción y el personal implicado. Debemos tener en cuenta sus rasgos, las personas y cosas que conocen y las circunstancias en que se encuentran. Esta contextualización se parece a la determinación de las condiciones iniciales de una ley científica.....Pero al contrario de lo que ocurre en la ciencia, donde hay muchas leyes y condiciones iniciales suelen ser detalles menores, en lógica intensional los contextos, las conexiones y las condiciones son mucho más importantes que las relativamente escasas <<leyes>> de comportamiento. ....La interpretación de las estadísticas, como ya vimos, no escapa a las reglas autorreferenciales mal comprendidas de la lógica intensional.....La matemática pura y su lógica extensional permiten (incluso exigen) el distanciamiento personal, mirar desde afuera de la relación, una política gubernamental, un fenómeno biológico, toda una galaxia. Las matemáticas nos liberan de enredos. Por el contrario, la lógica intensional informal, cuyas maleables reglas emanan de la vida misma, tiende a implicarnos con otros, nos induce a influir y ser influidos, a presuponer a la vez soberanía personal y un contexto social compartido. La lógica intensional es implicativa; nos implica y nos enreda”.(Allen Paulos, 2009)*

Los filósofos de la mente a menudo usan la expresiones <poseer intencionalidad> (que significa tener creencias, deseos, temores, etc.) y <<tener semántica>> (lo que implica la capacidad de pensar realmente acerca de las cosas, en oposición de la <<mera>> habilidad para manipular símbolos sin significado en patrones complejos,(Hofstadter, 2009)

“Aunque cada una de esas dos expresiones centra su atención en un aspecto sutilmente distinto de la esquiva abstracción que nos atañe, desde mi punto de vista son por completo intercambiables. Y, en cualquier caso, ambas deben ser entendidas como grados a lo largo de una escala continua y no como alternativas si/no, encendido/apagado o blanco/negro.”(Hofstadter, 2009)

Las implicaciones de estos conceptos para este proyecto salen a relucir a la hora de pretender determinar las razones del comportamiento de un sistema, si este tiene intenciones desde el punto de vista de un observador y si estas son el resultado de las intenciones. Por lo que concluimos que en efecto, lo que se pretende diseñar o transformar, para fines prácticos, debemos considerar que exhibe un comportamiento intencional y además, a ojo del observador, intencional.

### *1.8. Teoría de juegos*

La teoría de juegos trata de las competencias que se dan en las interacciones e interrelaciones de dos o más sistemas o subsistemas racionales que , como primicia,

buscan maximizar sus ganancias y minimizar sus pérdidas, con estrategias óptimas, independientemente del tipo de sistemas que se trate, biológico, social o tecnológico. Esta teoría desarrollada principalmente por von Neuman, con un marco referencial matemático, puede dar pauta a entender el desarrollo de los sistemas dinámicos, poniendo de manifiesto la “lógica” de sus juegos de “suma cero” y “suma no nula”<sup>6</sup> que es el epifenómeno que los hace emerger. Dentro del marco teórico que provee esta teoría destacan aspectos que sugieren que la programación o el fin que persiguen este tipo de sistemas es el aumento de permanecer a través del aumento de complejidad y logrando esto a través de “juegos” en donde se toman decisiones, se adquieren experiencias, y se ponen en práctica estrategias que conducirán a la evolución del sistema, aunque a ciertos puntos de vista y dependiendo del nivel de observación no lo parezca, como veremos más adelante “el motivo de que la historia antigua parezca un caos es que estamos utilizando un teleobjetivo, enfocando regiones pequeñas y cronologías limitadas. Si mirásemos de más lejos y dejáramos que los detalles se mezclaran, tendríamos una imagen más general: los siglos pasan y las civilizaciones vienen y se van, pero la civilización prospera, aumentan su radio de acción y su complejidad.”(Wright, 2005) P.122

Todo esto viene en concordancia con el enfoque de autores como Maturana y Varela, Stuart Kauffman y Jorge Wagensberg, acerca del origen y evolución de los sistemas biológicos y sociales.

---

<sup>6</sup> “cuando dos entidades orgánicas pueden mejorar recíprocamente sus perspectivas de supervivencia y reproducción, están en una situación de suma no nula; si sus intereses son opuestos, la dinámica es de suma cero”(Wright, 2005).

El autor Robert Wright, en su libro *Nadie pierde* (Wright, 2005) hace un estudio sobresaliente de la manifestación y denotación de estas teorías en las sociedades y sus subsistemas, lo que se pretende a continuación es interpretar esta lógica de juegos para su aplicación en el campo del diseño.

Tomando como ejemplo la especie humana, Wright comienza esbozando lo que ésta, desde que apareció, no ha dejado de hacer y que estamos predispuestos a hacer: elegir, aumentar complejidad y promover un intercambio beneficioso con otros. Estos aspectos, entre otros, son los que han dado origen a lo que ahora somos. Veamos los detalles y factores que intervienen en estas acciones:

- a) **Elegir:** La toma de interminables decisiones es lo que hace la dinámica del ser y su interacción con el entorno. En otras palabras, procesar información.
- b) **Aumentar la complejidad:** La evolución y permanencia del ser están íntimamente ligados a la capacidad del aprendizaje por experiencias y la retroalimentación positiva que esto genera y que conduce a la complejidad, aunque en ocasiones existan circunstancias ambientales que frenen la velocidad del aumento de ésta.
- c) **Promover un intercambio beneficioso con otros.** Es la estrategia que se emplea para poder aumentar complejidad del sistema, Wright dice: “este sentido práctico inconsciente forma parte de la naturaleza humana y está arraigado en última instancia en los genes, que la selección natural,

mediante la evolución del <<altruismo recíproco>>, nos ha inculcado impulsos que podrían ser muy tiernos y sensibles, pero que tienen la fría y pragmática finalidad de promover el intercambio beneficioso.”

A esta programación o predisposición en los sistemas complejos, se le suma el medio en el que están, y según la historia de la especie humana, sus sociedades y tecnologías, quedan en manifiesto ciertas “reglas” de juego que condicionan las estrategias y decisiones en estos sistemas, a continuación deducimos algunas e interpretaremos después su pertinencia para diseñar:

1. Los costos de intercambio de datos son inversamente proporcionales a los beneficios obtenidos.- “cuanto menores sean los costes y mayor la relación de suma no nula entre los agentes, más ganarán ambos por medio de la interacción y más productiva será per cápita la red de intercambio.”(Wright, 2005)
2. Las distancias, velocidades y calidades de las vías del flujo de datos están directamente relacionadas con los costos de intercambio de información.- intercambiar con eficacia y eficiencia información, beneficia directamente al sistema, vivir en sociedades densamente pobladas propicia el óptimo intercambio de información.

3. La información puede pasar de individuo a individuo, pero también de sistema a sistema. La explicación para este punto la detallaremos siguiendo el ejemplo que se manifiesta en la evolución cultural: “puede que el principal problema de la concepción <vírica> de la cultura sea que pasa por alto o al menos subestima los distintos niveles de organización social en que los memes combaten entre sí. La evolución cultural no consiste sólo en memes que pasan de persona en persona; con frecuencia los memes van de grupo en grupo. Las jefaturas luchan entre sí y la cultura más propensa a la victoria tiende a prevalecer. En el ínterin, dentro de una jefatura, unas aldeas compiten con otras por la posición, unos clanes con otros, unas familias con otras, y por último unos individuos con otros. Puesto que esta competencia no es violenta por definición, las personas no mueren, pero los memes sí, porque los individuos, familias, clanes y aldeas que triunfan son imitados. Sus memes desplazan a los otros memes por selección natural. Una premisa de este libro es que los memes que consiguen pasar por el cuello de botella de la selección cultural y caracterizar a sociedades enteras suelen estimular la interacción de suma no nula. Después de todo, un motivo normal para emular ciertos grupos de individuos –familias, clanes, aldeas, equipos de béisbol, empresas, sectas, países, lo que sea- es su interacción productiva y (relativamente) armoniosa. Así, los memes que traen armonía productiva se admiran y se adoptan.”(Wright, 2005)

4. Los beneficios de la centralización de poderes es limitado. La codicia en el sentido de centralizar en sí mismo poder y control, inevitablemente se vuelve contra quienes la practican ya sea a corto o a largo plazo debido a que no promueve intercambios beneficiosos con otros, lo que coarta la complejidad del sistema. “La evolución de los últimos diez mil años ha sido negativa para el parasitismo centralizado. ...Los gobernantes no dejaban descubrir que el medio de maximizar la producción de riqueza no era controlarla al detalle. ...con lentitud y firmeza, el modelo de control estatal de la economía, cedía terreno ante la lógica del mercado... ¿Qué produjo el cambio? Una buena candidata es la creciente utilidad del procesamiento de datos descentralizado. ”(Wright, 2005)
5. la dinámica de suma no nula es el motivo de que la información empiece a transmitirse. La tendencia de todo sistema complejo adaptativo es permanecer y aumentar su complejidad, la energía que mueve el motor que lo hace dinámico es el flujo de la información y se intercambia información a beneficio del sistema.
6. La modularidad fractal de la estructura de los subsistemas, permite que los sistemas se repliquen con rapidez: tal como en la estructura de redes, la modularidad de subsistemas semejantes al superior permiten la rápida reconstrucción y gestión de los sistemas.

7. Cuando las vías de conexión y de comunicación son deficientes  
descentralizar el sistema es una buena opción: “ ...belleza fractal del feudalismo\_...y haciendo que cada señor fuera gobernador de sus subordinados inmediatos (campesinos y demás vasallos) se fomentaba el gobierno descentralizado, una idea útil en una época de caminos en pésimo estado, índices de alfabetización muy bajos y otros obstáculos. -cuando caían los reinos, se descomponían en unidades políticas locales o regionales, sin que cundiese la anarquía.” (Wright, 2005)p.160
8. La retroacción positiva, es la que permite la autoorganización del sistema.  
Los orígenes y evolución de los sistemas complejos adaptativos o emergentes siguen una lógica bastante evidente y es que un juego de suma no nula conduce a otro, éste a otro, y así sucesivamente como dice Wright: “la complejidad engendra complejidad por retroacción positiva” lo que aumenta gradualmente la capacidad de procesar, analizar y guardar información.
9. La información constituye el factor que le da unidad a los sistemas.
10. La interdependencia entre componentes genera un comportamiento condescendiente entre las partes: la dependencia que hay entre los individuos del sistema es directamente proporcional al nivel de tolerancia y respeto que se genera entre ellos.

11. Una percepción eficaz sirve de poco sin un procesamiento veloz de los datos. Las tecnologías o innovaciones aparecen en los organismos por las necesidades que se presentan, pero el cómo se utilicen y se administren constituirá la adaptabilidad o en otras palabras la fuerza y superioridad del sistema “La selección natural no es sólo un proceso que <<inventa>> tecnologías, como los ojos; además <<descubre>> propiedades del mundo físico, como la reflexión de la luz. Estas invenciones y estos descubrimientos incesantes forman parte esencial y predecible de la evolución por selección natural. Las especies concretas que encarnaran el <<aprendizaje>> son asunto secundario, depósitos transitorios del saber, semejantes a manuales cuyas ediciones se agotan aunque su contenido se haya basado en otros libros...\_evidentemente, la inteligencia no es una entidad unidimensional. No sólo somos diez veces más listos que los dinosaurios, mil veces más que los coleópteros o un millón de veces más que las bacterias. Nuestra inteligencia es cualitativamente diferente a la suya. Posee una serie de atributos que, unidos, han creado una cultura, y además una cultura con riqueza suficiente para ser una fuerza evolutiva por derecho propio.”  
(Wright, 2005)

12. La comunicación eficiente y eficaz entre los individuos significará una alianza más fuerte.- la claridad en el mensaje y que los datos sean transmitidos en el mismo “lenguaje” son esenciales para una clara y precisa comunicación, sin embargo, en las vías y el inter que hay entre emisor y

receptor la calidad de la comunicación merma debido a múltiples factores como el tiempo, la pérdida de datos en el camino por fugas de información e incluso por la transformación de la información por su interacción con las vías. Por esto, cualquier cosa que reste cualquier ambigüedad al mensaje, como el acortamiento de los caminos que la información recorra, hará más eficiente y eficaz la comunicación entre los componentes, un proceso vital en el sistema, esto además reducirá costes de energía y tiempo.

13. Fomentar simbiosis entre los componentes o individuos da mejores

resultados para el sistema- “y buena parte de la creciente aditividad no nula de los últimos milenios se ha producido así: no <<empujando>> a los individuos a unirse a causa de un enemigo común, sino <<tirando>> de ellos para obtener un beneficio común. Ganar dependerá de no querer que otros pierdan”(Wright, 2005)

14. La incomunicación y la desconfianza son los factores que se deben reducir o eliminar si se quiere que los individuos interactúen para un beneficio común.

Estas reglas que se han revelado y analizado de la teoría de juegos nos dan una guía y orientación bastante útil para interpretar los sistemas complejos y además para diseñar bajo este enfoque o modelo, tal y como lo expresa Wright, la lógica de los sistemas complejos adaptativos, independientemente si son biológicos o sociales, es la lógica de aditividad no nula. Es interesante lo que implican estas “políticas” de juego en la

creación o transformación de un objeto de diseño, como una casa , ciudad o un sistema tecnológico cualquiera, ya que teniendo esta referencia se pueden traducir estrategias para “ganar” el juego lo que se traduce en el objetivo que el diseñador asigna al proyecto.

El marco teórico que nos ofrece este punto, se observará en los posteriores análisis de los sistemas así como en conclusiones y propuestas. Por ahora, antes de continuar, estableceremos la postura de lo que significa diseño y sus paradigmas.

## **2. CAPÍTULO 2: EL DISEÑO**

### *2.1. Diseño y diseñar.*

El diseño es una disciplina, que conjuga elementos de tal manera que genera la emergencia de un objetivo, desde el punto de vista de un observador. Diseñar es una tarea *multidominio*, ya que se puede lograr un objetivo interviniendo ya sea el entorno del objeto de diseño, o en los elementos que conforman este objeto, refiriéndonos a objeto, al objeto de estudio o conocimiento, o sea todo un sistema, cuyos elementos pueden ser personas, casas, edificios, ciudades o poblados, cosas de uso o incluso cualquier otro subsistema como por ejemplo un sistema económico.

Como observamos el diseño es la tarea común en donde el hombre crea tecnología y maneras de interactuar.

El diseñar es una actividad que puede abarcar un extenso abanico de posibilidades, sin embargo el enfoque de la disciplina de un profesional del diseño se refiere por lo general a las tecnologías y sistemas creados por el hombre para su subsistencia y confort, por lo que el diseño en este enfoque, tiene distintos niveles de abstracción en los que puede desenvolverse un diseñador, desde mera aplicación , hasta teorías, todos igual de válidos y cada uno con sus distintos dominios y áreas de desarrollo. La postura que aquí se propone es que un buen diseño debe ser integral y debiera abarcar o moverse entre los distintos niveles.



Nivel de Abstracción en el diseño

**Ilustración 12: niveles de abstracción en el diseño fuente: (García Melón, y otros, 2010)**

Ciertamente la disciplina y especialidad de cada diseñador, así como la naturaleza del problema al que se enfrenta, determinará en gran medida las estrategias a tomar, sin embargo no hay que olvidar que, determinado el sistema y el entorno, todo lo que sucede en él está íntimamente relacionado y cada elemento interconectado influirá en la

emergencia del resultado, debido a esto es muy importante ver la estrategia más adecuada para cada objetivo y que el objeto de diseño funcione como se planea.

La evolución de la práctica del diseño se ha venido reflejando en la dificultad de establecer que profesionalista es el responsable de la solución de problemas multidisciplinares y complejos, en el campo del diseño industrial por ejemplo, se ha observado en estudiantes de licenciatura que no están muy seguros si pueden proponer como un proyecto aceptable para desarrollar como ejercicio en la asignatura del taller de diseño, proyectos como sistemas de confort en casas interactivas o gimnasios inteligentes, en donde la propuesta involucra elementos de diseño urbano, diseño arquitectónico, diseño industrial, diseño de software y diseño de interfaz o como casos que frecuentemente aparecen con tesis como el que propone de una manera muy buena y pertinente un “museo vivo” en donde plantea combatir graffiti con elementos de diseño integrados en puntos estratégicos de la ciudad que actuaran como una especie de atractores para que se autoorganizara una cierta dinámica y además de la propuesta de la logística para implementarlo, el proyecto por sí sólo involucraba diseño de productos, uso de edificaciones y desarrollo urbanístico en donde también sería igual de importante la disposición que se proyectaría de todos estos elementos. Evidentemente es un trabajo transdisciplinario en donde el que soluciona debe ser un diseñador, sin adjetivos como arquitectónico, urbanista o industrial. Es difícil que este tipo de proyectos sea bien comprendido debido a los viejos paradigmas además de los retos o desafíos que se presentan a la hora de presentar formalmente el trabajo, ya que surgen las dudas de cómo se va a estructurar la investigación, como se presentaran las alternativas de

solución, incluso la duda de qué tipo de planos se van a presentar que describan la totalidad del proyecto, sin embargo la tendencia de este tipo de problemas va *in crescendo*. Incluso la evolución de la concepción del nombre de *diseño industrial*, como se le nombra a la tarea profesional de desarrollar productos ha sido cuestión de debate entre la comunidad virtual de diseñadores, recientemente se observó en una red social, una encuesta lanzada por un usuario en donde preguntaba la pertinencia del nombre de la disciplina, y entre las respuestas más populares se decía que el nombre ha quedado obsoleto y que lo más adecuado sería *diseñador de soluciones*. Autores reconocidos en el campo del diseño sostienen que hoy en día el objeto del conocimiento de la teoría del diseño y también de la actividad práctica de los diseñadores, es el lenguaje del producto. (Bürdek, 2007).

Si traspolamos estas ideas y tomamos como producto cualquier forma o entidad tangible y se amplía lo que es lenguaje a su campo esencial de comunicar y portar información en los sistemas, estamos hablando de una nueva forma de concebir el diseño en donde se entiende la naturaleza dinámica e interconectada en la que suceden las cosas y éste puede dar sentido e intensionalidad de una manera global a los sistemas complejos en donde se aplica.

Ahora nos toca observar cómo los objetos pasaron a ser más allá de simples cosas que se utilizan para sobrevivir, ya en 1988 Horst Oehlke abogaba por un enfoque integral del diseño y lo propuso investigar funcionalmente el objeto de diseño en tres direcciones:

- Como objeto de utilidad práctica y/o instrumental.

- Como objeto de comunicación social.
- Como objeto de percepción sensorial.

En este trabajo, es importante señalar que se propone ver al objeto de diseño **como objeto atractor que transforme sistemas y genere conductas.**

Hagamos un recuento de los acontecimientos que se han suscitado en la historia del diseño y analicemos el cómo y por qué se ha llegado a éste punto:

En la historia del diseño, e involucrando también los paradigmas que enmarcan cada época, se tiene que el progresivo desarrollo de los métodos de producción del siglo XIX, rompió la unidad previa entre el proyecto y la ejecución en la artesanía. Luego Gropius, en los tiempos de la Bauhaus marcaba el postulado de “arte y técnica- una nueva unidad”, de ahí nació un nuevo perfil de profesional que debía dominar la técnica moderna y su lenguaje.

Durante varias décadas, aproximadamente después de los años treinta, el diseño estuvo marcado por la doctrina del funcionalismo (la forma sigue a la función). La tarea del diseñador era la de crear respuestas en base a un análisis de las necesidades sociales que presentaran un alto grado de funcionalidad. Sin embargo éste enfoque tenía un concepto de función muy limitado: se consideraba únicamente la función práctica o técnica y se olvidaba de las funciones de los signos o de las funciones comunicativas del diseño. (Bürdek, 2007).

Después de varios sucesos sociales a mediados de los años sesenta, como crisis de países industrializados europeos, movimientos estudiantiles en contra de la guerra, tenían como base común la crítica social al capitalismo y condiciones sociales, esto tuvo eco en los trabajos de teóricos en escuelas de diseño alemanas, como el de Theodor Adorno que hizo una crítica al funcionalismo, en donde decía que este tipo de entorno construido en serie, era opresor y violador de la psique humana (Gorsen 1979).

Luego, ya a principios de los setentas se hizo público un informe del club de Roma sobre la situación de la humanidad, las fronteras de crecimiento (Dennis Meadows). En él los autores explicaron que un crecimiento exponencial continuo de las naciones industrializadas las llevaría en un futuro próximo a perder las bases de su propia existencia. La rápida desaparición de las reservas de materias primas, la creciente densidad demográfica, así como la contaminación progresiva, llevarían al colapso a la sociedad industrial. Entonces en el campo del diseño se plantearon una serie de exigencias ecológicas, que aún hoy en día, siguen sin tenerse en consideración. (Bürdek, 2007)

En los años ochenta, presuntamente el diseño se despidió de las restricciones del funcionalismo, y era cuestión de tiempo que el objeto acabara transformándose en puro arte, recordemos lo que decía Baudrillard anticipando lo que se veía inminente: Dentro de la evolución de los objetos se menciona que cuando el detalle formal invade al objeto, la función real no es sino coartada y la forma no hace más que señalar la idea de la función y se vuelva alegórica. (Baudrillard, 1969)

Después llega el posmodernismo en donde Heinz Hidrina (1985) observó que lo reaccionario en el diseño posmoderno consistía en historiar el objeto del proyecto como en el styling y someterlo a los mismos mecanismos que se usan en publicidad y el packaging. Para el autor lo decisivo era el acoplamiento aparente a los principios capitalistas de la estética del artículo, o sea, la manipulación mediante el rápido desgaste de los objetos de moda. (Bürdek, 2007).

Como observamos, el diseño y su concepción se transforman junto con las tecnologías y filosofías de las épocas, y hemos venido advirtiendo que esto se da por un bucle retroactivo en donde la retroalimentación positiva hace más imbricado cada factor con el otro, generando así una evolución muy compleja. Se vislumbra ahora todo un sistema complejo tanto a la acción de diseñar, como al objeto de diseño, lo interesante además es que la historia del diseño dentro del sistema mayor al que pertenece, también nos marca la pauta y los patrones lógicos que siguen estos sistemas a fin de aplicarlos en un modelo para diseñar, ya que como descubrimos las creaciones humanas responden de acuerdo a situaciones y condiciones del entorno, así como a la necesidad de fortalecer al sistema al que pertenecen, siguiendo una lógica y estructura como la que se observa en las teorías general de sistemas, teorías de juegos y redes complejas.

Esto nos acerca a la reflexión de qué es lo que sigue ahora con el diseño, como vimos en la ilustración Ilustración 1: Línea de tiempo en relación a avances tecnológicos. Tenemos que hitos en la historia de la humanidad han marcado significativamente la forma de observar y los enfoques de la disciplina, varios autores vislumbran ya una liquidez en las sociedades y sus matrices en donde las dinámicas cobran relevancia y es

más complicada la distinción de la identidad de los elementos que integran al sistema por su multivalencia, además del factor de rapidez con que evoluciona todo alentado por la hiperconectividad y el flujo casi instantáneo de la información y los datos.

Se debe entonces manipular de manera consciente los elementos que integran al sistema, surgen cuestiones aquí de ¿cuáles? ¿Cuántos? ¿De qué manera? ¿Cómo influir la dinámica? ¿Cómo introducir información? ¿Qué velocidad de flujos de ésta conviene? ¿Cómo se prevé el futuro del sistema? Sin duda estas cuestiones son determinantes para poder lograr un objetivo, y éste será la clave que establezca las respuestas de cada una de las cuestiones.

Podemos adelantar que se necesita determinar al sistema como una unidad discreta, las funciones de sus elementos, el código de comunicación, la dinámica de su comportamiento y sus condiciones iniciales, entre otros factores, además el entorno.

## *2.2. El objeto de diseño.*

### *2.2.1. Objeto como sistema: Comportamiento global como forma y significado.*

¿Qué se diseña? ¿Qué es lo que alguien puede diseñar? El paradigma en ciertas ramas de la disciplina del diseño es el de resolver la configuración de cosas, y si bien su solución da pauta a la solución de ciertos problemas, al no ver la dinámica de interacciones y situaciones contextuales se presentan soluciones parciales no integrales. Esto puede suceder a menudo en arquitectura, diseño industrial, de interiores y gráfico por ejemplo. En el urbanismo se da un enfoque de diseño en distintos niveles, desde el

diseño urbano en componentes o elementos urbanos, hasta la planificación urbana. Tal vez el fallo en el diseño urbano sea el trabajar en los niveles por separado, o utilizar un modelo de desarrollo incompatible a los componentes del sistema o los urbanitas. La complejidad del diseño urbano es muy interesante ya que abarca esta parte planificación de algo que surge con el uso de cientos de individuos, y de fenómenos que se desprenden de ello, es decir se da una emergencia, la ciudad es un sistema complejo y es un objeto “vivo” que puede diseñarse, lo que se trata en este punto es precisamente el ver que las cosas que se diseñan no funcionan solas, están inmersas en muchas dinámicas que las hacen parte de un sistema, los objetos de diseño tienen una dualidad dependiendo del nivel en que se observan, al observarse desde una perspectiva cercana, tienen un sentido diferente que falla al tratar de comprender los fenómenos que provocan a escalas superiores la interacción de los componentes de un sistema mayor.

En un modelo de diseño basado en organización e interacciones de componentes, es necesario observar a los sistemas como una sola entidad, el enfoque en el que se trabajará ya no radica sólo en una parte del todo, que si bien es necesaria resolver, es necesario implicarlo en una dinámica de interacciones. En un sistema complejo adaptativo, la cuestión es delimitar toda la estructura del sistema que se desea modificar o crear para un fin concreto, lo que puede tornarse complicado al tratarse de algo que se autoorganiza y es cambiante. Solé nos da una pista en lo que hay que fijarse: “De una parte, la ya mencionada presencia de propiedades emergentes, que no pueden explicarse acudiendo a las propiedades de los componentes. De otra, la existencia de cierta invariancia del todo pese a los cambios y fluctuaciones en sus partes. Aunque hormigas o

neuronas puedan morir o fallar, ni el hormiguero ni el cerebro se darán por enterados. Sus propiedades e identidad como sistema se mantienen. Este orden irreducible es la esencia de lo complejo... El origen de esta irreductibilidad reside en la presencia de interacciones entre elementos. Todo sistema complejo posee elementos que, en una forma u otra, intercambian interacciones entre sí a través de algún medio. Este flujo de información es generado por los elementos constituyentes, y a su vez cambia el estado de los últimos, en un círculo lógico que no podemos romper.”(Solé, 2009)p.21

También nos habla del “umbral de percolación” que divide, según el número de conexiones entre elementos existentes, a una serie de componentes aislados entre un sistema conectado. Lo interesante de esto es que para que se supere el umbral de percolación, son necesarias conectividades muy bajas, es decir, basta con que cada elemento esté conectado con más de una conexión con otro para que la mayoría de los elementos pertenezcan a una misma red y esto es lo que separa la ausencia o presencia de un sistema a gran escala o sistema complejo en donde ocurren los fenómenos que hemos estado describiendo de manera espontánea.

Las implicaciones de esto para el diseño son importantes debido a lo esencial que resultará primeramente la identificación del sistema que se pretende transformar o crear y posteriormente la identificación de los elementos que son parte del *objeto sistema* así como con que o quienes tienen conexión, y el número de éstas, y en qué consisten estas conexiones.

### **La forma y función en el comportamiento colectivo.**

Analizar la morfogénesis de entidades colectivas, por ejemplo la de una ciudad, una matriz social, un país, una familia, puede dar pauta para comprender el problema de la forma si se pretende diseñar o transformar sistemas complejos que presenten una autorreferencia similar a éstos sistemas, tales como: objetos con materiales vivos, arquitectura genética e incluso sistemas de robots o autómatas.

La tarea de diseñar implica tener un propósito o finalidad y por consiguiente una perspectiva desde la cual se pueda distinguir si se logra o no ese propósito. El problema de la forma en los sistemas emergentes consiste en que éstos presentan una autorreferencia que los autoorganiza, y se deberá comprender esta explicación de la emergencia ya que de esto surge el significado que se le dará a la forma. En otras palabras esa forma, desde el punto de vista de un observador, significará una función. Por lo que se tiene un bucle de retroalimentación entre forma y función.

Como marco de referencia para observar a entidades colectivas a fin de comprender su forma se propone reflexionar sobre su autorreferencia y evolución como sistemas complejos adaptativos, así como la complejidad y los distintos niveles de observación en estos sistemas.

**Las entidades colectivas como sistemas complejos adaptativos (SCA):  
autorreferencia y evolución.**

Las sociedades humanas junto con sus objetos de uso y hábitats se transforman constantemente, autodiseñándose y autoorganizándose respondiendo al entorno y su necesidad de supervivencia en éste. Estos sistemas generan una especie de comportamiento cuando sus componentes interactúan entre sí dándose así el fenómeno de la emergencia.

La morfogénesis o transformación de las formas de los SCA puede leerse como análoga a la morfogénesis de los sistemas vivos, y está basada en gran parte a su autorreferencia. En términos de la biología, las nociones evolutivas y genéticas han tenido éxito en explicar o justificar el comportamiento en la historia de las sociedades, sin

embargo existe un reciente punto de vista de lo que es un ser vivo, en donde no se subordina al individuo a la conservación de la especie; en esta visión los sistemas vivos son explicados en términos de relaciones y no por las propiedades de sus componentes. Este tipo de organización se denomina autopoietica y puede aportar otras implicaciones sociológicas por la dependencia de la fenomenología biológica respecto de la organización del individuo. (Maturana, 2003)

Las entidades colectivas son formas vivas, como Wagensberg nos dice, el salto de lo inerte a lo vivo se da cuando la independencia del entorno (seguir permaneciendo a pesar de él) se consigue estableciendo un diálogo entre el objeto y la incertidumbre (cambios en el entorno) en la que está inmerso, cuestión esencial presente en los SCA sociales.

En los seres vivos, podemos deducir que también en los objetos autorreferentes como las entidades colectivas, en las etapas tempranas de su evolución, los determinantes morfológicos son los procesos epigenéticos influenciados por fuerzas externas que actúan sobre agregados celulares primitivos. Estos determinantes requirieron del estímulo directo dado por el medio ambiente para poder actuar como moldes morfológicos primitivos y todavía siguen actuando como factores causales del desarrollo. (Andrade, Eugenio, 2006). Tal vez podamos considerar a la cultura de una sociedad como determinante en la emergencia en las entidades colectivas. Los seres humanos somos seres sociales y dentro de las sociedades que formamos se genera la cultura, ésta atmosfera cultural se vuelve una semiosfera llena de signos y se puede considerar homóloga a la atmósfera terrestre, por eso la cultura podría considerarse como una segunda naturaleza donde de una u otra manera se está generando información.

Según Baldwin (1896), los organismos participan en la formación de sus propias adaptaciones. El ver la relación genotipo-fenotipo como mediada por el propio organismo permite replantear la paradoja inherente a esta relación propia de los sistemas complejos.

En la definición de “ser vivo” según Wagensberg (2004), resulta clave que la relación del individuo no se centra en la idea de adaptación sino de independencia. Y pone

de ejemplo que en la materia inerte, si se calienta su entorno inmediato, ésta aumenta la temperatura, es decir se adapta. Pero un ser vivo, tiende a reorganizarse para que su temperatura se mantenga como si en el entorno no hubiera ocurrido nada, cambia para que nada cambie.

El concepto de adaptabilidad del objeto autorreferente, es decir, del individuo colectivo que representa una entidad social como SCA, tiene el sentido de que la transformación se da para mantenerse independiente del entorno. “la clave es elegir la incertidumbre como la medida relevante del entorno. Lo esencial no es atender y responder a unas fluctuaciones concretas y determinadas del entorno, sino tener la elasticidad para encajar las fluctuaciones de un entorno en principio caprichoso e imprevisible. Resulta fácil inventar una máquina que anule los efectos de unas perturbaciones conocidas de antemano, pero resulta muy difícil que se defienda de la incertidumbre...un individuo progresa en un entorno si gana independencia con respecto al mismo”(Wagensberg, 2004) p.109.

### **La complejidad y los Niveles de observación en un objeto de diseño**

“El hombre, sus máquinas, sus redes de comunicación y monetarias son parte del ecosistema y forman parte, también, de sus diagramas energéticos y de información.”(Morín, 1994)

La complejidad es una característica importante para poder diseñar o rediseñar un objeto autorreferente, esta se puede presentar en diferentes grados en él, de acuerdo a ciertos atributos o cualidades que presenten éstos sistemas. Tales como:

- Nivel de conciencia de sí mismo.
- Cantidad de patrones que puede almacenar y manejar.
- Calidad y cantidad de vías de flujo de información.
- Capacidad de autorregulación.

- Habilidad estructural de transformación.
- Tamaño de frontera.

Entre más complejo, más adaptable o transformable, más universal= sistema más fuerte con capacidad de permanecer. Sin embargo, más difícil de controlar. Si se pretende direccionar a los sistemas autorreferentes, se deberán conocer o proponer los términos de su complejidad, sus procesos y organización, su estructura y programas, así como las formas o patrones que emergen de ello, teniendo en cuenta principalmente el objetivo a cumplir, es decir la función que se desea de dicho objeto o sistema.

### **El significado en los objetos que son sistemas complejos.**

Ahora bien, La comprensión de la forma tiene que ver con dos cosas: los objetos que comparten la forma y las formas que comparten función. Algunos objetos diferentes en muchos aspectos, tienen la misma o parecida forma. (Wagensberg, 2004).

Lo interesante a la hora de estudiar la relación entre forma y función es el bucle de realimentación que cada uno de estos factores conforman, el cual es el origen del que partimos al dar significado a las cosas: una forma nos significa cierta función así como también una función nos significa cierta forma, y esto aparte dependerá de los contextos.

Tendemos siempre a clasificar por analogías de lo que conocemos, por ejemplo (y a propósito de la autorreferencia) citemos Maturana y Varela: “La autonomía es tan obviamente un rasgo esencial de los seres vivos, que siempre que uno observa algo que parece autónomo, la reacción espontánea es considerarlo viviente”.

Para Jean Baudrillard, los objetos se pueden clasificar en casi tantos criterios como ellos mismos, pero destaca que de las clasificaciones más usadas están las que se dan por forma y función, cualidades inherentes al objeto, sin embargo no las más importantes ya que para él lo importante es tratar de entender más allá de éstas cuestiones “los procesos en virtud de los cuales las personas entran en relación con ellos y de la

sistemática de las conductas y de las relaciones humanas que resultan de ello” (pag2). De esto surge la idea de qué es lo que se puede considerar forma y función en un sistema colectivo, en un objeto autorreferente que es difícil delimitar en áreas concretas o unidades discretas, pues bien, en este tipo de objetos el comportamiento que exhiben y generen ante los estímulos del entorno es lo que será considerado como función, y los procesos internos entre los elementos que lo integran se denominará su forma.

Debemos tener en cuenta en los objetos el sistema al que pertenecen, sus subsistemas y macrosistemas. Para Baudrillard el sistema de objetos tiene como característica sus dos niveles, el de la denotación objetiva y el de la connotación (por los cuales el objeto es caracterizado, comercializado y personalizado hasta llegar al uso y entrar al sistema cultural) en la actualidad no son estrictamente dissociables. Es decir, en un objeto su connotación afecta sensiblemente a las estructuras técnicas. En un objeto autorreferente se debe tomar en cuenta que la connotación y la denotación objetiva, están intrínsecamente ligadas ya que si se transforma una, necesariamente se transforma la otra y esto claro está, alimentado por la información del entorno.

“los objetos tienen como función, en primer lugar, poblar el espacio que comparten y poseer un alma. La dimensión real en la que viven está cautiva en la dimensión moral a la cual deben significar. Tienen tan poca autonomía en este espacio, como los diversos miembros de la familia en la sociedad” (Baudrillard, 1969) (p 14).

Ahora analicemos cómo son las formas de una matriz social como un ejemplo de entidad colectiva (puede ser una matriz escolar, religiosa, familiar) y considerémosla como espacio físico y abstracto (mente y materia), con bordes borrosos por que se matiza con otras. Observemos cuáles son sus fronteras, que tan fuerte es, es decir cuál es su capacidad de transformarse, para seguir permaneciendo independiente del entorno como dice Wagensberg.

“Lo que existe, existe porque ha superado alguna clase de selección, superar una selección equivale a superar una prueba de compatibilidad con el resto de la realidad. Equivale a ganar una baza de permanencia. Llamaremos *función* a esa

ganancia. La función será el concepto estrella a la hora de comprender la emergencia... No se trata de la idea de función del lenguaje común, ni siquiera se trata de la idea de función que usan la matemática, la biología o la psicología. Es un concepto más amplio. Es un concepto que surge de pensar la realidad.”

(Wagensberg, 2004)

Hagamos el ejercicio sobre una matriz social, teniendo en cuenta lo que describimos como objeto autorreferente. Debemos decir que es lo que hace a una matriz social estabilizarse y se tenga homeostasis, y que se mantenga como sistema en un entorno. Tenemos entonces que su identidad será dada por su organización y la relación de sus componentes, es decir la manera en que se auto producen. Para un observador los otros elementos que la identifican (nube de información que son y que manejan sus componentes) pueden cambiar y transformarla así en otro tipo de matriz, pero lo que la mantiene permaneciendo es su organización del tipo autopoietica.

¿Qué tan fuerte es una matriz? Si puede adaptarse a su entorno y ser congruente a este, manteniendo interacciones es fuerte. Por lo tanto hay factores que ayudan a que se pueda dar esta habilidad para transformarse, ya que el entorno es cambiante: El tiempo es uno de los factores que hacen más fuertes los lazos que mantienen unida a la organización, entre más tiempo se mantenga estable, más fuerte. La cantidad y calidad significativa de componentes que la integran, la reflexión aquí es que si los objetos-cosas se consideran componente de las matrices, dada su condición de servir como prótesis de las personas, entonces vale decir de su poder de extender la frontera de la matriz, otro factor es que tan significativa sea cada uno de los componentes en otras matrices a las que pertenece simultáneamente, así como la cantidad de éstas. En el caso de las personas que tanta comunicación o redes de comunicación tiene para que fluya su información.

Observemos también algunas características que poseen las urbes, un tipo de objeto autorreferente, además, una matriz social macro:

- Es un sistema del orden complejo. No predicables. (bucle autorreferente)

- Su forma no está definida, y se encuentra en una dinámica constante de transformaciones que responden al entorno., el cómo responde dependerá de la información contenida dentro del mismo objeto.
- Su identidad se la da la forma (patrones de comportamiento y estructura).
- La identidad se va formando por un proceso recursivo de los axiomas (condiciones iniciales) que lo generan y por las experiencias que va teniendo en su ontogenia.
- La información del medio es interiorizada y se vuelve parte del sistema.
- Al modificarse o perturbarse sólo un elemento del sistema. se reconfigura a sí mismo.
- El control sobre ellos sólo se da de manera indirecta.
- Sus componentes son distinguibles y categorizables por la función que desempeñan en el sistema.
- El procesador de información, manera de interpretar la realidad, esta distribuido uniformemente entre los componentes capaces de distinguir e interpretar patrones inteligibles para la totalidad que generan, es decir, el imaginario urbano de las personas que lo integran.
- Posee interfaces que permiten el flujo de información con su medio y entre sus componentes. (catalizadores, medios, contenedores o transportadores de información, vías, redes, sensores, sentidos). Formas de percepción.

**Conclusión: Reflexiones sobre el diseño de objeto autorreferente como SCA.**

“La nueva independencia resulta que cuando la incertidumbre apriete, se renuncie a la identidad y seguir vivo con otra.” (Wagensberg, 2004)

Para diseñar un objeto autorreferente se requiere visualizar los criterios que se quiere que cumpla su identidad, determinar qué función cumplirá en el sistema superior y como lo perturba, es decir, determinar a través de que componente o componentes se establecerá la perturbación que le dará identidad al sistema y posteriormente lo transformará. (Cómo le introduciremos la información que lo transformará).

¿Qué tan complejo debe ser un objeto que se desee crear? Dependerá de la incertidumbre que presente su entorno y lo que le pueda perturbar, cabe considerar que los imaginarios y los símbolos son entes que también se consideran perturbaciones. El símbolo y el significado de las formas hay que tomarlas en cuenta.

- Mayor complejidad implicará mayor flexibilidad así como menor control.
- Habrá que determinar qué elementos pueden ser inteligibles e interiorizables al sistema (programa, perturbaciones, atractores, condiciones iniciales)
- El nivel de observación. Para poder distinguir y explicar al SCA.
- Función de cada componente de acuerdo al sistema que genera.
- Determinar la apertura adecuada por donde se puede hacer que el objeto interiorice perturbación.
- Lenguaje o códigos a utilizar.
- Considerar en los objetos el factor tiempo en flujos de información.
- Determinar y considerar las capacidades y límites de la estructura.
- Los límites de la dinámica de la organización...cuando el sistema “muere”
- Proyección o simulación de posibles estados de la forma de acuerdo a los patrones que presenta el comportamiento, así como la influencia que estos tienen en el objeto como experiencia.

El paradigma del diseño en estos objetos puede consistir ahora en cuestiones de programación, introducir perturbaciones al sistema proponiendo atractores, así como reconocer patrones de experiencia del sistema. Tener empatía con el sistema que perturbará.

### *2.2.2.El objeto significativa*

Los objetos de uso, la tecnología con la que interactuamos e incluso nuestras viviendas y edificios nos significan en mayor o menor medida. Son materialidades que contienen información que necesitamos para comprender y sobrevivir en un entorno. Sin embargo no todos los objetos nos interesan a pesar de que estamos en contacto con ellos, en la medida en que un objeto nos represente y nos haga identificarnos de un entorno adquiere una importancia para nosotros y hace que deseemos poseerlo y apropiarnos de ello.

Esto adquiere relevancia importante en las disciplinas del diseño, ya que entender estos procesos en los que un objeto adquiere significado importante para las personas, puede dar una guía de las características que deben imprimir en la materialización de una propuesta de diseño.

¿Qué es un objeto significativa?

Haremos la acotación de cómo se está entendiendo al objeto. Éste tiene dos maneras de ser inteligible al sistema: como objeto físico y como concepto. Es decir que un

mismo objeto puede describirse en estos dos niveles, el de la naturaleza de su materialidad, así como lo que denota como símbolo.

Reflexionemos acerca del por qué a los seres humanos nos interesa apropiarnos de los objetos en el amplio sentido de la palabra, la respuesta tal vez este en tres razones principales: las emociones que nos pueden brindar, tenemos que somos seres susceptibles a las emociones, nos gusta sentir, dependemos de ello y aunque tendemos a inclinarnos por lo que nos causa gozo, las emociones negativas también nos provocan; otra razón por la cual deseamos poseer a los objetos es conocer la realidad en la que estamos inmersos, y por último y no menos importante es que tenemos a los objetos como extensiones de nosotros mismos que nos proporcionan cierto poder de reducir y controlar la incertidumbre del entorno.

No termina aquí, lo que hay que considerar del significado de los objetos, no es qué características le dan significado, sino cuándo se lo dan y lo más importante, desde la interpretación de quiénes.

Los humanos tenemos la destreza de buscar y encontrar patrones en el medio en donde nos desenvolvemos, por ello tendemos a categorizar todo lo que percibimos con las experiencias. Así mismo, la capacidad de ser conscientes de nosotros mismos y de los demás, así como la habilidad de crear en imaginarios situaciones futuras a partir de los conceptos y categorías que almacenamos, nos da pauta para tener “funciones” fundamentales para crear o dar significados a los objetos: la analogía.

En los estudios observamos cómo por medio de la analogía podemos ser capaces de concebir estados futuros de nuestros sentimientos y emociones.

Es por ello que a continuación se presenta un postulado que se denominamos *umbral del objeto significativo*:

#### Umbral del objeto significativo

Un objeto y su concepto, será interiorizado y apropiado, es decir, dará significado, cuando pasa una barrera o umbral invisible el cual tiene este proceso:

► *La apropiación de un objeto al acervo significativo de un sujeto se da en el momento en que este individuo entra en contacto (físico o conceptual) y percibe de una manera real a un objeto y es capaz de imaginar, a través de analogías con sus experiencias adquiridas, las emociones que le puede proporcionar y así lo categorizará en un nuevo concepto que le puede provocar empatía o apatía, generándole entonces una identidad que se permea a ciertas matrices a la que el sujeto pertenece.*

Ahora bien, ¿Cuál es el atractor o atractores que nos hace observar y detenernos a empezar a imaginar acerca de un objeto? ¿Qué tanto nos perturba y que factores influyen en ello?

Propongamos a la complejidad del objeto significativo como clave, la cual consiste en la cantidad y calidad de atributos o condiciones para crear analogías y puede ser observable a través del objeto y del sujeto.

#### Atributos de la información significativa

<b>Objeto</b>	<b>sujeto</b>	<b>atributo</b>
---------------	---------------	-----------------

(estética perceptual)	Síntomas de comportamiento	Las condiciones para crear analogía
-----------------------	----------------------------	-------------------------------------

El atributo tiene gradientes en donde la calidad y cantidad de éstos, significará mayor o menor significado.

La fuerza de una analogía es proporcional a su precisión y evidencia y los elementos que nos pueden indicar la complejidad del objeto significativo pueden ser:

Cantidad de signos y símbolos

Número de sentidos que perturba

Lazos afectivos

Tiempo de interacción

Entre más lazos emocionales se tengan con el objeto o sujeto es más fácil que la información se permee. Si su código es más fácil de leer e interpretar, por lo que su significancia será mayor.

El tiempo de contacto con el concepto aumenta o disminuye su empatía y siempre aumentara el significado (gusta o harta).

Por lo tanto, a la hora de diseñar es muy importante la significancia que se dará al objeto, ya que esto generará reacciones que influyan en su permanencia o éxito, lo que analizamos y proponemos como atributos significantes son factores que dan una guía de las estrategias a tomar cuando se diseñe cualquier tipo de objeto.

### *2.3. El diseñador como observador y su quehacer profesional.*

La tarea de diseñar implica tener un propósito o finalidad y por consiguiente una perspectiva desde la cual se pueda distinguir si se logra o no ese propósito. El problema de la forma en los sistemas emergentes consiste en que éstos presentan una autorreferencia que los autoorganiza, y se deberá comprender esta explicación de la emergencia ya que de esto surge el significado que se le dará a la forma. En otras palabras esa forma, desde el punto de vista de un observador, significará una función. Por lo que se tiene un bucle de retroalimentación entre forma y función.

El diseño es el hilo conductor en los quehaceres de las creaciones tecnológicas del hombre, como son el urbanismo, la arquitectura, el diseño de producto, de interface o gráfico es el diseño, en todas estas disciplinas se aplica. El diseño es una disciplina, que conjuga elementos de tal manera que genera la emergencia de un objetivo.

El enfoque sistemático del diseño ofrece un privilegiado punto de vista, ya que permite entender al objeto de estudio como en sistema y así poder resolver problemas o lograr objetivos de una forma estratégica.

Por todo esto, se plantean nuevos paradigmas en la profesión del diseño:

- El diseño no se concentra tanto en la forma, sino en la “programación”.
- En las nuevas tendencias, el profesional de diseño ya no debe pensar en formas y funciones de un artefacto, sino en el proceso e interacciones continuas en el

sistema que genera el uso de las cosas y espacios, proceso que por cierto, tiene una naturaleza “biológica”.

- La observación del objeto se deberá hacer en distintos niveles y disponer de los elementos de acuerdo a los objetivos.
- La información es clave, ya que ahora toman relevancia los procesos que generan conductas.

¿Se solucionan productos (de cualquier índole)? ¿O se solucionan problemas con productos? La postura es que son ambas cosas, aquí la cuestión es el enfoque o nivel en que esté trabajando un diseñador.

#### *2.4. Métodos y técnicas de diseño.*

Al inicio del proyecto el diseñador industrial debe, a través de una **metodología** adecuada, proponer un **método** para el desarrollo de su proyecto de diseño, así como también las **técnicas y enfoques** para diseñar de acuerdo al problema que desea solucionar y la naturaleza de su proyecto. La tarea de diseño no es rígida, ni estrictamente metódica, más bien, de acuerdo al contexto y al tipo de proyecto se deben hacer adaptaciones basadas en modelos de métodos.

Esto es relevante para cualquiera que pretenda diseñar con intención. Antes de continuar daremos un breve marco teórico de los métodos y técnicas de diseño, no dejando de mencionar la metodología de investigación, ya que esta está íntimamente relacionada en el proceso de diseño, más aún en el paradigma que lo enfoca al manejo de información y datos.

De las definiciones comunes de diccionarios y basados en el libro de Luis Rodríguez (Rodríguez Morales, Diseño estrategia y táctica, 2006) acotemos lo siguiente:

¿Cuál es la diferencia entre método, metodología y técnica?

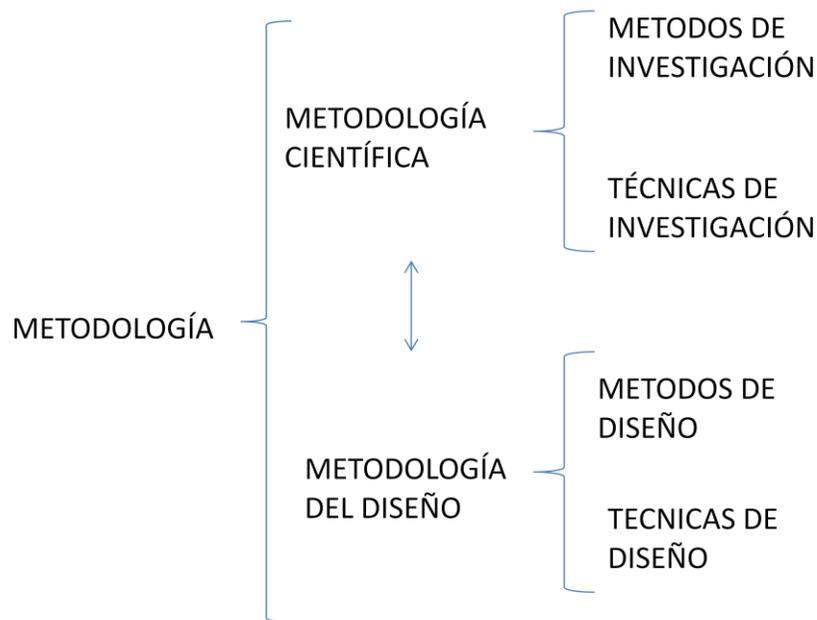
**Metodología.** - *Esfera de la ciencia que estudia los métodos generales y particulares de la investigación científica, así como los principios para abordar diferentes tipos de objetos de la realidad y las distintas clases de teorías científicas.*

**Método.** - *procedimiento para la acción práctica y teórica del hombre que se orientan a asimilar un objeto. /Vía o procedimiento. A través del tiempo, el ser humano ha buscado diversos “modos” de proyectar objetos.*

**Técnica.** - *Sistema de objetos creados por el hombre y que son indispensables para la realización de su actividad. La técnica es creada con base en el conocimiento y la utilización de las fuerzas y leyes de la naturaleza y se plasma en ella las funciones y hábitos de trabajo, la experiencia del hombre/Maestría, arte. /Las técnicas serían entonces aquellas habilidades o conocimientos adquiridos por la industria y las necesidades del usuario para crear objetos.*

Luís Rodríguez Morales, hace la diferencia de una manera muy sencilla de comprender haciendo una analogía con “la guerra”. Dice que los métodos vendrían siendo

las *estrategias* “para la guerra” y las técnicas serían las *tácticas* para ser utilizadas en esta.



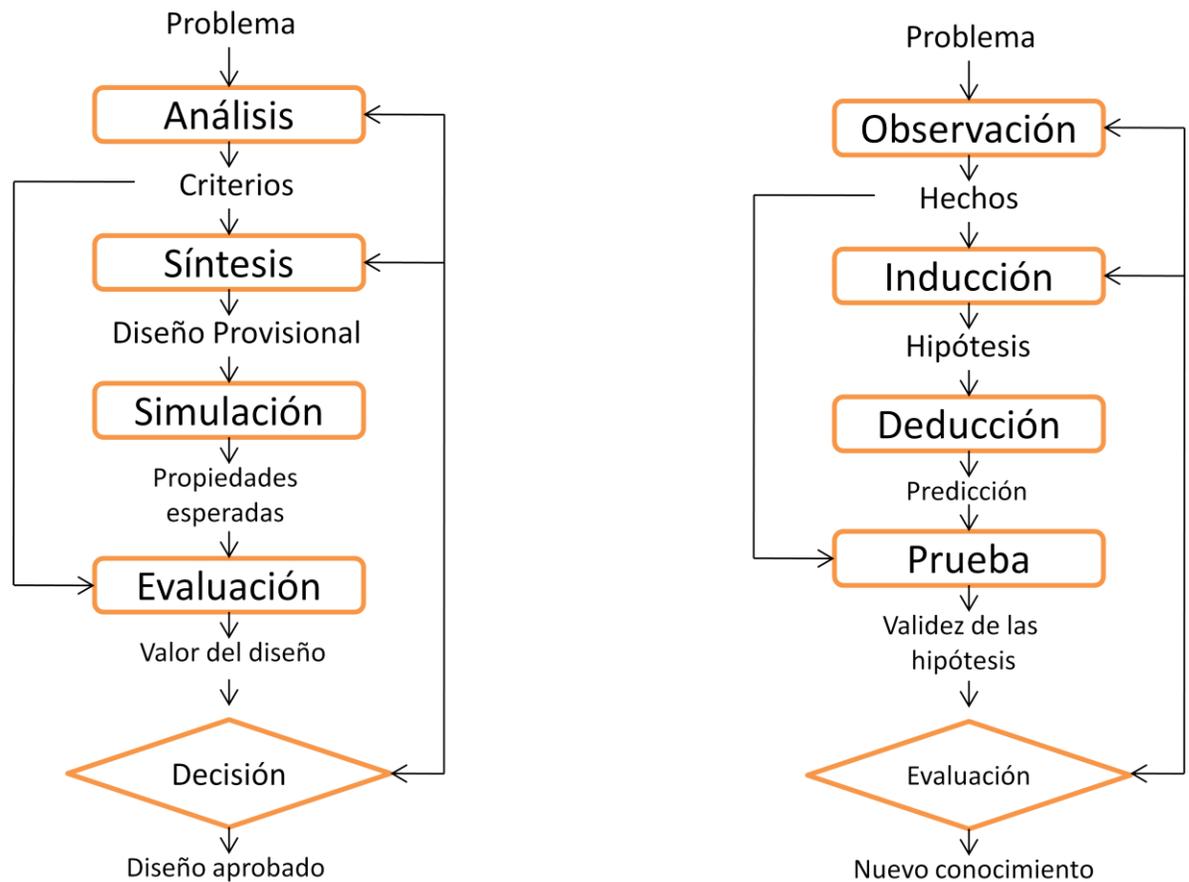
**LAS TÉCNICAS DE PENSAMIENTO CREATIVO SE APLICAN EN TODOS LOS PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS DE LAS METODOLOGÍAS**

Ilustración 13 Fig. 1 cuadro sinóptico de los métodos y técnicas que intervienen en una metodología para el desarrollo de un proyecto (Elaboración Liliana Sosa)

Como vemos en el cuadro de la Ilustración 13, la metodología de investigación científica y la metodología del diseño, son distintas, cada una tiene sus particularidades específicas, en la metodología de diseño, el enfoque está dirigido a la creación de objetos tangibles, pero para lograr este objetivo debe echar mano de la metodología de la investigación. No quiere decir con esto, que la disciplina del diseño no sea capaz de lograr construcción de conocimiento, esto dependerá del nivel de abstracción que se pretenda realizar (ver Ilustración 12, pág71).

También es importante resaltar las equivalencias entre el proceso del método científico y el proceso de un proyecto tecnológico. (Ver Ilustración 14, pág.96). aquí es

importante observar que de hecho, por ejemplo, tan sólo en la etapa de análisis del proceso de diseño, puede entrar perfectamente bien todo el proceso del método de investigación científica y sus técnicas, por lo que si se quiere diseñar un producto o edificio, de cualquier manera no se podrá desligar de la necesidad de contar con información y conocimientos acerca del problema.



### El proceso de diseño según Roozenburg y Eekels

Ilustración 14 : Equivalencias del proceso de diseño y el método científico. Fuente: (García Melón, y otros, 2010)

Los procesos y herramientas que se utilizan para llevar a cabo proyectos de diseño son inspirados del método científico. El proceso de diseño y el proceso de investigación, se encuentran íntimamente imbricados para la solución del proyecto de diseño pero es importante distinguirlos para su óptima y eficaz aplicación en todo el proceso del diseño.

Así mismo nuevas prácticas metodológicas se están integrando al diseño en respuesta a las transformaciones de la práctica del diseño.

Para el diseño tradicional de los objetos, también es útil enfocar la metodología utilizada en la etapa del ciclo de vida en el que se encuentra, ya que esto da un punto de vista distinto que puede dar pauta a la elección correcta de las técnicas. Veamos la propuesta que hace Martín Juez (Martín Juez, 2002), en la Ilustración 15, basada en lo que él dice.



Ilustración 15 Ciclo de vida de un objeto (Martín Juez)

El criterio del diseño metodológico lo da la naturaleza de cada proyecto. Se debe hacer un mapa de métodos y técnicas para los proyectos de diseño.

Este modelo propuesto de acuerdo a cada proyecto, deberá ser una guía orientativa para conocer qué método se utiliza, su enfoque, sus fases y en cuales de ellas se pueden aplicar las distintas técnicas. En la Ilustración 16 y en la Ilustración 17, se muestran unos ejemplos de esquemas metodológicos que se pueden utilizar para el desarrollo de productos de diseño industrial.

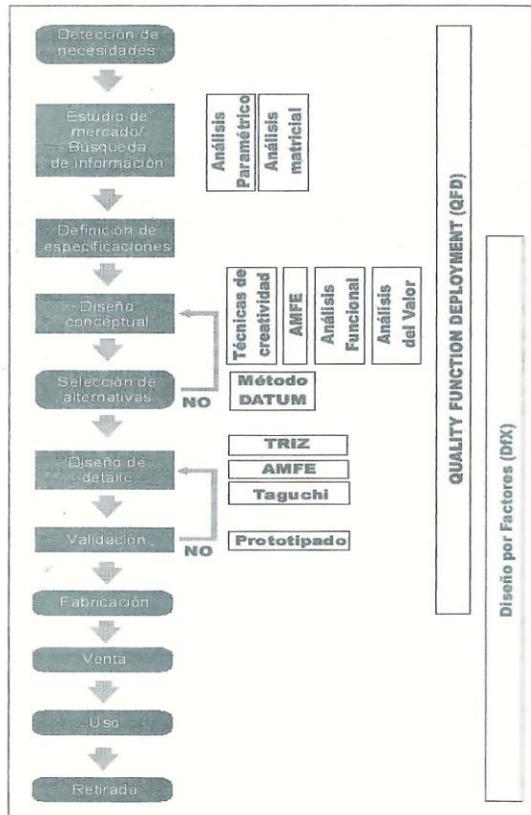
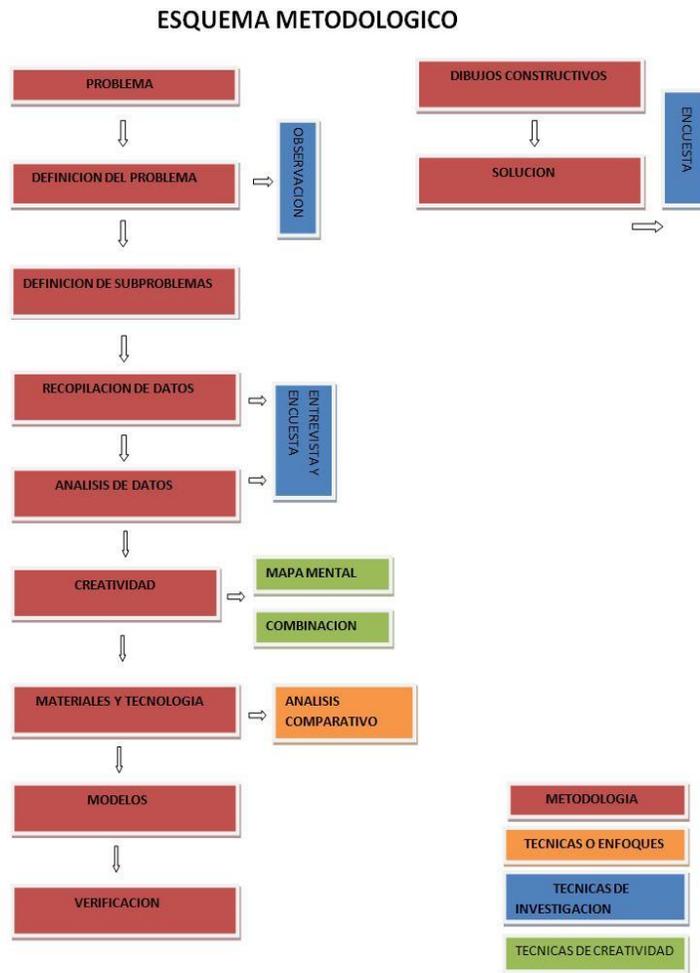


Ilustración 16: Ejemplo de esquema metodológico según Jorge Alcaide en su libro *Diseño de productos, Métodos y técnicas* (Alcaide, 2004).



**Ilustración 17 : Ejemplo de esquema metodológico, propuesto por alumnos de tercer semestre de la Lic. En Diseño industrial.**

Existen varios modelos importantes de métodos tradicionales de diseño, cada uno de sus autores aporta distintos ángulos desde los que se puede atacar un problema de diseño y la manera de hacerlo. Estos modelos son muy útiles para cualquier proyecto de diseño, el proyectista se puede apoyar en ellos para complementar su propia metodología. En la Ilustración 18, se hace una breve síntesis de algunos modelos de

métodos de diseño, en donde se puede observar la idea principal de cada uno de ellos, así como referencias de para qué tipo de proyectos sería útil.

	RITTEL	ALEXANDER	BAUHAUS	ULM/GUGUELO T	BONSIEPE	VIAJES UNIVERSALES	MUNARI	JONES	ASIMOW
IDEA PRINCIPAL DEL MÉTODO.	Dividir el PROCESO en pequeños pasos	Dividir el PROBLEMA en subproblemas. Contextualizar.	Síntesis estética mediante la unión de técnica y arte	La etapa del diseño "científico" en Ulm buscó una revisión de diversos conocimientos científicos	Proponía una solución con un modelo del proceso de diseño orientado a la práctica	Para aquellos que buscan soluciones y una guía de sistemas flexibles para el proceso del diseño.	Evita el inventar la rueda con cada proyecto y plantea sistematizar la resolución de problemas	En el método de caja transparente el proceso se abre para incluir varias posibilidades, siendo las ideas repentinas del diseñador tan sólo un caso particular.	Consiste en la recolección, manejo y organización creativa de información relevante de la situación del problema
PROS/VENTAJAS	Secuencia lógica y sencilla de seguir.	Estructura y simplifica el proceso de diseño excelentemente	Invita a la reflexión profunda del por que de un objeto, para dar solución a esa necesidad.	Enfocado a la compañía y se apoya en conocimientos científicos	Numerosas aproximaciones y retroacciones (feedback) que impiden una configuración lineal de la solución de los problemas de proceso en cuestión.	La resolución de problemas es un conjunto de procedimientos de carácter recursivo.	Incluye en su método los procesos de la actividad proyectual como modelado y dibujos constructivos	Secuencia sencilla y lógica en donde los objetivos están establecidos de antemano	Describe la totalidad del proceso del diseño. tiene carácter interactivo
LIMITANTES	Sólo se pueden solucionar problemas muy simples, abarca sólo una etapa del objeto.	No define bien el proceso de solución de subproblemas. (debe combinarse con otros métodos) El cliente no siempre sabe lo que quiere.	Le falta racionalidad al proceso. Tal vez poco factible en series demasiado grandes.	Pone en primer lugar a las propiedades con las que cuenta la compañía o empresa.	Retrabaja en etapas y tarde más el proceso por no contar con un enfoque simultáneo.	Modelos generales que requieren contextualizar a cada problema particular.	Implica una serie de pasos extensa y no aplicable a cualquier producto.	La evaluación cualitativa en ciertas etapas por el diseñador queda limitada.	Requiere forzosamente un enfoque multidisciplinar que requiere de varios expertos en distintas áreas

Ilustración 18: Síntesis de algunos modelos de métodos de diseño, elaboración propia.

Así mismo, en la Ilustración 19, pág. 101, observamos una síntesis similar de las técnicas y enfoques para diseñar, es una comparativa de herramientas útiles para obtener información y orientar proyectos de diseño y, al igual que con los métodos, la elección de las más adecuadas, dependerá del objetivo que se persigue.

	QFD	TRIZ	Ecodiseño	Generación de escenarios	DFX	Mapas mentales	Análisis comparativo	Secuencia de uso	Ingeniería inversa	Ingeniería concurrente
IDEA PRINCIPAL	Busca focalizar el diseño de los productos y servicios en dar respuesta a las necesidades de los clientes.	Existen principios universales de invención que son la base para las innovaciones creativas y avances tecnológicos.	Se define como el examen sistemático de los resultados de diseño con respecto a la salud ambiental.	La actitud del pensamiento prospectivo.	Familia de técnicas cuyo objetivo común es la consideración, en las primeras fases del proceso de diseño, de los factores del entorno del proyecto de producción.	Visualizar la exploración de un problema.	Estudio de la competencia, sirve para conocer los aspectos que se esperan el diseño contenga y cubra.	Llevar a cabo las acciones implícitas en el uso de un objeto.	Obtener información a partir de un producto accesible al público, con el fin de determinar de qué está hecho, qué lo hace funcionar y cómo fue fabricado.	Es el esfuerzo sistemático para un diseño integrado, concurrente del producto y de su correspondiente proceso de fabricación y de servicio
PROS/VENTAJAS	Transmite los atributos de calidad que el cliente demanda a través de los procesos organizacionales.	Los principios de innovación así como los parámetros de contradicciones permiten cimentar las bases para la innovación sistemática.	Enfoque que orienta los objetivos de sustentabilidad en el ciclo completo de vida del producto.	Permite orientar las estrategias de diseño para escenarios futuros visualizando las tendencias en torno del problema.	Cada una ofrece una forma particular de atacar áreas de oportunidad concretas en los productos.	Permite organizar las ideas y pensamientos, propiciando hacer conexiones y relaciones en los factores a estudiar.	Se detectan las áreas de oportunidad para ofrecer ventajas competitivas en los productos de diseño.	Se pueden generar ideas a partir de la detección de problemas analizado las acciones en donde intervienen los objetos y tiene un enfoque muy antropológico.	Resulta útil al intentar conocer al detalle productos existentes para así proponer mejoras en las tecnologías.	Pretende que los desarrolladores, desde un principio, tengan en cuenta todos los elementos del ciclo de vida del producto, desde el diseño conceptual, hasta su disponibilidad.
LIMITANTES	Requiere herramientas que complementen el estudio de los clientes.	Se enfoca en contradicciones físicas y técnicas, dejan poco de lado los atributos cualitativos y expresivos en los objetos.	Frecuentemente intervienen y dificulta su desarrollo intereses externos a la gestión del diseño.	Puede llegar a ser bastante subjetivo y sólo se darán aproximaciones de la realidad futura.	Si se enfoca el producto a uno o pocos factores, se puede incurrir en una falta de soluciones integrales en el diseño	Si el problema es demasiado complejo se dificulta plasmarlo de una sola vez y las conexiones pueden volverse confusas.	Se basa mucho en los análisis hechos por la competencia. La evaluación puede volverse subjetiva.	Se basa sólo en el usuario, y se puede correr el riesgo de proponer algo que ya se ofrezca por la competencia. Se requieren habilidades de observación...	Se debe tener cuidado en no imitar lo analizado y violar los derechos de autor.	Precisa del trabajo coordinado y simultáneo de los diversos departamentos de la empresa.

**Ilustración 19. Cuadros comparativos de técnicas y enfoques del diseño, en donde se comparan las ideas principales de cada uno, así como sus ventajas y limitantes. Elaborados por Liliana Sosa C.)**

Estos métodos y técnicas aunque son muy útiles, dejan como área de oportunidad las estrategias a seguir a la hora de hacer diseño desde un punto de vista sistemático, en donde se quiera generar comportamientos apoyándose con objetos.

Analizando estos modelos, nos podemos dar cuenta de que siguen una pauta general que puede sugerir cierto patrón, vemos que la investigación y la obtención de información del entorno, no se debe desligar del proceso de diseño.

Desde el punto de vista de la práctica de diseño en donde se desee generar emergencia orientada a un fin específico, no se debería apartar del proceso la retroalimentación de información que hay con el entorno, que es lo que se quiere modificar. Pasa a ser éste parte activa del objeto de diseño, ya que emitirá una reacción que a su vez lo modificará, por lo tanto modificará a sus componentes. Se suscita una autoorganización. Esto además, sin dejar de lado al diseñador que procesa datos. Como observamos es una red compleja lo que se debe considerar, la cual involucra elementos importantes en la tarea de diseñar: las tecnologías y las sociedades, en función de las leyes de la naturaleza.

Dentro de un modelo de diseño que sirva para diseñar objetos-sistema y generar conductas, además de utilizar el apoyo técnico que ofrecen los modelos y técnicas de diseño para crear tecnologías y artefactos, deberá estar inspirado en el comportamiento y leyes de los sistemas complejos adaptativos, por lo que en sus estrategias y métodos, los datos deberán relacionarse y considerarse como parte de lo que se diseñará y tener en cuenta también la retroalimentación dentro del sistema y subsistemas.

Por esto, factores relevantes y herramientas útiles para diseñar serán el saber de la dirección de los sistemas, la autoorganización en los objetos, la tipología de redes,

antropología social, funcionamiento en sistemas biológicos, manejo de información y comunicación, lógica de los sistemas, entre otras cosas.

### *2.5. La dirección de los sistemas*

Para poder pretender diseñar y transformar sistemas, además de tener resuelto el objetivo y conocer el funcionamiento y estructura del sistema, es muy importante saber qué puntos o componentes del sistema son vulnerables para ser manipulados por el diseñador y las maneras más eficaces de hacerlo para direccionar al sistema hacia el fin que se desea. Direccionar al objeto-sistema hacia con un propósito es a fin de cuentas el diseño en ellos.

Al estar hablando de objetos y sistemas que tienen como propósito servir al hombre, quien vive en sociedades, es esencial saber qué impulsa sus comportamientos, además que éste comportamiento en sí mismo, puede ser modelo de cómo diseñar, ya que las sociedades son sistemas complejos adaptativos también. Si nuestro interés es diseñar a través de información contenida en edificios, tecnología o artefactos, no debemos olvidarnos de la relación que como seres humanos tenemos con ellos, cómo es que los creamos, el porqué de su existencia, como nos los apropiamos e interfieren en nuestro modo de ser y pensar: “los temores y los sueños, las penas y las alegrías, las ideas y las creencias, los intereses y las dudas, los caprichos y las envidias, los recuerdos y las ambiciones, los arrebatos de nostalgia o de empatía, los sentimientos de culpa y los destellos de genialidad, ¿desempeñan algún papel en el mundo de los objetos físicos? ¿Poseen estas abstracciones algún poder causal? ¿Pueden poner en marcha alguna

cosa o son meras entelequias?¿Puede ser un difuso e intangible <<yo>> dictar el comportamiento de objeto físicos concretos, tales como electrones o músculos (o libros, como es el caso)?.(Hofstadter, 2009)p. 55

Esto sugiere que el imaginario individual y colectivo, puede considerarse el razonamiento o procesamiento de información interna y externa que el sistema social hace para retroalimentarse a sí mismo, creando un bucle autorreferente, dando como resultado objetos componentes que lo hacen de cierta forma. Por lo tanto, los estudios antropológicos para el diseño, resultarán una valiosa herramienta para poder interpretar y distinguir cada uno de los componentes del sistema que se diseña. Estos estudios se deberán orientar a conocer las consecuencias de los sucesos que transcurren dentro del sistema, para poder predecir en buena medida si se conseguirá el fin deseado con la introducción diseñada de elementos y atractores.

#### 2.5.1.Generación de escenarios y Simuladores

Prever estados futuros para reducir incertidumbre es una de las cosas que se ha perseguido durante mucho tiempo, la razón es sencilla, al saber los fenómenos que acontecerán ante los estados presentes, se puede vislumbrar un escenario, si éste no resultara conveniente, se pueden detectar y determinar acciones que cambien tal estado. En otras palabras, se podrán manipular elementos clave para diseñar una forma futura. Reproducir virtualmente el comportamiento de un sistema, es esencial para diseñar objetos –sistema, la informática ha desarrollado este campo exitosamente. Lo importante

aquí es que los elementos y componentes de nuestro objeto, sean traducidos adecuadamente en los programas, las condiciones iniciales y los algoritmos que intervienen los cuales son parte también del sistema. El comportamiento de los sistemas complejos adaptativos sigue patrones de comportamiento y bajo este enfoque se pueden determinar ciertas estrategias para diseñar, el qué función o rol tienen los componentes del sistema tendrá que ser determinado por el diseñador. Así mismo, la particularidad de cada caso deberá estudiarse con apoyo y sustento en dichas teorías o bien con simuladores específicos y establecer así las propuestas.

En el campo de las sociedades, la historia de los sucesos y sus consecuencias nos sugieren en buena medida los posibles estados futuros de cualquier situación de acuerdo a su estado actual. Es por ello que la herramienta de generación de escenarios resulta muy útil para direccionar los sistemas. Esta técnica, ya usada para el diseño de objetos, se puede aplicar también para predecir los estados futuros de un sistema emergente.

La generación de escenarios es una técnica que brinda un pensamiento prospectivo, para explorar tendencias; es un apoyo para la propuesta de estrategias de operación por la visión que ofrece. Establece visiones a un proceso coherente. Hay que ser cautos con la aplicación y realizarse bajo marcos teóricos y referenciales válidos, tampoco se debe perder de vista que es una técnica interpretativa.

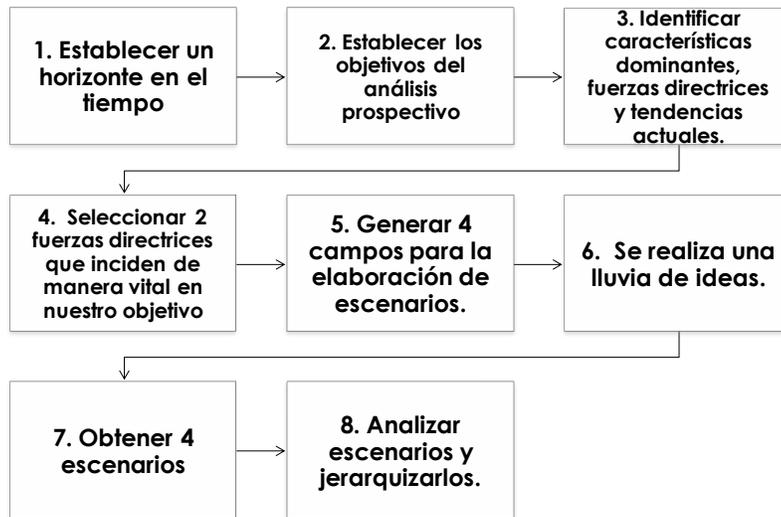


Ilustración 20: Pasos a seguir para la generación de escenarios.

## 2.6. Autoorganización en un objeto

La autoorganización en los objetos es algo de lo que ya se ha estado hablando en puntos anteriores, sin embargo, dentro de la parte del diseño es importante recordar que éstos objetos que se pretende diseñar, actúan en función de ellos mismos, su objetivo es permanecer, su fin es seguir haciendo para lo que están programados, el diseñador pasa a ser un observador de segundo orden, que le puede asignar una forma, función o comportamiento desde su punto de vista, aunque este no sea equivalente para el punto de vista del sistema que se autoproduce. Aquí lo interesante es que el diseñador sabiendo la dinámica y componentes del sistema sepa cómo cuando y cuales elementos manipular para que su objeto de diseño llegue a su objetivo:

**Los programas:** Los algoritmos recursivos que hacen que el sistema se reproduzca.

**Atractores:** pueden ir dentro o fuera del sistema, pueden atraer o repeler para conseguir una forma, función o comportamiento.

**Estesis:** la apertura del sistema que puede aprovecharse para introducir información al conocer como se da en el objeto, que es por lo general lo que equivale a los sentidos.

**Efecto virus:** este fenómeno puede ser aprovechado por el diseñador para desarrollar el objeto y hacer que este se transforme pero también que tenga las armas para evolucionar y hacerlo inmune a posibles amenazas. “Lo ajeno correspondería a virus de ordenador, usuarios no autorizados o códigos extraños. Idealmente, este sistema debería poseer cierto grado de adaptación y capacidad, no solo para detectar nuevos intrusos, sino para poseer una memoria interna de anteriores ataques” (Solé, 2009)-

También puede usarse para fomentar la generación de nuevas estructuras y controlarlas: “Podríamos afirmar que cualquier sistema complejo que posea un contenido de información lo bastante elevado y la capacidad de explotar recursos externos para sobrevivir será susceptible de ser parasitado por alguna entidad de menor complejidad, incapaz de emplear eficientemente los mismos recursos pero capaz de extraerlos de su sistema huésped. “(Solé, 2009)

## PARTE 2: LA CONFIGURACIÓN Y AUTORREFERENCIA EN LOS SCA

### 3. CAPÍTULO 3: LOS SISTEMAS BIOLÓGICOS.

#### 3.1. *Sistemas vivos*

Como primer análisis de los tipos de sistemas complejos adaptativos consideramos en primer término a los sistemas vivos, es decir, sistemas regidos por leyes naturales y universales que exhiben en sí mismos de manera muy reveladora los mecanismos de las dinámicas que los hacen ser.

Un enfoque reciente de lo que es la vida y cómo se concibe en términos de organización y sistemas, la dan los autores chilenos Maturana y Varela en su obra “de máquinas y seres vivos” (Maturana, 2003) Los autores en su trabajo tratan de explicar que define a un ser vivo y a lo largo de éste dan una definición clave para dicha explicación: autopoiesis. Para ellos los seres vivos son máquinas autopoieticas

La autopoiesis (del griego αυτο-, auto, "sí mismo", y ποιησις, poiesis, "creación" o "producción"), es un neologismo propuesto en 1971 por los biólogos Humberto Maturana y Francisco Varela, para designar el tipo de organización de los sistemas vivos. Se define a grandes rasgos como la capacidad de los sistemas de producirse a sí mismos.

Comparan a los seres vivos con máquinas y sostienen que son autopoieticas que definen así: “una máquina autopoietica es una máquina organizada como un sistema de procesos de producción de componentes concatenados de tal manera que producen componentes que: i) generan procesos (relaciones) de producción que los producen a

través de sus continuas interacciones y transformaciones, y ii) constituyen a la máquina como una unidad en el espacio físico”. Tales máquinas son homeostáticas y toda retroalimentación es interior a ellas.

Vale la pena puntualizar las características de los sistemas biológicos que describen éstos biólogos y posteriormente reflexionar sobre lo que esto puede aplicarse en un modelo de diseño:

Los sistemas autopoieticos son sistemas homeostáticos que tienen a su propia organización como la variable que mantienen constante.

- Las máquinas autopoieticas son autónomas, es decir, subordinan todos sus cambios a la conservación de su propia organización.
- Las máquinas autopoieticas poseen individualidad.
- Son definidas como unidades sólo por su organización autopoietica.
- No tienen entradas ni salidas. Pueden ser perturbadas por hechos externos y experimentar cambios internos que compensan esas perturbaciones.
- Lo que pasa con ellos en el fenómeno de la convivencia con otros, surge y se da en ellos en y a través de su realización individual como tales entes autónomos.

Los seres vivos, son sistemas están abiertos a su medio porque intercambian materia y energía pero simultáneamente son sistemas cerrados operacionalmente, pues

sus operaciones son las que lo distingue del entorno. No obstante, son autónomos en sus operaciones debido a la capacidad que tienen los sistemas de reaccionar a los estímulos del medio que lo rodea.

Ahora bien, ¿Qué dice esto para quien pretenda diseñar un sistema similar?, en primer lugar saber que un sistema emergente posee autonomía, el control por lo tanto es indirecto, en un sistema así, los cambios pueden ser manipulados a través de estímulos planeados y también por medio de la programación o reprogramación, considerando que el sistema no tendría en cuenta el objetivo del punto de vista del diseñador, sino la permanencia y fortaleza de sí mismo.

De los seres vivos, Maturana nos dice que somos sistemas en la estructura y como tales, todo lo que nos ocurre surge en nosotros como un cambio estructural determinado también en nosotros en cada instante según nuestra estructura de ese instante. Por lo que los estados actuales o condicionantes iniciales son determinantes en su evolución.

También es importante que el diseñador como observador considere la fenomenología que se dé en las interacciones con otros sistemas o entornos será consecuencia y repercutirá en el sistema mismo, tal como ocurre en los seres vivos.

### 3.1.1.Fenotipo-genotipo.

Para entender a un ser vivo como sistema, y poder analizar sus estrategias de funcionamiento, evolución y supervivencia, es necesario describir lo que le da su esencia particular. En Biología, se denomina fenotipo a la expresión del genotipo en un

determinado ambiente. Los rasgos fenotípicos incluyen rasgos tanto físicos como conductuales.

Fenotipo = Genotipo + Ambiente

En un sistema englobado como objeto, incluyendo los biológicos, se puede hacer la equivalencia del genotipo como “el programa” del objeto, y al fenotipo como “la forma”.

El interés para la actividad del diseño en esta equiparación radica en la importancia del origen de las formas. Desde un enfoque tradicional, un diseñador propone y determina precisamente las formas en los objetos, cualquiera que sea su naturaleza, sin desdeñar obviamente las funciones y la finalidad de éstos, pero a fin de cuentas es la forma la que sintetiza y comunica lo que un objeto es.

En los objetos que son sistemas adaptativos cabe preguntarse qué es lo que se diseña y cómo se determina su forma, tal vez, en primera instancia, cabría como proposición lógica que lo que se debe establecer para diseñar es la programación, pero analicemos detalladamente la relación autorreferente que hay entre fenotipo y genotipo en un sistema complejo adaptativo de naturaleza biológica:

El autor (Andrade, Eugenio, 2006) hace una reflexión sobre la dualidad que existe sobre el genotipo-fenotipo, antes de continuar, aclaremos que se entiende por éstos términos para ver cómo nos pueden servir para entender la autorreferencia en los objetos: El genotipo es el contenido genético de un individuo, en forma de ADN. Junto con la variación ambiental que influye sobre el individuo u organismo, codifica el fenotipo del

individuo. En otras palabras, el genotipo puede definirse como el conjunto de genes de un organismo y el fenotipo como el conjunto de rasgos de un organismo.

Aquí entra la no predicabilidad de los sistemas complejos, retomaremos las definiciones de Andrade:

*Empecemos por afirmar que los sistemas complejos no son predicables y requieren del recurso a la heurística implícita en la dualidad "genotipo-fenotipo" para ser entendidos. A fin de entender en qué consiste la no predicabilidad, supongamos un conjunto  $C$  y un objeto  $c1$ , definidos de modo que  $c$  es un miembro de  $C$ . Tenemos, así, un caso donde la definición de  $c1$  depende de  $C$ , y entonces decimos que las definiciones de  $c1$  y  $C$  no son predicables.*

*Las definiciones no predicables son circulares, puesto que lo que se define está incluido en la definición. En otras palabras, algo no es predicable si solamente se puede definir en términos de la totalidad a la cual este algo pertenece. Conocer un subsistema supone conocer su contexto o el sistema superior al cual pertenece, y de ahí surgen los inevitables bucles no predicables.*

*La no predicabilidad genera un circuito lógico, puesto que el objeto que queremos definir solamente puede definirse en términos de una totalidad que a su vez no puede definirse hasta que sea especificado el objeto que se va a definir. No puedo describir las moléculas de interés biológico si no tengo en cuenta la célula, pero ésta no puede definirse sin tener en cuenta las moléculas que la constituyen. La naturaleza es rica en bucles no predicables, círculos viciosos, autorreferencias, paradojas, problemas del tipo "o el huevo o la gallina". Un ejemplo representativo y genérico de esta situación es la dualidad "genotipo-fenotipo", de la cual se desprenden las dualidades "DNA-proteína", "filogenia-ontogenia", "replicador-interactor", etcétera. El hecho de que este ejemplo nos remita al campo de la biología no quiere decir que sea exclusiva de esta disciplina, puesto que subyace en el fundamento mismo de la mecánica newtoniana.*

En el sistema de los objetos de diseño, ¿existe la dualidad forma-función: la forma sigue a la función, tal como se predica en ciertas corrientes del diseño, O la función sigue a la forma?

Durante varias décadas, aproximadamente después de los años treinta, el diseño estuvo marcado por la doctrina del funcionalismo (la forma sigue a la función). La tarea del diseñador era la de crear respuestas en base a un análisis de las necesidades sociales, que presentaran un alto grado de funcionalidad. Sin embargo éste enfoque tenía un concepto de función muy limitado: se consideraba únicamente la función práctica o técnica y se olvidaba las funciones de los signos o comunicativas del diseño. (Bürdek, 2007). Un paradigma actual que maneja Luis Rodríguez nos dice que la forma es síntesis de 4 vectores (función, expresión, tecnología y para productos lucrativos, el comercial) y no la suma de ellos.

Podemos decir que la forma de un objeto de diseño condensa estos factores como resultado de la selección e interpretación que su diseñador o diseñadores hicieron de acuerdo a su entorno o realidad o en casos específicos su grupo social.

Ahora bien, ¿qué pasa con los objetos de la naturaleza en donde parece que la función sigue a la forma? Muchas de las formas que se dan en la naturaleza y que comparten varios objetos, tienen similar función, Como menciona Jorge Wagensberg en la rebelión de las formas. : “La esfera protege. El hexágono pavimenta. La espiral empaqueta. La hélice agarra. Al ángulo penetra. La onda desplaza. La parábola emite y recibe. La catenaria aguanta y los fractales colonizan.” (Wagensberg, 2004). Así pues, por poner un caso probable, se tendría que si el objeto pretende proteger o protegerse de algo, tenderá a tomar una forma esférica.

Pongamos el ejemplo de un objeto autorreferente: un árbol (al cual la naturaleza lo diseñó como autorreferente), y supongamos que creció naturalmente en un bosque ¿Qué es lo que determina su forma? Evidentemente el entorno y su “tecnología”, ya que en ciertas temporadas tiene que deshacerse de sus hojas para optimizar sus funciones, de igual modo las raíces y el crecimiento dependerá de lo que el entorno le proporcione, su sobrevivencia estará basada en cómo la tecnología con la que cuenta es capaz de detectar los cambios de temperatura, la humedad en el ambiente, los nutrientes y cuestiones de este tipo, y ésta también lo limitará ya que el sistema morirá si cae una helada o hay sequía prolongada, el contexto cultural o matriz social (que determina el valor expresivo) sería lo equiparable al ecosistema donde vive nuestro árbol ya que también su forma es determinada por el tipo de árbol que es, el cual fue arrojado por la “sociedad” de árboles en la que se encuentra, ya que de ahí surgió su semilla y de alguna manera tiene retroacción con ellos. Con éste ejemplo se pretende aclarar la importancia de los vectores que dan la forma y que para la planeación del diseño se deben considerar y analizar los factores del entorno y tecnología para poder hacer una programación sustentable del sistema que conformará al objeto a diseñar, pero no sólo eso, resulta que también ese mismo objeto que se introduce, interferirá en la dinámica del sistema que conforma y por ende el entorno y tecnología que le da forma. Se forma pues un bucle autorreferente que no podemos dejar de considerar, al menos con proyecciones aproximadas.

Se tiene similarmente que si los objetos tecnológicos cambian a las sociedades o las sociedades cambian a la tecnología. En los ejemplos anteriores no se puede separar la

dualidad existente ya que no se da lo uno sin lo otro. Hay una retroalimentación hacia dentro del sistema que se observa.

En concordancia con este pensamiento que habíamos mencionado de Baudrillard en donde lo relevante de los objetos es la relación de éstos con las personas, decimos que la forma y función del objeto, no deberían ser el fin último para lo cual se debe planear el diseño, ya que responden a necesidades que estén en constante mutación, si la forma (determinada en parte por una función que cambia) de un objeto aún no está determinada o prefijada desde que se concibe, no debe ser un factor significativo para el usuario. De aquí se derivaría la pregunta ¿dónde queda la estética del objeto? Más adelante lo contestaremos, primero veamos lo que el autor considera esencial e inesencial en el objeto. Pongamos el ejemplo del molino de café: lo que es esencial y estructural, por consiguiente, lo que es más concretamente objetivo en un molino de café, es el motor eléctrico, la energía distribuida, las leyes de producción y transformación de la energía; lo que no tiene nada de objetivo y por consiguiente es inesencial, es que sea verde y rectangular o rosa y trapezoidal. En este ejemplo podemos observar también que lo inesencial en los objetos es lo que nos podría transmitir la sensualidad que buscamos<sup>7</sup> y que nos da la estética, pero recordemos que la interpretación de la estética cambia de acuerdo al individuo o a la matriz social a la que pertenece ya que no está desligada de la cultura, lo mismo que la función.

---

<sup>7</sup> Por esto los objetos, aun y cuando todos den la misma función mutan, un ejemplo es un fraccionamiento de casas de interés social que al cabo de unos años se transforman a gusto de sus habitantes, lo fascinante en un objeto autorreferente es que esta mutación se podría dar por el objeto mismo que entendió a los habitantes.

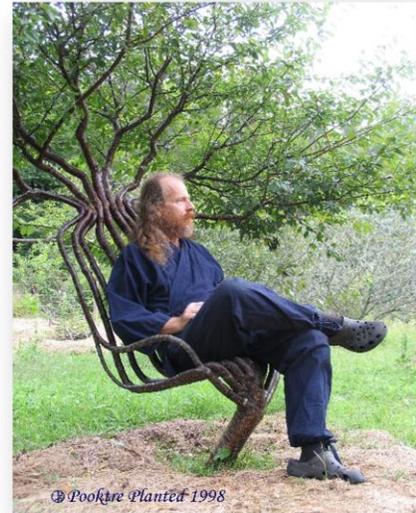
Lo que un objeto autorreferente debe buscar es la necesidad que deberá satisfacer (que en el ejemplo no es el moler café, sino alistarlo para su consumo, que en algunos casos será molerlo, en otros sólo tal vez mezclarlo, en otro hacer otro tipo de molido). Sin embargo “uno no debe olvidar jamás que , en el universo simbólico “utilidad” funciona como un concepto reflexivo, es decir, siempre implica la afirmación de la utilidad como sentido, por ejemplo , alguien que vive en la gran ciudad y maneja un vehículo de doble tracción , no simplemente lleva una vida sensata y práctica; más bien tiene ese vehículo para mostrar que su vida se rige por una actitud práctica y sensata” (Zizek, 1999) la función de un objeto autorreferente tampoco escapa de su función simbólica, hay que basar su diseño pensando también que al poseerlo tendría un significado para la matriz a la cual pertenece, la autorreferencia en sí, podría ser una característica que signifique sofisticación al grupo social al que pertenecerá por ejemplo.

Recordemos que para diseñar un autorreferente se debe tomar en cuenta que la connotación y la denotación objetiva, aunque adaptable al entorno, están ligadas ya que si se transforma una, necesariamente se transforma la otra y esto claro está, alimentado por el entorno. Y esto incluye tanto al diseño de objetos vivos, es decir genéticamente manipulados, los realizados en biotecnología, la biónica, y también los que abarcan objetos con inteligencia artificial así como sistemas de objetos que trabajan con un mismo fin ya que el sistema de objetos tiene como fin al dominio del mundo y la satisfacción de necesidades, y su tecnología depende estrictamente de las condiciones sociales de la investigación tecnológica y, por consiguiente, del orden global de producción y consumo.

Es entonces resultado de la interferencia continua de un sistema de prácticas sobre un sistema de técnicas.(Baudrillard, 1969)



Fenotipo-genotipo.- el programa y la forma de lo viviente.



**Ilustración 21: Fenotipo-genotipo: el programa y la forma de lo viviente.**

Los seres de la naturaleza se explican en parte, también por lo que está alrededor de ellos (medio ambiente) y no únicamente por sus constituyentes internos (constitución genética). Veamos primero la relación genotipo (componentes mínimos del objeto)/fenotipo (sus rasgos), donde este último queda determinado por el primero en condiciones de entorno estables, es decir, descontextualizadas. Pero esta descontextualización genera el problema de la emergencia, el cual se puede plantear como sigue: “A da lugar a B”, pero, “B no es explicable exclusivamente en términos de A”. Tenemos que la emergencia impide la reducción. Pero como vemos, el problema es

suscitado por la eliminación del contexto. Lo que “emerge” en B y que no provenía de A es producto de la interacción de A y su entorno

La mayoría de las fracciones de un sistema que se estudian como ecosistemas son también parte de otros ecosistemas mayores y, al mismo tiempo, contienen partes más pequeñas que se pueden estudiar como ecosistemas. La comprensión de los ecosistemas está íntimamente relacionada con las tasas de circulación dentro del sistema escogido; las tasas de flujo energético y materiales que atraviesan las fronteras hacia el interior y hacia el exterior del sistema elegido; y el grado de información organizada que ha adquirido y su flecha en el tiempo. Cuando se analizan estos flujos de frontera, se describe el ambiente del ecosistema. Para entender los mecanismos que explican el funcionamiento del sistema hay que disponer tanto de los datos del sistema global como de sus componentes principales. (Morín, 1994)

Los denominados sistemas complejos deben estudiarse no solamente por sus componentes constitutivos sino colocándolos en el contexto de orden superior en el cual pueden interactuar Según Baldwin (1896), los organismos participan en la formación de sus propias adaptaciones. El ver la relación genotipo-fenotipo como mediada por el propio organismo permite replantear la paradoja inherente a esta relación propia de los sistemas complejos.

El estrés adaptativo induce variaciones que se convierten en el potencial del mismo proceso evolutivo.

### *3.2. Fenomenología cognitiva y neurociencias.*

La autorreferencia aparece con especial relevancia en las interacciones de carácter cognitivo, es decir, entre un “sujeto” y un “objeto”. En este caso, un sistema considerado como “sujeto” disminuye su incertidumbre acerca de su entorno (objeto) al relacionarse con él, relación que conduce a su propia transformación como “sujeto” y que deja como efecto colateral una perturbación del dicho entorno u “objeto”.

Cuando un “sujeto” toma distancia de su “objeto” al circunscribirlo a ciertas condiciones controladas se destruye el bucle autorreferente. (Andrade, Eugenio, 2006).

Es esta relación objeto-sujeto debemos considerar el motor de la evolución de los sistemas, son estas interacciones que dan una retroalimentación al interior de éste. En un sistema como una matriz social, las interacciones entre los componentes, tales como individuo, cosas, tecnología y ambiente son las que impulsan al sistema a evolucionar y mantiene su cohesión. En estos sistemas cada componente puede ser considerado objeto o sujeto dependiendo del nivel de observación y observador. En otras palabras podemos estar considerando al ser humano, es decir a un individuo, como un sujeto que interacciona con su entorno, o sus cosas, que serían entonces el objeto. De igual manera, las cosas, artefactos y tecnología pueden describirse como los sujetos que interfieren o perturban el objeto, en este caso sus usuarios.

Detengámonos a analizar esta relación cuando el sujeto, cualquiera que fuese, sea capaz de razonar y tener cierta conciencia de esta relación objeto-sujeto. El conocer o

anticipar el efecto de sus acciones en el objeto o entorno hacia sí mismo implica una modificación conductual de acuerdo a lo que está programado a ser.

El diseño y el uso de los objetos está supeditado al conocimiento de las consecuencias que implican en los individuos, este conocimiento a veces no es completo debido a la complejidad de factores que intervienen en esto, sin embargo, la mente colectiva del sistema determina las tendencias de las prácticas en ello. También es cierto que ciertos fenómenos de comportamiento y evolución no se dan por las formas de los elementos constituyentes del sistema, sino por la dinámica de interacción entre ellos, es raro, si no es que inexistente, que algún fenómeno de emergencia se dé por un solo elemento u objeto, tal y como sucede en el cerebro, como Hofstadter dice:

“Las propiedades mentales del cerebro no residen al nivel de un único constituyente diminuto, sino al de vastos patrones abstractos en los que intervienen esos constituyentes. Resulta esencial tratar el cerebro como un sistema multinivel si se pretende lograr el más mínimo avance en el análisis de fenómenos mentales tan esquivos como la percepción, los conceptos, el pensamiento, la conciencia, el <<yo>>, el libre albedrío, etcétera. Tratar de localizar un concepto, una sensación o un recuerdo en una única neurona no tiene ningún sentido. Incluso la localización a niveles estructurales más altos, como, por ejemplo, al de las columnas de la corteza cerebral (pequeñas estructuras que contienen el orden de cuarenta neuronas y que exhiben un comportamiento colectivo más complejo que el de estas), no tiene sentido alguno cuando se tratan aspectos del pensamiento tales como la elaboración de analogías o la evocación espontánea de episodios de un pasado lejano.” (Hofstadter, 2009)

Es importante lo que nos dice el autor ya que podemos hacer analogías que nos hagan distinguir los niveles en los que podemos intervenir como diseñadores así como la idea de que los comportamientos surgen de interacciones de diversos elementos del sistema, en otras palabras hay que tener una visión global y determinar, como estrategia, no sólo un elemento aislado sino un conjunto de objetos y componentes en los niveles organizativos adecuados.

Así mismo en el plano antropológico del uso de los objetos es interesante observar como es la retroalimentación que hace posible la adaptabilidad en los sistemas, ya que puede dar pauta para proponer estrategias para lograr la interiorización y creación de conceptos en los sistemas: “a diferencia del chimpancé, el hombre posee ideas e ideales. En el modelo del cerebro que propongo, la potencia causal de una idea, o de un ideal, resulta tan real como una molécula, una célula o un impulso nervioso. Las ideas causan ideas y hacen que evolucionen nuevas ideas. Interaccionan entre sí y con otras fuerzas mentales en el mismo cerebro, en cerebros vecinos, gracias a las comunicaciones, en cerebros lejanos y desconocidos.” (Hofstadter, 2009)

Lo que sucede  
cuando el ser vivo  
es consciente de sí  
mismo



Ilustración 22: Reconocimiento de conceptos como el ‘yo’ (imagen de internet)

Podemos puntualizar algunas características esenciales que posee el cerebro humano y de algunos otros animales, basándonos en lo que dice Hofstadter, que podemos utilizar el diseño de objetos autorreferentes ya sea para identificarlas entre sus elementos o bien implementarles dichas características en su creación:

- Simplificar la información amplia y sistemáticamente. “nos permiten reducir situaciones a su mero esqueleto y descubrir su esencia abstracta; hacen posible que centremos nuestra atención en lo importante, que comprendamos fenómenos a un nivel extraordinariamente elevado, que sobrevivamos a este mundo y que creemos arte, música, literatura y ciencia.” (Hofstadter, 2009)
- tienen como objetivo principal, automático y pre programado la supervivencia.
- Reaccionar de forma flexible frente a los sucesos que tienen lugar en su entorno. Esto incrementa sus posibilidades de sobrevivir,
- La capacidad de percibir y categorizar, aunque sea rudimentariamente, los eventos de su entorno inmediato.

Para los seres vivos, esta última habilidad que permitiría percibir los hechos que ocurren en su entorno, según Hofstadter tiene un efecto secundario de trascendentales consecuencias: el que los seres vivos posean la capacidad de percibir ciertos aspectos de su entorno les dota también de la capacidad de percibir ciertos aspectos de sí mismos. Y esto también nos describe una esencial diferencia entre cierto tipo de objetos y los que son autorreferentes:

*¿Qué es lo que convierte al cerebro humano en candidato a albergar un bucle de autorrepresentación? ¿Por qué el cerebro de una mosca o el de un mosquito no son igualmente válidos? ¿Y por qué tampoco lo son una bacteria, o un ovulo, un espermatozoide, un virus, una tomatera, un tomate o un lápiz? La respuesta es que un cerebro humano es un sistema de representación que no conoce límites en lo que se refiere a extensibilidad o flexibilidad de sus categorías. Por el contrario, el cerebro de un mosquito es un diminuto sistema de representación que, prácticamente, no contiene ninguna categoría, con lo que no cabe hablar de que sea flexible o extensible. Los sistemas de representación muy pequeños, como los de la bacteria, los óvulos, espermatozoides, plantas, termostatos, etc., no se pueden permitir el lujo de representarse a sí mismos. Y un tomate y no lápiz no disponen de sistema de representación alguno, así que, para ellos, la historia se acaba aquí (lo siento por el tomate y el lápiz). (Hofstadter, 2009)*

Si consideremos por ejemplo a las matrices e identidades sociales como el sistema complejo, sus componentes entonces serían los individuos o personas que conforman la matriz y toda su tecnología, hábitat y artefactos, y se tendrá que estudiar cómo se da la interacción entre ellos y cómo se da la retroalimentación, teniendo como procesador que en un momento dado hace las representaciones y categorizaciones de los significados en estos sistemas a la mente colectiva. El diseño puede entrar como un detonador de interacciones que es generado y genera parte de las dinámicas del sistema, “El diseño es en realidad un elemento de mediación del ser humano con su cultura y con el medio ambiente” (Rodríguez Morales, El tiempo del diseño. Después de la modernidad, 2000) Es importante considerar que el diseño busca tener una función simbólica dada por la estética, además que con las acciones que los individuos hacemos, se está contribuyendo al diseño global del sistema.

### *3.3. Seres vivos sociales*

Por la complejidad propia de los SCA sociales se tiene una dicotomía explicativa de una misma conducta, como lo mencionamos en el punto 1.3 *La complejidad y los Niveles de observación*. Con el ejemplo citado de Spalovsky, en donde describe el comportamiento de un primate hembra desde su localidad contextual y desde su filogenia.

Así como sucede en los seres de la naturaleza que se explican por lo que está alrededor de ellos (medio ambiente) y no únicamente por sus constituyentes internos (constitución genética). Así mismo sucede también con el sistema de los objetos autorreferentes, incluyendo las entidades colectivas.

Reitero que la causa final que nos interesa en esta discusión no es un principio inmaterial extrínseco que está en el extremo opuesto del principio motor, sino que es el principio por el cual los sistemas tienden a preservar su forma, configuración o estructura (Andrade, Eugenio, 2006). Por lo que podríamos considerar como medio ambiente la cultura, los imaginarios colectivos, y toda la información del sistema como fuerza que mantiene unida y da identidad a los grupos sociales y sus objetos.

¿Podemos considerar como objeto de diseño un grupo social? Si consideramos la entidad completa como un sistema podemos intervenir como diseñadores de él, además de hacerlo si somos parte éste, podríamos hacerlo desde un punto de vista de observadores y aplicar para su diseño, referencias que surgen del análisis de los seres vivos como sistemas, ya que su fenomenología es similar tanto en lo que ocurre en su interior como en lo que ocurre en la interacción entre ellos, es decir, en las sociedades: “...todos los niveles de descripción son considerados válidos. Los entes animados son

aquellos que, a un determinado nivel de descripción, manifiestan cierto tipo de patrón en forma de bucle, algo que inevitablemente ocurre cuando un sistema dotado de la capacidad inherente de clasificar el mundo percibido en categorías discretas expande drásticamente su repertorio de categorías...” Hofstadter, D. R. (2009).

Si bien la mente colectiva de la sociedad ejerce en el individuo influencia, De manera similar, los actos sociales provocan reacciones por parte de los demás seres sensibles. Según el autor estas reacciones hacen de las experiencias la causa de lo esencial del ser “Esas reacciones regresan a mí y las percibo en términos de mi repertorio de símbolos; de este modo me percibo indirectamente a mi mismo a través del efecto que produzco en otros y voy creando mi noción de quien soy a los ojos de los demás. Esta es la forma en que mi autosímbolo va creciendo a partir de un vacío inicial... de este modo, el <<yo>> actual: el conjunto más reciente de recuerdos, aspiraciones, pasiones, confusiones-, al interactuar con el inmenso e impredecible mundo de los objetos y de otros seres humanos “ídem.

El comportamiento que exhiben los seres vivos sociales en colectividades como enjambres, cardúmenes manadas etc. Es dado por las acciones de los individuos que han formado sus “yo” en base a lo que se dijo, y el mismo colectivo proyecta una similitud equivalente a un gran “yo”.

## 4. CAPÍTULO 4: LOS SISTEMAS SOCIALES

### *4.1. Razones de las transformaciones sociales y su complejidad.*

Las sociedades son sistemas en donde la complejidad se da en muchos niveles, puesto que sus subsistemas se traslapan e intervienen en éstos no sólo los entes físicos y tangibles, si no que se dan fenómenos intangibles como imaginarios, identidad y cultura que son parte importante de éstas. Los objetos y tecnologías han influido directamente en la transformación de las sociedades, sus objetos emergen de ellas así como las definen en identidad. Entra también la semiótica en donde las formas y funciones de las cosas cambian de significado conforma pasa el tiempo o cambian de lugar. Como ya hemos mencionado, en el estudio de las sociedades, podemos obtener información útil en primer lugar para basarnos en sus dinámicas de comportamiento para aplicarlas a un modelo útil para el diseño, y en segundo lugar, o desde otro punto de vista, al conocer éstas dinámicas, también podemos saber cómo conocer cuáles son los objetos de deseo de estas o cómo introducir productos de diseño y que éstos sean adoptados, en otras palabras saber que leer y cómo interpretar de manera general a éstos sistemas.

Antes que otra cosa veamos cómo y por qué se han transformado las sociedades a lo largo de la historia.

Los sistemas sociales son considerados sistemas autopoieticos de tercer orden, es decir están conformados por la interacción de subsistemas que por sí mismos son autopoieticos y éstos a su vez, también. En el caso de las sociedades, la autorreferencia

que se da es por la interacción humana, por lo que ocurra con los individuos en lo particular se refleja cultura e identidad de ésta, dándose un bucle de retroalimentación reguladora en el sistema.

La evolución de la humanidad y de la cultura se ha dado de una manera más o menos previsible, la tendencia a la complejidad la da la naturaleza humana y se ha visto en los tipos de organización social que van desde las bandas, tribus, jefaturas hasta los estados, pasando a su vez por los matices que van desde el salvajismo, barbarie y civilización.

¿Qué es la complejidad social? Una definición exacta es difícil de darse, pero podemos partir desde el punto de vista de la energía para describirla, con ayuda de las nociones que da Robert Wright “la cultura se desarrolla cuando ha aumentado la cantidad de energía aprovechada por el hombre *per cápita* y por año...o cuando ha aumentado la ineficacia de los medios tecnológicos de aplicar esta energía...la eficacia con la que la energía se captaba y aplicaba no era solo una causa, o un índice, sino *la* causa y *el* índice de la evolución cultural”(Wright, 2005) , así pues, la capacidad del manejo de energía por las sociedades nos puede dar una guía de que tan compleja es.

El funcionamiento, evolución y transformación de las sociedades a lo largo de la historia marca inclinaciones y tendencias claras que llevan a organizaciones más complejas, y es la naturaleza humana la que hace que emerja tal situación , entre otras cosas esta la inclinación al intercambio de recursos, también el respeto por los poderosos, así como la continua búsqueda de posición social, lo que conlleva el impulso a la evolución

tecnológica y cultural debido a que “hacer algo que resulte ampliamente adoptado y elogiado es una forma segura de elevar la propia posición.” (Wright, 2005)

Tenemos también que la cantidad de interacciones y transacciones en la dinámica de vivir en sociedad requiere variedad en las tecnologías para realizarlas. La búsqueda de eficiencia y optimización de recursos empuja la creatividad en la creación de herramientas y sistemas que logren dicho objetivo de una manera eficaz. Esto tal vez explique la diversificación de oficios y el surgimiento de distintas áreas de conocimiento cuya línea divisoria se difumina cada vez que se hace más detallada o especializada su área de acción. Esta división hace que surja una organización centralizada, dónde este centro funge como mediador entre los diversos trabajos, en las tribus, el hombre importante se quedaba con un poco de todo. Como acotación al margen podemos mencionar aquí que el diseño puede fungir como la disciplina central que integra las especializaciones sintetizando y organizando los datos de éstas en tecnologías para el bien común.

Otro factor que se debe tomar en cuenta son las condiciones que influyeron en que a pesar de que todos los humanos tenemos un programa similar, las poblaciones se hayan desarrollado en diferentes velocidades. Mucho tiene que ver la herencia cultural de las sociedades, como dice Wright: cuando pensemos en la evolución cultural, en vez de analizar individuos y poblaciones concretos, no perdamos de vista a los memes. Los individuos y las poblaciones vienen y van, viven y mueren. Pero sus memes, como sus genes, persisten.

Así mismo influye también la cantidad de individuos que se agrupan en densidades altas. Acorde con la teoría de juegos que analizamos en el libro “nadie pierde”, tenemos que mayor volumen y densidad demográficos es igual a avance tecnológico más rápido.

“Fue el trabajo colectivo de muchos cerebros europeos especializados lo que creó la tecnología con que Colón y otros como él impresionaron a los indios. Las fuerzas de la cooperación humana, las situaciones de ganancia común. La dirección de la historia resulta sobre todo de jugar a juegos de suma no nula.”(Wright, 2005)

En general la optimización de tecnologías de comunicación, transmisión y almacenamiento de información hacen que la sociedad tenga una especie de memoria o experiencia que la llevan a una evolución, que analógicamente con los seres vivos, la hace más apta para la supervivencia. Además hace al mezclarse, las sociedades amalgaman lo mejor de cada una y se transforman “las sociedades han preferido siempre la subordinación a la desaparición, al igual que cualquier individuo, y a veces se da la armonía social de este modo: <<los más obedientes son los más fuertes>>...si dos sociedades vecinas están en contacto durante cierto tiempo, acabarán comerciando o guerreando. La primera opción significa integración social de suma o nula; la segunda, a la larga, la trae... la racheada pero incesante tendencia de los invisibles cerebros sociales a conectarse entre sí y a sumergirse por último en un cerebro mayor es un tema capital de la historia. La culminación de este proceso – la construcción de un único cerebro planetario- es lo que estamos presenciando actualmente, con todos sus efectos desorganizadores pero en última instancia integradores. (Wright, 2005)

A manera de conclusión de este punto tenemos que, los mecanismos generales del comportamiento de las sociedades se puede destilar en conceptos sistémicos. Es interesante ver cómo las sociedades presentan ciertas similitudes con los seres vivos. Aquí lo importante es ver lo que influye para su diseño, que es básicamente el tomar en cuenta la programación de los individuos, el diseño de su densidad y vías de comunicación, así como el manejo y almacenamiento de datos, la memoria y la flexibilidad de mutar en caso necesario. Vimos que la organización fractal con nodos centrales ayuda en términos organizacionales para una fina especialización en ciertas tareas.

#### *4.2. Los objetos en la cultura*

En este punto hablaremos del papel de la antropología en el diseño lo cual tiene que ver con el papel que tienen los objetos creados y diseñados por el hombre en la dinámica sistemática de las sociedades. El conocer el rol que juegan los objetos de diseño en lo social, ampliará la visión del diseñador y podrá echar mano de estos objetos, usándolos como atractores o generadores de comportamiento, para diseñar así el objeto superior o sistema global, en los nuevos paradigmas de disciplina.

Martín Juez habla sobre la antropología del diseño la cual nos dice que tiene como finalidad explorar lo que vincula al humano (el tema central de la antropología) con el objeto (la tarea medular del diseño). La antropología del diseño trata de entender aquello que guía la creación de las cosas, sus usos y el lugar que guardan en la memoria de la comunidad. (Martín Juez, 2002). Los objetos no son sólo cosas, la manera de usarlos y los

significados que les asignamos por sus formas o funciones generan datos e información que retroalimentan al sistema en el que están inmersos lo que conlleva a transformaciones, recordemos que “El acervo o conocimiento común es una idea inherentemente autorreferencial que comporta algo más que el simple hecho de que dos personas conozcan las mismas cosas y sepan que la otra lo sabe.” (Allen Paulos, 2009), por lo que el contexto espacio temporal donde se encuentren los objetos está relacionado con su forma, función y significado.

Tenemos pues que los objetos se pueden interpretar desde distintos niveles de observación, dentro de un sistema social pueden representar una polisemia, lo que multiplica sus funciones como componentes en una dinámica sistemática por lo que debemos identificar y establecer que rol jugarán en el diseño de un fenómeno social visto como objeto autorreferente, es decir, el objeto puede hacer las veces de contenedor y transmisor de información, la diferencia radica tal vez, en el momento y espacio que se encuentre en una dinámica social particular.

Diseñar un objeto autorreferente, un objeto que se autorregule y organice de acuerdo a sus mismos objetos componentes y en reacción al entorno, implica reconocer los objetos que forman al objeto, sus interacciones e interacción con el medio.

Martín Juez habla del significado esencial que tienen las cosas por su uso y las llama áreas de pauta del objeto: Áreas de pautas.- caracterizan un diseño como unidad (interior) y determinan su desempeño con el contexto (exterior) y sirven para comprender las funciones (o propósitos), utilidades y significados.

Los objetos tienen una razón de ser, en los objetos autorreferentes esta razón es distinta para un observador que para la intencionalidad del sistema en sí. Manipular, guiar o diseñar estos sistemas implica conocer la función de los componentes desde el interior, por ejemplo en un objeto que es un sistema social, una cosa (componente del sistema) puede servir como un atractor que genere a ciertas acciones, mientras que para otro componente (otro objeto o un individuo, que puede ser un usuario) sirve para satisfacer su necesidad particular de algo.

Por lo tanto, un diseñador debe de considerar ambos puntos de vista y sintetizar en la propuesta la conjunción de elementos adecuada para lograr un fin particular. Los objetos en la cultura pues, son portadores de información que se transmite cuando se utilizan, y dependerá de cómo dónde y cuándo se usen el significado de dicha información. También vale decir que en su función de ser extensión o prótesis de los seres humanos, tienen el valor de potencializar lo que éstos desean exhibir.

#### *4.3. Las matrices sociales.*

El término matriz social se toma de la autora Katya Mandoki (2006) en su obra “Prosaica”, en donde estudia la estética de lo cotidiano: “las matrices del latín mater, son literal y metafóricamente los lugares en que gesta y desarrolla la identidad.... Abordar las matrices de la prosaica implica evidentemente una perspectiva sistémica” (p85).

El estudio de las matrices como un todo, como un objeto que es un sistema complejo adaptativo, ayuda para delimitar este tipo de sistemas a través de la identidad que proyectan mediante sus dinámicas y elementos y así poder ver si esto nos ayuda a

categorizar los objetos autorreferentes a diseñar así como la detección de estrategias para el diseño que se puedan obtener de las generalizaciones del estudio.

Berger y Luckmann (1986) dicen que los individuos producen continuamente de manera colectiva la realidad cotidiana a través de procesos de objetivación, industrialización y legitimación. Estos procesos varían de matriz en matriz, y esto define la especificidad de cada una de ellas, y en consecuencia de ello las identidades que se construyen desde éstas.(Mandoki, 2006).

De las características que podemos mencionar de las matrices que Mandoki propone en su obra, son descritas en el siguiente cuadro, en donde por una parte tenemos las cualidades de las matrices, y del otro la generalización aplicable al diseño según nuestra interpretación:

<b>Matrices sociales</b>	<b>Respecto al diseño y al objeto autorreferente</b>
Cada una constituye un universo propio, sin embargo, son fenómenos de la misma índole, que pueden tener orillas borrosas, traslapes o proyecciones unas con otras, sin perder por ellos su especificidad.	Dependiendo del objeto autorreferente que se pretenda diseñar, dirigir o modificar con una intención planeada, hay que tomar en cuenta la delimitación del sistema, basándonos en la identidad que les da esencia y los hace unidades discretas, tales elementos son principalmente los códigos y símbolos que cada componente comparte con los otros y que los utilizan para una interacción constante entre sí.
Requieren estrategias de persuasión para que los individuos se aglutinen en torno a ellas y construyan sus identidades, esta es una legitimación necesaria para la adherencia a las matrices. Ahondando en esto, las estrategias de persuasión son de carácter estético y semiótico, y deben ser sensoriales y accesibles para la sensibilidad de los sujetos vinculados a ellas.	En este tipo de Sistemas complejos y autorreferentes suelen surgir producciones que sirven de atractores y aglutinantes del mismo sistema, por ejemplo una bandera en un país, para diseñar un objeto sistema a través de la introducción de un elemento como éste para generar un comportamiento, es necesario que dicho elemento sea tenga este carácter estético y semiótico y contar con un código inteligible al sistema.

Las matrices no sólo son cognitivas y normativas a las instituciones, también son persuasivas, cautivadoras y seductoras, pero también represivas, intimidantes y coercitivas.	Se debe que tener en cuenta que en los objetos que se autogeneran, la retroalimentación hacia ellos mismos puede darse de manera positiva en ciertos fenómenos, lo que puede magnificarse y salirse de control si no hay candados o mecanismos de control.
Las matrices son un mundo experiencial, corporal y afectivo para los sujetos que se prendan o son prendidos por ellas.	Los individuos o componentes de un sistema perciben el entorno y están interconectados con otros debido a su percepción sensorial, el diseño de la experiencia concordará entonces con lo que el individuo es capaz de percibir e interpretar en sus distintos dominios.
Cada cual tiene sus propios ritmos y tensiones que distinguen a una matriz de otra: no son elaboraciones puramente mentales. Al respecto queda claro que las materialidades como edificios, territorios, objetos, son parte también de las matrices.	Los dominios tangibles o intangibles, la información y la materia, son aspectos de una sola unidad que es recursiva y autorreferente, por lo que modificar o planear un aspecto de la unidad, inevitablemente tendrá un efecto en todo el sistema.
Las matrices no son un “universo simbólico” unitario, sino que incorporan segmentos de otras matrices y otras etapas previas de la misma matriz, sean vivas o muertas.	Hemos visto que la memoria o experiencia, pasan a ser parte del sistema cuando éste las ha procesado, el efecto que se haya marcado en un momento determinado es entrópico, y se debe considerar un plan regulador si se está diseñando al objeto autorreferente.

Las matrices requieren, por así decirlo, de mantenimiento. Para habitarlas es necesario construirlas, desarrollarlas, reproducirlas y hasta protegerlas. (Mandoki, 2006). Con esto deducimos que las matrices se van regenerando y replicando continuamente por los mismos individuos que la conforman, por esto decimos que son adaptativas y autopoieticas, son dinámicas, y esto es lo que las hace ser lo que son, v.g. la variable que mantienen constante es esa organización que la mantiene unida como entidad, en cierto modo la forma de decodificar que da significados similares en todos sus individuos. De ahí la importancia de analizarlas cualitativamente como sistemas termodinámicos y complejos. De ahí la importancia de analizarlas un instrumento que permita ver de

manera prospectiva, sin importar el contexto en el que se encuentra en cierto momento, por ello es necesario determinar sus generalidades inmutables como sistemas.

Si bien las matrices no determinan al sujeto (puesto que los sujetos son quienes las han constituido) éstas los rebasan, y se les imponen cuando se van osificando con el tiempo. Aquí podemos complementar el concepto de Mandoki al respecto de la dualidad matriz-sujeto. Una cosa no puede ser sin la otra, por lo tanto las matrices sí determinan a los sujetos si éste sólo pertenece a una (lo cual es improbable) a lo que se quiere llegar es que al ser el sujeto un ser social, su identidad se define por sus matrices y sus especificidades. Comparando ésta dualidad en términos biológicos, una cosa no puede ser sin la otra: un ser vivo, por ejemplo un gato, es eso por la especificidad de sus genes, y éstos son genes de gato porque eso es lo que conforman. Si cambiamos eso, entonces estaríamos hablando de otra cosa. Así pasa también con las matrices, suponiendo que éstas sean el gato y los individuos sus células, una cosa no es sin la otra. “el yo es una identidad reflejada...en tanto que el sujeto construye su identidad a partir de los otros” (Berger y Luckmann, 1986:167). “la identidad se cristaliza con y desde la matriz, pero ésta también se cristaliza con y desde las identidades” (Mandoki, 2006) Lo interesante aquí, es que el sujeto pertenece a varias matrices a la vez, lo que da a éstos sistemas componentes polisémicos.

Estamos hablando entonces de sistemas peculiares y complejos que involucran en su ser a seres humanos que en sí mismos son complejos, esto da lugar a fenomenologías que nos permiten entender sus dinámicas:

- Los paradigmas siempre parten de la proyección de las matrices, pues son éstas las que son percibidas y practicadas concretamente por el sujeto en su materialidad.
- Las matrices son culturales y sus convenciones se transmiten al ser enseñadas, mostradas.
- Las matrices son focos de irradiación y producción de identidades. Desde diversas matrices, el sujeto se contagia de modos particulares de ver y sentir el mundo y la vida.
- Siempre que en mayor o menor medida se establezcan ciertas prácticas y percepciones para generar una identidad compartida estaremos hablando de matrices.
- Las matrices no son universales ni permanentes.

Para concretar el concepto matriz y partir de una postura para analizarlas citaremos un párrafo de Mandoki que nos parece esencial:

“Las matrices son unidades vivas al estar constituidas por elementos vivos, v.g., los sujetos, y mantienen una autonomía relativa unas de otras. Por eso pueden considerarse unidades autopoieticas de tercer orden según la definición de Humberto Maturana y Fernando Varela (1992). Esto quiere decir que se autorreproducen manteniendo su organización como unidades. El producto de ésta organización es el organismo mismo, sin separación entre productor y producto.”(Mandoki, 2006)

Hagamos el ejercicio sobre una matriz social, teniendo en cuenta lo que describimos como objeto autorreferente debemos decir que es lo que hace a una matriz social estabilizarse, tenga homeostasis, y que se mantenga como sistema en un entorno. Tenemos entonces que su identidad será dada por su organización y la relación de sus componentes, es decir la manera en que se auto produce. Para un observador los otros elementos que la identifican (nube de información que son y que manejan sus componentes) pueden cambiar y transformarla así en otro tipo de matriz, pero lo que la mantiene permaneciendo es su organización del tipo autopoietica.

¿Qué tan fuerte es una matriz? Si puede adaptarse a su entorno y ser congruente a este, manteniendo interacciones es fuerte. Por lo tanto hay factores que ayudan a que se pueda dar esta habilidad para transformarse, ya que el entorno es cambiante: El tiempo es uno de los factores que hacen más fuertes los lazos que mantienen unida a la organización, entre más tiempo se mantenga estable, más fuerte. La cantidad de componentes que la integran, la reflexión aquí es que si los objetos se consideran componente de las matrices, dada su condición de servir como prótesis de las personas, entonces vale decir de su poder de extender la frontera de la matriz, otro factor es que tan significativa sea cada uno de los componentes en otras matrices a las que pertenece simultáneamente, así como la cantidad de éstas. En el caso de las personas, que tanta comunicación o redes de comunicación tiene para que fluya su información.

#### 4.3.1. Casos de estudio de matrices sociales



Ilustración 23: Matriz social “clase de dibujo técnico”

Analizaremos más a detalle las dinámicas de las matrices sociales, en unos casos de estudio que permitirán responder cuestiones acerca de estos sistemas tales como ¿Quiénes las conforman y por qué? ¿Cómo interactúan sus individuos y qué tiene que ver con esto las cosas físicas y los espacios? ¿Qué les da identidad? ¿Cómo podrían diseñarse o direccionarse? ¿Cómo procesan e intercambian información entre ellos y con el entorno? ¿Cómo o que o quienes dan pauta a la morfogénesis grupal? ¿Qué tienen que ver las condiciones iniciales en la conformación del grupo y su imaginario? ¿Qué creen que les da identidad los miembros? ¿Qué les da identidad según un observador? ¿Que los hace permanecer o disolverse?

El caso de análisis concreto se realizó junto con la investigadora Mercedes Mercado Cisneros, profesora de la UANL, compañera de trabajo, durante todo un

semestre académico y las observaciones fueron hechas a un grupo de dibujo técnico, en sus clases, la metodología consistió básicamente en una observación participante de tipo etnográfico del grupo de estudiantes de segundo semestre de la carrera de diseño industrial. La dinámica de la clase se realizó normalmente ya que la idea fue poder observarlo y analizarlo en su proceso natural y luego se introdujo un objeto perturbador, en este caso un timbre de mesa (como las de hacer llamados en áreas de atención a clientes). La hipótesis inicial fue que al introducir un objeto con un alto grado de estética (forma, textura, sonido) no común a una clase como ésta, podría convertirse un objeto significativo o atractor que pudiera darle identidad a esta matriz social y actuara como un virus perturbador, ya que, al tener muchas formas de llamar la atención a los sentidos y hacerlo durante un buen tiempo, aumentaba su posibilidad de permear al sistema. La introducción del objeto consistió en llevarlo a cada clase, ponerlo en un lugar central y visible y hacerlo sonar de vez en cuando durante la clase.

Los componentes de toda la matriz son los siguientes:

32 estudiantes: estos alumnos son un grupo mixto de hombres y mujeres, junto con las maestras fungen como los principales portadores, receptores y emisores de información, dentro y fuera de la matriz. Con edades de entre 17 y 19 años principalmente, característica que en el contexto universitario en donde se encuentran, los hace por una parte, que se identifiquen como un grupo, al presentar intereses comunes, por otro lado esta edad representa generalmente una visión relajada de la vida. Aun con estas similitudes, la heterogeneidad de estos estudiantes se refleja en sus personalidades, gustos, conocimientos y experiencias, dadas por ambientes en donde se

han desenvuelto, incluyendo otras matrices, podemos hablar aquí de cultura, familias, clase social, escuelas anteriores, etc. Estas condiciones nos podrían dar pauta para observar las tendencias de los componentes a organizarse en subgrupos y ver como se dan entonces las dinámicas y estructura en la matriz, así como el papel o función que tienen cada subgrupo, en la dinámica y desarrollo de la matriz.

Durante el análisis se pudo describir el comportamiento que tenían los alumnos en el salón de clases con respecto a éste, sus objetos, sus compañeros y sus maestras. Cómo disponían de los materiales y recursos, así como el uso de los espacios y cómo se organizaban en el desarrollo de la clase y el curso, es decir, en qué restiradores se acomodaban, en el restirador de quiénes se agrupaban y para qué, ya que algunos subgrupos se reunían para trabajar y resolver dudas de la clase y otros lo hacían por tener otros intereses en común, se identificaban de alguna manera con ciertos compañeros. Aquí fue interesante el cómo ciertos alumnos desde el principio se habitúan a un lugar, y otros al principio erraban, para con el paso del tiempo acomodarse en definitivo, de acuerdo a donde les convenía según se iba desarrollando el curso. La ubicación de los alumnos dentro del aula, es una autoorganización muy bien identificada, en donde al frente se ubican los alumnos que quieren estar cerca de los maestros, por lo general desean tener la mayor información posible, con los alumnos que se ubican al fondo, sucede lo contrario y son una parte vulnerable del grupo, ya que si no se llegan a identificar con el grupo, abandonan. Los maestros por lo general se ubican al frente del salón (aquí observamos cómo si tiene que ver la infraestructura del edificio y la distribución de los muebles cuando se empieza a formar la matriz), una de las estrategias

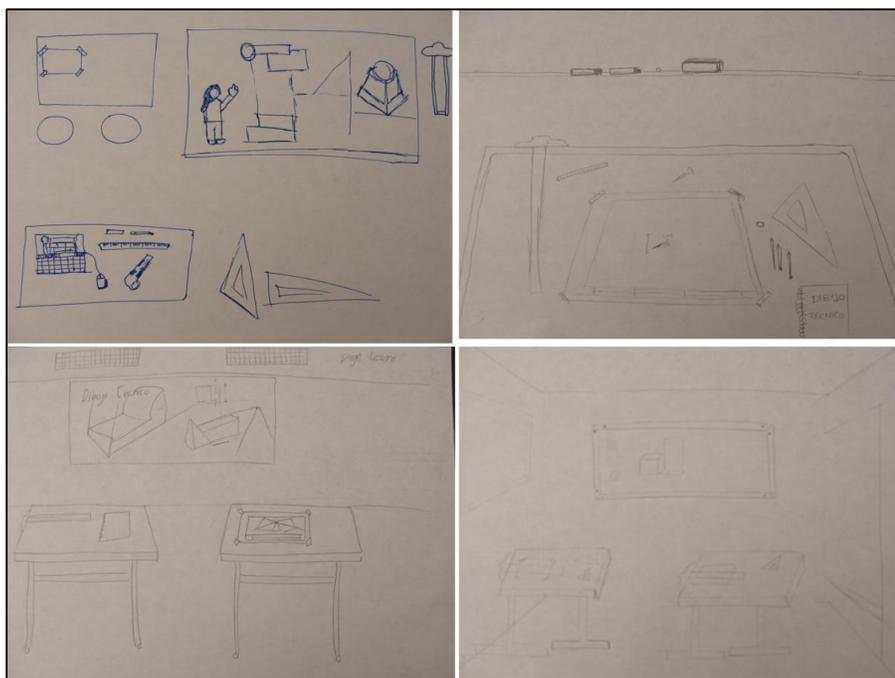
más socorridas para dar cohesión a estos alumnos del fondo es desplazarse al fondo del salón. ¿Por qué sucedería esto? Porque los maestros o asesores son los que tienen mayor información y porque son “multiconectores” es decir, tienen conexión con todos los componentes de la matriz o el sistema.

De esto podemos hacer varias conjeturas: los multiconectores pueden ser de 2 tipos: los que contienen mayor información (maestros) y los que son capaces de distribuirla al sistema por tener más coincidencias significantes con el resto de los componentes (en este caso los alumnos del frente, los aplicados y populares) que por cierto, los maestros y alumnos se apoyan en este tipo de compañeros para dar recados, distribuir información y como representantes.

Estos patrones de comportamiento van dando forma a la matriz, y tanto los alumnos como maestros, van relacionando e identificando la dinámica del grupo de acuerdo a experiencias previas similares y de acuerdo a esto hacen lo conveniente para que el sistema se desarrolle de la mejor manera, es decir, es un sistema que se autorrefiere para su propio bien.

Además de la observación se hicieron cinco muestras de proyecciones mentales de los alumnos. El primer ejercicio se realizó el primer día de clases de esta materia, cuyo objetivo fue poder determinar las condiciones iniciales de este grupo social, su imaginario de la materia. Este ejercicio consistió en que los alumnos dibujaran lo que imaginaban acerca de lo que sería la clase. Se analizaron 30 dibujos. El tipo de dibujos que se maneja

fue más de tipo visual, muy objetivos, solo se dio el caso de un dibujo háptico.<sup>8</sup> La utilización del espacio y sus objetos, de la que hablamos anteriormente se vio reflejada en este ejercicio en particular.



**Ilustración 24 : Muestra de dibujos de alumnos recién integrados a la matriz social de una clase de dibujo técnico.**

Dos semanas después se les pidió que hicieran un ejercicio mental de cómo sería la personalidad de la clase de D.T. (Dibujo Técnico), es decir que describieran con palabras y atributos físicos y morales como sería la clase si fuese una persona. Aquí fueron 31 ejercicios analizados. De su aspecto físico se presentaron dualidades. La mayoría de los alumnos lo describen como un joven alto y delgado, de cierta manera atractivo. Por otro lado hay que mencionar que también un alto porcentaje, pero no la mayoría describió a un señor viejo, entre 45 a 55 años, con pelo entrecano. Solo un poco

---

<sup>8</sup> Conjunto de sensaciones no visuales y no auditivas que experimenta el individuo. (Wallon, 1992)

porcentaje, mostró que era de aspecto gordo. Cabe señalar que en solo 3 casos dijeron que era de sexo femenino, inclusive solo un caso mencionó que era una niña de 7 años de edad. La dualidad que más se presentó fue de ser el DT como una persona amargada, pero bueno o en el fondo amable. Serio pero amigable, tímido pero con el tiempo buena onda. La mayoría lo describió como una persona meticulosa, es decir, demasiado detallista, perfeccionista y como muy estricto y exacto y en general “buena onda”, También como generalidad lo describen como una persona inteligente, y culta, sencillo y práctico. Pero con una marcada dualidad de ser serio y amargado, (“de pocos amigos”). En cuanto a cómo se viste, la mayoría lo pone como que se viste de forma casual con ropa de “Marcas” y costosas, tal vez tirándole un poco a informal o deportista y sobre todo de colores neutros. Solo una minoría mencionó la mezclilla como ropa singular y solo dos caso lo describen como una persona “Ñoña”. La descripción que algunos alumnos hicieron en base a los objetos de DT, fue por ejemplo poner a las escuadras y regla “T” como si estos objetos fueran el personaje. Cabe señalar que la manera en que los alumnos hicieron su descripción utilizaron el tipo de lenguaje que manejan como parte de su información de la carrera, así es que por ejemplo al mencionarse los términos “fachada”, “croquis”, se pudo saber que ese dibujo provenía de la única alumna que había estudiado Arquitectura previamente. Los demás diseñadores manejaron el “idioma” que se da en el resto de las clases de diseño industrial y DT para diseñadores industriales.

El tercer ejercicio se aplicó a la mitad del curso consistió en que los alumnos pudieran representar cual sería la forma que tendría la materia. La idea con este ejercicio fue poder tener una aproximación de una representación de la estructura del grupo

representada por figuras volumétricas y sus atributos físicos. Cantidad de dibujos 30. En cuanto a la forma la mayoría, hicieron dibujos más simbólicos, haciendo alusión a información manejada en el curso, en segundo lugar, están las formas abstractas, en tercero las formas geométricas y solo 3 casos se dieron con formas orgánicas. Las formas geométricas fueron los rectángulos y triángulos. Solo se presentó una forma piramidal. Las formas que mas abundaron fueron las picudas u ortogonales. En cuanto a la textura estas casi en la misma proporción los que la describen en su mayoría como rugosa o áspera y lisa. De alguna manera “dura”. Solo un pequeño porcentaje dijo que era blanda y agradable. En cuanto al color predominaron los colores fríos y neutros pero y sobre todo dentro de estos los que identifican a los colores del “metal”. El material que más predominó fue el metal, dentro de este material esta las presentaciones de plomo, lámina de aluminio, acero inoxidable. Después le siguió los polímeros, que más destaco el látex, esponja (1 caso), y “plástico en general” luego unos pocos hicieron alusión a la madera, por aquellos que se imaginaron un mueble y solo un caso mencionó el papel (hoja ledger). El peso que le dieron a este “objeto” fue en su mayoría “pesado”, mientras que unos cuantos lo describieron como de peso medio y solo un caso como de peso ligero. En una pequeña cantidad mencionaron como atributo el olor. Uno dijo que olía a aburrimiento, otro que olía a insípido (combinando el sentido del gusto) y otro más que olía a humedad y otro a aburrido.

El cuarto ejercicio fue que dibujaran un árbol que representara la imagen que los alumnos tenían de la Facultad de Arquitectura. Lo que se pretendió con esto fue poder establecer una relación entre la identidad que otorgan las instituciones y la que

emerge de un pequeño grupo. Cantidad de dibujos 24. La mayoría de los alumnos dibujo un árbol con fruto, raíces, tronco y amplio follaje. Fueron unos pocos que el fruto fueron los mismos objetos que se manejaron en la clase. La mayoría dibujo un árbol fuerte y frondoso, y con la idea del fruto como una manzana

Por último, al final de semestre se les pidió que hicieran un dibujo libre el cual representara lo que fue o significó la clase de DT logrando así tener una comparativa entre las condiciones iniciales, la identidad, su desarrollo y las condiciones finales de los objetos que emergieron en esta matriz social así como la morfogénesis de este grupo. Para el análisis de estas representaciones cualitativas se tomaron los atributos del “objeto significativo” descritos en un trabajo anterior. (Mercado, Sosa; 2010). Cantidad de dibujos 17. Curiosamente todas las representaciones que se hicieron fueron a través de los llamados Objetos de Dibujo Técnico, estos son las escuadras, reglas “T”, escalímetros, restiradores. También cabe señalar que el único dibujo hecho simbólicamente fue un barquito pero construido a partir de la forma de dos escuadras y una regla “T”. La mayoría de estos dibujos son hápticos, siguiéndole en orden los dibujos visuales y solo unos pocos simbólicos o abstractos.

Las interpretaciones que se hicieron de los ejercicios puestos al grupo son las siguientes: independientemente de las circunstancias que lleven a los individuos a formar parte de una matriz, las cosas que unen al sistema es ese sentido que tienen para estar formando esa matriz: todos están ahí por el dibujo técnico, es ése el equivalente al ADN de la matriz, el programa, puede ser ese imaginario que se tiene de lo que quieren aprender, lo que esperan conocer...si ellos tienen una idea preestablecida de lo que

necesitan conocer o aprender, y empiezan a ver cosas que no tienen que ver con esto, se empieza a generar una apatía y probablemente la matriz empezará a perder unión. De esto deducimos que el lenguaje con el que se debe comunicarse el SCA debe ser comprensible para todos los componentes del sistema partiendo de la información que cada uno de ellos posee. El que no maneje o comprenda este lenguaje (o gran parte de él) se auto eliminará o será eliminado del sistema, como pasa con los alumnos que abandonan la clase.

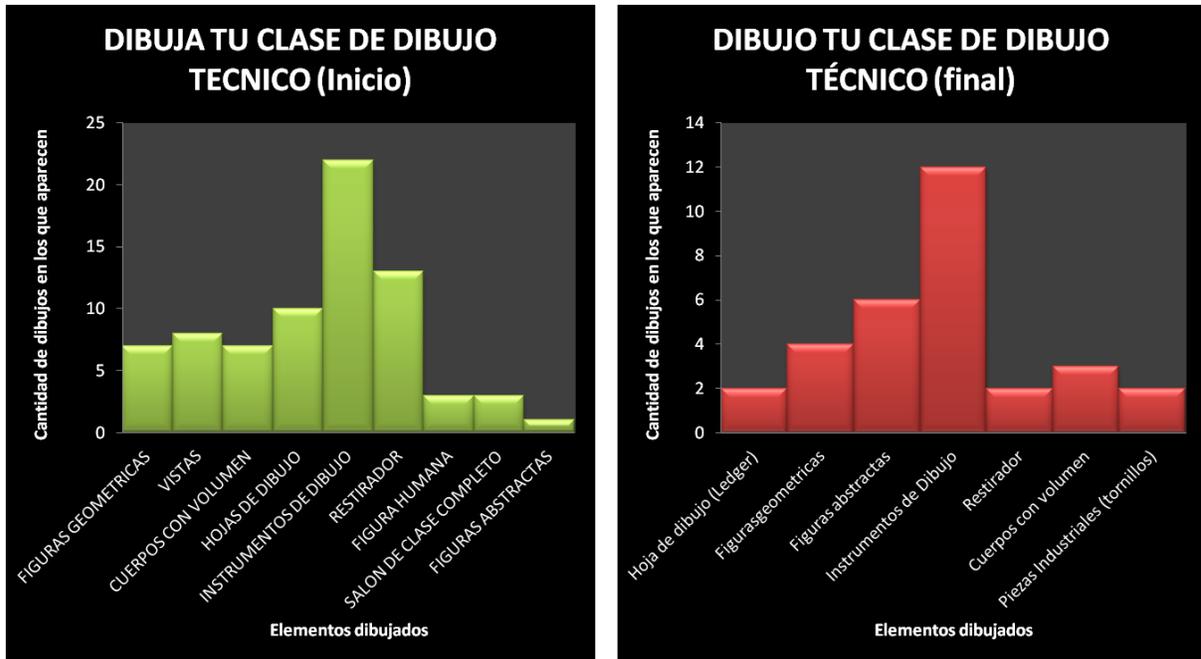
Para conocer esta genética de la matriz también nos auxiliamos en los dibujos, como se puede observar en el primer ejercicio los objetos tienen mucho que decir, son un medio muy poderoso de comunicación, al igual que el lenguaje corporal, la ropa, lo que usamos para trabajar, para enseñar, para hacer las tareas o ejercicios, llevan información que se va integrando al imaginario y cómo se mezcla con lo que se tiene, también va transformando la idea que se tiene de la matriz, una vez más autorreferencia. Esto lo podemos observar en el ejercicio dos, donde se describe la supuesta personalidad de D.T. que evidentemente tiene que ver con la información que se va aprendiendo del grupo. De esto podemos deducir entre más heterogeneidad tenga un sistema en sus componentes, más se podrá enriquecer la información y se podrá ser más inteligible o compatible al entorno, lo que significaría más frontera o más alcance, más posibilidades de comunicación con el medio para un intercambio de información eficiente, lo que equivale a sistemas más fuertes. Con más capacidad de transformación.

Pero no hay que perder de vista lo que puede mantener unidos a los componentes, además del dibujo técnico, a pesar de sus diferencias, es la identidad que tienen como

matriz, los elementos generales que los diferencian del resto y que tienen en común, en este caso las maestras, el salón y la hora, en primera instancia y a un nivel con lo primero que se comparan es con los otros grupos de Dibujo técnico, pero al final el común de ser diseñadores con conocimientos dibujo. Aquí es interesante observar como en los ejercicios existían 2 variantes, lo que se quería comunicar al exterior y lo que a un nivel más local se entendía como D.T. Hay individuos que tienen como tendencia o función de identificarse en función del entorno, y hay otros que en función hacia el interior del sistema.

Profundicemos ahora en los objetos que también son parte de la matriz y la función que tienen en esta, y en primera instancia se reconoce la ubicación en donde se desarrolla la matriz, es decir el edificio y el salón, la pregunta es ¿tendrá que ver esto en la dinámica y forma que tomará el sistema? No cabe duda que ciertas condiciones de los espacios y lugares influyen en la construcción del imaginario y de la información acerca del grupo, y muy particularmente en ciertas matrices sociales que se originan a partir de un espacio, el cual podría ser de lo más emblemático. Sin embargo las características y disposición de el salón en el que se desarrollaba la matriz era de tipo “genérico”, haciendo una comparativa de los dibujos del inicio y los del final de semestre la estructura del espacio prácticamente se esfumó, no fue información que significara a fin de cuentas algo en el consciente colectivo. De esto podríamos concluir que aunque hay elementos inteligibles para los individuos, aún permaneciendo en tiempo de uso, si no cuentan con algún atributo que los ligue a la información preexistente de lo que significa la matriz

social, es poco probable que se introduzca en esta conciencia y perdure después como un signo que le aporte un distintivo a la matriz social.



**Ilustración 25: Comparativa de elementos que aparecen en los dibujos del caso de estudio de la matriz social "Dibujo Técnico"**

El mobiliario del salón en esta clase es distintivo de disciplinas que involucran el dibujo técnico, el restirador y los bancos se asocian inmediatamente con esta herramienta comunicativa, incluso es parte de la información que se trae preconcebida cuando se va a aprender dibujo técnico. Observemos la frecuencia de la representación de éste mobiliario en la gráfica de la Ilustración 25.

Como vimos tiende a quedar fuera al final, en los dos casos de objetos anteriores deducimos que sirvieron como una especie de tierra fértil o anclaje de lo que se destilo como información a partir de todos los significados de la matriz.

Por último tenemos los objetos de uso más directo y que son personales, a diferencia del edificio, del salón y del mobiliario, estos son los instrumentos de trabajo: hojas, lápices, borradores, reglas, escuadras, compás etc. al final de cuentas son los usos más directos con los objetos, los que generan algún tipo de emoción que significa, debido quizá a la cantidad y calidad de interacción que se tiene con ellos.

De lo que se ha observado en esta y otras matrices podemos expresar las siguientes interpretaciones acerca de las funciones y dinámicas entre los objetos, individuos, información y vías de comunicación componentes de una matriz social:

Lo que nos da personalidad a nuestras mentes, se va formando de lo que en ese momento está en ella y de los medios que tenemos para percibir la información del medio, tomando en cuenta nuestra mente como filtro traductor que convierte lo percibido en significados. A partir de ahí, el cerebro acopia y pasa al hardware o memoria de largo plazo toda la información que le es relevante, es decir la que le causa emociones de algún tipo.

Como sucede de manera individual con nuestros cerebros, el colectivo que emerge a partir de las interacciones y dinámicas de relaciones entre los componentes de una matriz, se va formando por los datos que aportan los individuos y se va consolidando de una manera autogenerativa, la teoría de juegos puede dar explicaciones en el sentido de que los datos informativos son los que ganarán en permanencia del imaginario colectivo. Es decir lo equivalente a las emociones en un individuo.

lo que cada individuo procesa de la información que contienen de manera denotativa los objetos, pasa al dominio de los significados, o sea, a lo que connotan los objetos, sólo cuando éstos entran a la dinámica del uso, los objetos que no son usados no son objetos significantes y por lo tanto imposibles de procesar. Es aquí donde entra la antropología en el diseño, ya que esta dinámica que tiene el individuo con su entorno, es la que da cohesión a la matriz social.

Sintetizando sobre la emergencia y ontogenia de la identidad en este grupo, se hicieron las siguientes interpretaciones relacionando las condiciones iniciales, pasando por la contrastación de las otras representaciones de mitad de curso y con las condiciones finales: En el primer trabajo, se observó que los alumnos dibujaron la información más reciente que les perturbó, como lo fue la explicación de la primera clase o la información que ya traían como de referencia por materias similares como la de geometría descriptiva que es la materia que le antecede. Esto no sea lo único que se asimilará ya que en el último ejercicio aplicado plasmaron dibujos más relacionados con los objetos usados en la materia, no con la información dada en el curso. Esto explicaría que conforme pasa el tiempo se queda más en la mente y conciencia los objetos atractores. Las condiciones iniciales no cambiaron mucho con respecto a los objetos atractores, al contrario, se reforzaron y arraigaron más conforme paso el tiempo a pesar de los objetos perturbadores que se introdujeron (el timbre).

Por lo que es básico, antes de trazar un plan de diseño, saber qué cuales son las condiciones iniciales en cuanto a experiencia e información con la que cuentan los sistemas, porque a partir de ahí se van a construir sus comportamientos. Hay que,

entonces, diagnosticar primero el imaginario de las matrices o las condiciones de experiencias y poder establecer un código común entre los elementos nuevos que se pretenderían introducir para dirigir al sistema hacia un objetivo.

Por ejemplo en el caso de la enseñanza en una clase como ésta, la idea que el tutor porte o utilice o maneje objetos afines al mismo lenguaje en común daría una sensación de seguridad, confianza, unión, que muchas veces no se tiene entre alumno-tutor. Tal y como dice Wright (2005) la información constituye el factor que le da unidad a los sistemas.

Al inicio de los ejercicios el tipo de dibujos fueron más de tipo visuales, es decir se dibujaban mas detalles mientras que al final los dibujos fueron totalmente de tipo hápticos, o sea, más emocionales y subjetivos, hubo incluso mucho más dibujos abstractos y simbólicos, lo cual podría relacionarse con la carga afectiva y emocional que se desarrolló durante el curso. Los últimos dibujos se nota mucho más las emociones de cansancio, propios de un final de cursos y el estío, lo cual podría demostrar el postulado del “objeto significativo” que da identidad en la que se pasa el umbral de apropiación pasa por varios factores, entre ellos, el tiempo en que se permea, así como la cantidad y calidad de veces del contacto con la información del objeto. Los alumnos conforme pasa más tiempo en el semestre se van identificando más con el grupo social y maestro/tutor. La teoría de juegos nos dice que la incomunicación y la desconfianza son los factores que se deben reducir o eliminar si se quiere que los individuos interactúen para un beneficio común.

Así mismo, basándose en las mismas bases teóricas, tenemos que, fomentar simbiosis entre los componentes o individuos da mejores resultados para el sistema; Por ejemplo, el alumno debe sentir que su desarrollo es beneficioso para el tutor, la interdependencia de los componentes propicia actitudes condescendientes entre las partes, hay que evitar por ejemplo la clásica frase a los alumnos de “los que pierden son ustedes” porque hace nula una simbiosis. Al establecerse una identidad y unidad entre el tutor y un grupo de alumnos tutorados, también creará la conciencia de que si un compañero pierde, todos pierden, y así puedan apoyarse unos a otros con el tutor como una guía confiable. Podríamos transpolar esto como una analogía de cómo deben comportarse los elementos de un sistema para que éste funcione bien.

Recordemos que la comunicación eficiente y eficaz entre los individuos significará una alianza más fuerte, cuando las vías de conexión y de comunicación son deficientes descentralizar el sistema es una buena opción. (Wright, 2005). En otras palabras y para el fin de la enseñanza, como ejemplo de guiar grupos sociales a través de información, (aunque en este caso el contenedor y portador sea una persona y no un objeto), un maestro debería apoyarse con otros alumnos en la tarea de tutores. Por lo que aquí es útil la aplicación del conocimiento del cómo están conectados entre sí los alumnos, es decir su red, como mencionamos, por lo general estas redes se autoorganizan de tal manera en que ninguno de los elementos es indispensable y además la información fluya óptimamente, aquí lo importante es conocer el rol de cada nodo (individuo) dentro de ésta red, cuáles y como son sus subgrupos y para qué y por qué se juntan, esta información ayudará al mejor manejo del grupo. Por ejemplo en el estudio que se realizó

observamos cómo hacían grupitos en los restiradores de ciertos alumnos, se juntaban los que se llevaban mejor y tenían un mismo fin, los alumnos “dueños” de dichos restiradores son los que daban más identidad a los que se reunían con ellos, ya sea por ser los que le entendían más y querían hacer bien el ejercicio, o los que querían mejor hacer otra cosa. Hubo también pocos alumnos hiperconectados que aunque no eran los mejores en la materia, eran los que mejor comunicación tenían con todos sus compañeros en general, eran “intergrupitos”, no se identificaban con uno en particular, pero tenían poco de todos y llevaba y traía información en todo el sistema, incluyendo a las maestras. Los tutores pueden detectar alumnos para descentralizar la tutoría echando mano de los alumnos adecuados para facilitar la información y también trabajar con particularidades y necesidades de los subgrupos. Estas dinámicas las vemos presentes en la mayoría de las matrices sociales y nos dan una idea muy clara del por qué y cómo funcionan estos sistemas en particular, de lo que se derivan buenos conceptos para diseñar objetos autorreferentes.

En el caso de estudio, también conforme se fue incrementando el tiempo el número de signos y símbolos se fue cerrando. Al principio existía mucha mayor cantidad de estos o de información, mientras que al final había menos signos y símbolos. Esto podría servir de referencia para correlacionar el objeto significativo y los símbolos, entre más significativo sea el objeto, es menos simbólico.

Podemos concluir que en este caso de estudio, esta pequeña matriz social de la clase de DT, el objeto con el cual se sienten más identificados fue una Regla “T” y un juego de escuadras. Al pretender introducir un objeto con una estética diferente o ajena a la

información manejada para este tipo de materia, que los perturbara y que esta nueva información formara parte de su identidad, se pudo comprobar que las herramientas de dibujo como las escuadras y reglas están fuertemente arraigadas en el imaginario de los alumnos como memes o arquetipos culturales y se pudo comprobar que se convirtieron en atractores. Lo cual nos lleva a pensar que los objetos con una fuerte genética cultural se quedan más en el imaginario colectivo que los objetos más estéticos con un lenguaje ajeno a la matriz. La campana o timbre, por ejemplo que se introdujo a manera de virus no pasó al “acervo significativo” del grupo. (Mercado, Sosa, 2010)

Por último la identidad del grupo, es más significativa a la dinámica emergente del propio grupo que a la que podría determinar una institución, en este caso la Facultad de Arquitectura. Por lo que se puede afirmar que el programa del propio sistema autorreferente es más poderoso para dirigirlo, que cualquier perturbación externa que se pretenda introducir. Esto cobra especial relevancia a la hora de diseñar un objeto autorreferente ya que nos dice que costará menos moldearlo hacia un fin haciéndolo desde su programa, que con atractores.

#### *4.3.2. Las ciudades y sus imaginarios*

Las ciudades son una gran matriz social, un gran sistema complejo adaptativo que puede ser observado bajo esta perspectiva con la intención de descifrar sus juegos y procesos. Las ciudades no sólo son sus habitantes, son sus edificios calles, objetos de uso, geografía y todas las cosas que se encuentran en ella. Al igual que los sistemas complejos

adaptativos biológicos, las ciudades son entidades autorreferentes, se autoorganizan y regeneran a sí mismas y la percepción que se tiene de ellas las transforma y ellas transforman su percepción.

Esto cobra relevancia para fines de diseño en el sentido de la importancia de que lo que se produce en una región o ubicación particular, es resultado y reflejo del imaginario y de las circunstancias específicas de ese entorno. Son los objetos y edificaciones hechas por el hombre, una síntesis de información de las ciudades, “Podrían los objetos entenderse como índices para la lectura profunda de la psique de los habitantes, o en otro sentido podrían operar como extensiones de la vida interior de los habitantes, como brazos que se extiende hacia el mundo para expresarse y conocer de él. Estos “órganos sensoriales” de la psique ciertamente establecen una de las funciones más importantes del habitar, que es establecer los límites físicos y simbólicos del ámbito de la vida de las personas”.

(Narváez Tijerina, 2004)

Los objetos y edificaciones creadas y usados por el hombre dentro de una ciudad pueden interpretarse en un sistema como elementos con funciones de portadores de información y también como receptores de información del medio. ¿Cómo es que se van modificando las cosas y evolucionando en un sistema social como éste?, sabemos que los sistemas autorreferentes evolucionan con mutaciones que se van dando dentro del sistema. Los imaginarios urbanos son el colectivo del imaginario de los individuos, y en esa colectividad se piensa que las mutaciones que originan los cambios son dadas a través de los mitos utilizados para explicar lo que nos rodea, los mitos se van generando con

información que se tiene en combinación con lo que se imagina de acuerdo a analogías o metáforas de experiencias previas y las emociones que éstas produjeron.

Estas afirmaciones pueden apoyarse en lo descrito por Narváez (2004) en donde describe un proceso similar con *Paraforar*, que se produce cuando series míticas que se apoyan en series de imágenes que les corresponden, constituyendo sistemas de significados que hacen comprensible el mundo. Los mitos al apoyarse en las series, empiezan a ser entidades productivas de significados, esto es construir nuevas imágenes a partir de metáforas y luego edifican nuevos significados. Por lo que “La arquitectura y la ciudad serian el resultado insobornable de las relaciones entre sus habitantes, de sus particulares modos de vida, de sus sueños y sus memorias y de sus afectos y conflictos.” P

87

Para finalizar el análisis de las ciudades, observemos también algunas de las características que poseen las urbes, generalizando sus rasgos y describiéndolas en conceptos de los sistemas, una ciudad:

- Es un sistema del orden complejo. No predicables. (bucle autorreferente)
- Su forma no está definida, y se encuentra en una dinámica constante de transformaciones que responden al entorno. el cómo responde dependerá de la información contenida dentro de ella.
- Su identidad se la da forma que en este caso consiste en sus patrones de comportamiento y estructura.
- La identidad se va formando por un proceso recursivo de los axiomas (condiciones iniciales) que lo generan y por las experiencias que va teniendo en su ontogenia.

- La información del medio es interiorizada y se combina con su experiencia dando así nueva información que se vuelve parte del sistema.
- Al modificarse o perturbarse sólo un elemento del sistema, se reconfigura a sí misma.
- El control sobre ellas sólo se da de manera indirecta y necesariamente se hace a través de elementos inteligibles en sus códigos.
- Sus componentes son distinguibles y categorizables por la función que desempeñan en el sistema, en cierto nivel y tiempo de información, ya que son polivalentes.
- El procesador de información, manera de interpretar la realidad, esta distribuido uniformemente entre los componentes capaces de distinguir e interpretar patrones inteligibles para la totalidad que generan, es decir, el imaginario urbano de las personas que lo integran.
- Posee interfaces que permiten el flujo de información con su medio y entre sus componentes. (catalizadores, medios, contenedores o transportadores de información, vías, redes, sensores, sentidos). Formas de percepción.

#### *4.4. Los “yo” y la Identidad colectiva: autorreferencia y morfogénesis.*

En el presente apartado abordaremos esta individualidad que se da en el dominio mental de los seres humanos y cómo en similitud a éste, emerge un “yo colectivo” en una sociedad debido a las interacciones de los individuos, y trataremos de entender el por qué las diferencias y similitudes entre estos dos tipos de “yo”. Esto permitirá a un diseñador enfocarse adecuadamente a los niveles de observación que permita distinguir las causas y efectos entre individuos y el sistema completo, y con ello poder planear estratégicamente el diseño.

Los grupos sociales están conformados por personas, individuos que interactúan, cada uno de estos individuos constituye un “yo” ¿a qué nos referimos con esto? La idea del yo constituye lo que nos define como individuos, nos distingue de los demás y nos da identidad.

En cuestiones de identidad revisemos las siguientes definiciones de yo:

“El yo es <<simplemente>> una reunión o asamblea de pequeños procesos semisoberanos cuyos choques y regateos desembocan, a través de una extraña especie de deliberación poco conocida, en una totalidad personalizada.”(Allen Paulos, 2009)

“La profundidad y complejidad de la memoria humana, son impresionantes. No nos debe extrañar, pues, que cuando un ser humano, dotado de ese instrumental de conceptos y recuerdos, vuelve su atención hacia sí mismo –como inevitablemente ha de ser- produce un modelo extraordinariamente profundo e intrincado. Ese profundo e intrincado modelo de sí mismo es lo que conocemos como el <<yo>>.”(Hofstadter, 2009)

Con estas definiciones que dan una idea clara del yo, podemos hacer una analogía que, aunque con diferencias, sirva como modelo para entender el comportamiento de una matriz social, tratando a ésta como un yo colectivo, aunque como dice Allen Paulos, la suma de la conducta de muchas personas es más difícil de entender.

En la Ilustración 26 se puntualizan las características esenciales del yo, nuestra identidad, que refieren autores como Allen Paulos y Douglas Hofstadter, y enseguida se reflexiona si es que se replican en la colectividad o el gran yo colectivo:

"Yo" individual	"Yo" colectivo
<p>"Las cosas y los patrones que percibe son lo que define su realidad, pero no todas las cosas y patrones percibidos son igual de reales para él... somos totalmente egocéntricos y lo mas real para cada uno de nosotros es, sin duda alguna, nuestro propio ser." <b>(Hofstadter, 2009)</b></p> <p>Tenemos la certeza de quienes somos, de nuestra identidad, dado que es lo que percibimos de primera mano, de hecho la manera en que yo percibo, es también mi yo, no hay intermediarios en lo percibido.</p>	<p>Una colectividad no se piensa a sí misma como un "yo", más bien son muchos yo los que piensan en un concepto de nosotros. Ese nosotros presenta cierta intencionalidad que emerge a partir de la interacción de sus individuos, aunque no tenga una auto representación. Por lo que la construcción de un yo colectivo se da de manera indirecta, la manera de percibir no se da por sí misma, sino que se da por lo que cada uno de sus componentes percibe, esos pedazos de información que pertenecen a todos y a nadie...esa historia y acervo común de información, dan identidad a un grupo.</p>
<p>Lo que se activa en nuestro yo más a menudo más real nos parece.</p> <p>Como ya hemos visto, lo que nos emociona y significa e identifica, por lo tanto lo que es real para nosotros, es esa información que destilamos e incorporamos y apropiamos, <b>(Mercado &amp; Sosa, 2008)</b> y esto se da por varios factores como, repetición, tiempo, percepción etc.</p>	<p>Si se relaciona lo que nos parece más real con lo que nos identifica, habrá que preguntarse qué es lo que le parece real a los individuos con respecto a una matriz social a la cual pertenecen. Por lo que hemos analizado, son sus códigos, rituales y objetos que se usan en esa matriz, los que dan identidad a esa colectividad, independientemente si estos factores signifiquen lo mismo o no para los componentes del sistema o un observador.</p>
<p>La gente está mucho más dispuesta a arriesgarse para evitar pérdidas que para obtener ganancias.<b>(Allen Paulos, 2009)</b>.</p> <p>Cuando nos apropiemos de algo pasa a ser parte de nosotros y nuestro yo se reconfigura para mantenerlo como tal, ya que es algo que nos da certidumbre.</p>	<p>De igual modo que como ocurre en lo individual, los grupos sociales luchan por no perder su identidad, y es complicado para un grupo aceptar elementos que le provoquen incertidumbre. La evolución o transformación en una organización social, se da de manera paulatina, si no, estaríamos hablando de guerras.</p>
<p>La información que nos rodea puede empezar a incorporarse a nuestro yo con un mecanismo llamado, el síndrome del falso recuerdo que permite hacerse una idea preliminar de la correlación entre la información y el yo. Con la imaginación y nuestra memoria podemos discernir información del entorno para tratar de procesarla convenientemente.</p>	<p>Aquí es donde entran los imaginarios colectivos, la cultura y el acervo histórico que identifica a los grupos. Los individuos que componen cualquier tipo de entidad social, procesan información de acuerdo a cada contexto echando mano de éstos significados comunes. Que el significado es un fenómeno mediatizado socialmente que el acervo cultural común hace posible.</p> <p>(Allen Paulos, 2009)</p>
<p>"...involuntaria y automáticamente incorporamos a nuestro repertorio toda clase de fragmentos del comportamiento de otras personas...recuerdo haber admirado, y a consecuencia de ello imitado...de forma real o virtual" (Hofstadter, 2009)</p>	<p>Este fenómeno ocurre de manera similar si pensamos al grupo social como una sola entidad, y a los otros grupos como otras unidades. Esto sucede así porque así es como funcionan las personas, y son éstas las que configuran el cerebro colectivo.</p>

Ilustración 26: Identidad individual y colectiva.

Como pudimos observar, y en concordancia a lo que dice Hofstadter, “el cierre del extraño bucle de la identidad humana depende en alto grado del salto entre niveles asociados a la percepción, el cual implica una categorización. Así, cuanto mejor equipado este un organismo para la categorización, más rico y mejor formado será su <<yo>> y, por el contrario, cuanto más escaso sea el repertorio de categorías de un organismo, más pobre será su <<yo>>, hasta el extremo de que podría no existir en absoluto.” Así pues, se puede decir que una matriz social tendrá una fuerte identidad en consecuencia del repertorio de categorías que ésta maneje, que vendrían siendo sus códigos, ya que éstas dan cohesión a sus individuos y un sentido de pertenencia. Un ejemplo claro son los elementos que las sociedades han empleado una y otra vez en sus organizaciones: “llama la atención la frecuencia con que en las sociedades de Hombre Importante de todo el mundo se ha empleado el mismo elemento de cohesión para reducir las fricciones entre familias: ceremonias y lenguaje que unifiquen el natural valor emocional del parentesco.” (Wright, 2005)

Aunque el número de individuos es importante, hay que tener en cuenta la organización social se da de manera modular tipo fractal cuando los recursos no permiten el intercambio de información de una manera eficiente. La confianza y afecto por nuestros congéneres, florecen mejor dentro del núcleo familiar y con personas cercanas debido a que las personas “pueden aplicar su sabiduría tradicional a los fines e intenciones de los demás y donde la psicología les permite entrever las acciones y conductas estereotípicas de los otros.”(Allen Paulos, 2009)

Podemos deducir los procesos de la morfogénesis de entidades colectivas, por ejemplo la de una ciudad, un país, una familia en relación con las tecnologías y objetos que son parte de esta dinámica, a partir de los análisis realizados a las matrices. La Ilustración 27 muestra este proceso circular y recursivo, en donde interviene la información y datos como motor de la dinámica.



**Ilustración 27 Diagrama de la dinámica de interacciones entre los componentes de una matriz social, su información, individuos, objetos y como la información del medio y la recursividad de acciones internas transforman a la matriz.**

Para finalizar entendemos que, hablando a nivel de un “yo colectivo”, las materialidades físicas y geográficas son como la tierra fértil que determina a la entidad. Tal y como vimos en el estudio de la matriz social de una clase de dibujo técnico, el

espacio físico en sí mismo, como el salón de clases no es percibido como información que da identidad, aunque ha contribuido a darla, al final de cuentas los objetos tampoco, es más bien el significado de ellos lo que permanece y se incorpora al imaginario, “que la tierra...no es indispensable para la supervivencia de una nacionalidad. El lugar geográfico no es más que el caldo de cultivo para un conjunto ancestral de genes y de memes – compleción, tipología corporal, color de cabello, tradiciones, palabras, proverbios, danzas, mitos, vestimenta, cocina etc.- y con tal de que una masa crítica de portadores de esos genes y esos memes, ubicada fuera, sobreviva al cataclismo, toda esa riqueza podrá seguir existiendo y floreciendo en otra parte, y el lugar físico ahora extinguido continuara estando vivo en las canciones y en la historia.” (Hofstadter, 2009)

Como pudimos ver, el tipo de organización de las sociedades es, como en los individuos, del tipo autopoiética. Para fines del diseño, podemos determinar, entre otras cosas, los siguientes factores:

- Un sistema como el social sólo se puede proyectar en cierta medida y de manera indirecta, esto dependerá de la complejidad del sistema.
- Para introducir un objeto atractor que pueda incorporarse al acervo común, tiene que llevar en sí una carga de significado que corresponda a ese acervo común. Las características y modo de percibir a ese objeto pasan a un segundo plano.
- Factores que influyen en la interiorización de conceptos e ideas que se reflejen en un comportamiento son la duración y profundidad de las interacciones con dichos objetos atractores, contenedores de información. La interacción puede darse de manera real o ficticia, o virtual.

- Al igual que con otras organizaciones , es importante la confianza que se da a consecuencia de los lazos familiares, es decir , la cercanía y calidad de comunicación que se tiene con otra persona, por lo que hay que seleccionar cuidadosamente los elementos de los que nos apoyaremos, así como la cantidad de éstos, para influenciar al sistema.

#### *4.5. Comunicación*

A lo largo de este capítulo hemos venido hablando de las interacciones humanas, en particular en las matrices sociales, el interactuar implica necesariamente la transmisión de información, lo que llamamos comunicación. Las definiciones de comunicación clásicas son útiles para las interpretaciones realizadas, se ha escrito mucho sobre ella, pero lo relevante aquí es la polivalencia referente a las funciones y significados en la acción de comunicar, de los elementos en un sistema dependiendo del nivel de observación y descripción que se esté manejando, lo que vuelve a los procesos muy complejos.

Antes que nada repasemos los conceptos y esquemas básicos en la comunicación, empezando por la definición de comunicación: “la acción de hacer participar a un organismo o a un sistema situado en un punto dado, de las experiencias y de los estímulos del medio ambiente, de otro individuo o sistema situado en otro lugar y en otra época; utilizando los elementos que tienen en común” (Moles & Rohmer, 1983). La palabra comunicación tiene como idea poner en común, y como dicen los autores, valdría la pena preguntarse si la palabra comunidad tiene que ver con lo que las personas tienen en común.

Vale la pena pues, contemplar los elementos básicos de la comunicación que la teoría nos dice, para poder categorizar las funciones de los elementos del sistema en la dinámica que se observa para diseñar, según el modelo de Shannon y Weaver tenemos:

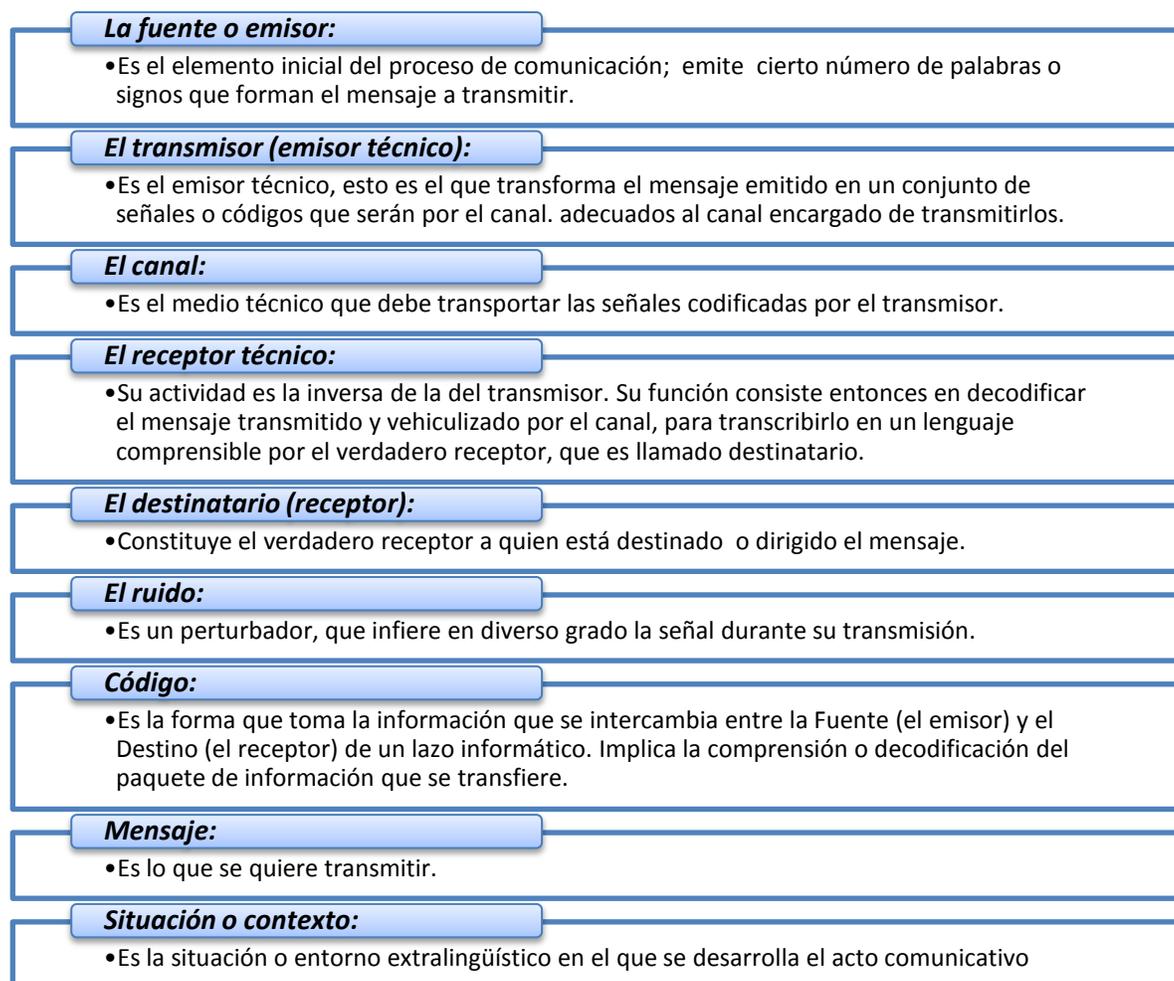


Ilustración 28: Elementos de básicos del proceso de comunicación. Fuente: documento pdf “Modelos de comunicación” (Cesar Galeano)

“Comunicarse con otro es necesario identificarse con el (lo cual, desde luego, exige presuponer la existencia de ese otro). Así pues, hay que referirse al ineludible conocimiento cultural de fondo, al acervo o conocimiento común de los participantes y a

la situación particular. Los conocimientos implicados son sutiles y fugaces, y la base de datos requerida es descomunal.” (Allen Paulos, 2009)

Como ya hemos visto, la comunicación humana es autorreferencial y da lugar a la formación cultural y personal, los objetos son poderosos elementos de comunicación por la información que transmiten, perciben y poseen. Toda esta información es útil a la hora de diseñar, entre otras cosas, para entender la función y características que debe poseer un objeto al tratar de incorporarse o existir dentro de un sistema o contexto y, en el caso de pretender replicar la autorreferencia en un objeto autorreferente u objeto “social”, conocer las reglas de las dinámicas y procesos en éste tipo de sistemas.

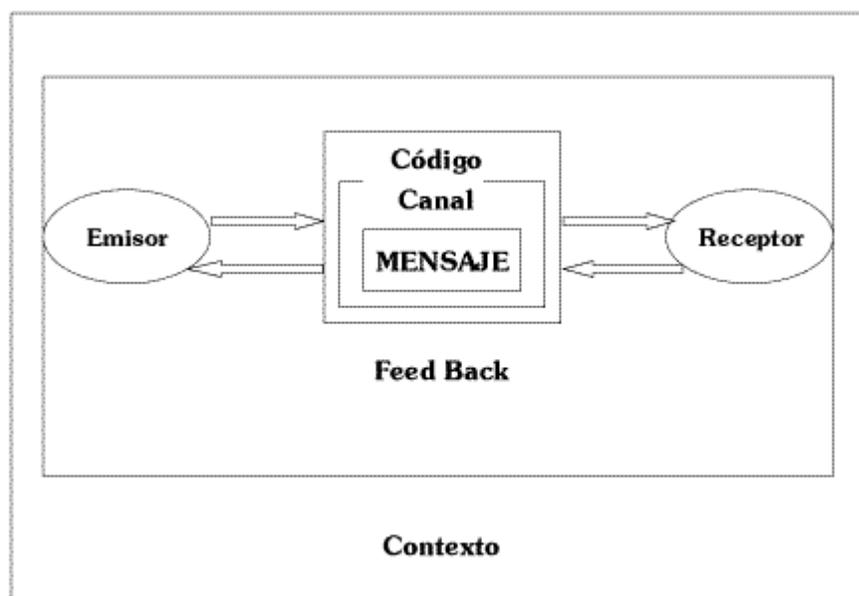


Ilustración 29: Esquema de comunicación \*

## 5. CAPÍTULO 5: LOS SISTEMAS

### INFORMÁTICOS/DIGITALES/ROBOTS/INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Los sistemas digitales representan una evolución tecnológica que deja entrever hasta dónde se ha llegado en la creación de objetos que nos parecen inteligentes y la interacción que podemos llegar a tener con ellos; En estos sistemas existen varios modelos de funcionamiento, muchos casos están inspirados en la biología y sobre todo en las neurociencias. Se pretende analizar dichos sistemas por que al ser creados por el hombre presentan particularidades distintas dadas por los elementos y técnicas de las que se disponen en este tipo de objetos, tales como materiales y transmisión de información. Al hablar de estos objetos en términos de sistemas, podríamos analizar y detectar los patrones o reglas generales que exhiben e incorporar esto a un modelo de diseño general de objetos autorreferentes, es interesante también tener en mente que, como en un fractal, el modelo de diseño que se usa para resolver una cosa o edificio inteligente o adaptativo, se puede utilizar a su vez para resolver un necesidades de un “objeto” mayor que vendría siendo el sistema en el que está inmerso el producto diseñado.

#### *5.1. Ingeniería y operaciones en los sistemas digitales*

Se entiende por sistema digital todo aquel dispositivo cuyos procesos se realicen con señales digitales, es decir, señales que no varían de manera continua, sino que su variación se hace en cambios o en incrementos discretos. Casi todas las señales de éste

tipo, manejan códigos binarios o de dos estados. En internet se encuentra como definición que es también un sistema digital, una combinación de dispositivos diseñado para manipular cantidades físicas o información que estén representadas en forma digital, es decir, que sólo puedan tomar valores discretos. (monografías, 2012)

Los sistemas digitales surgen a partir de la antigua idea de que es posible traducir las habilidades de pensamiento a dispositivos fuera del cerebro. Ramón Llull (1233-1315), adelantándose a la cibernética, pensaba que era posible mecanizar los actos del pensamiento y que, en consecuencia, este podría producirse fuera de la mente humana, como sucede con algunas maquinas en la actualidad. (Chimal, 2007)

Es importante saber que los sistemas digitales están limitados por la tecnología, y la lógica en la cual se basan es la del razonamiento formal, apegado a las matemáticas y el cálculo de probabilidades. Pero no todo el razonamiento es de este tipo ya que los seres vivos, en particular los dotados de sistema nervioso, en su cotidianeidad presentan una gran flexibilidad en su lógica, por lo que se ha venido desarrollando el estudio de la lógica difusa<sup>9</sup>; el razonamiento formal no ha podido replicar satisfactoriamente la complejidad de pensamiento que presentan algunos seres vivos, para lograr un modelo que exprese tal cosa “se necesitaría que grandes trozos de discurso pudieran tener asociada una “lógica” muy general y que, en cada sub pieza de dicho discurso, pudiera

---

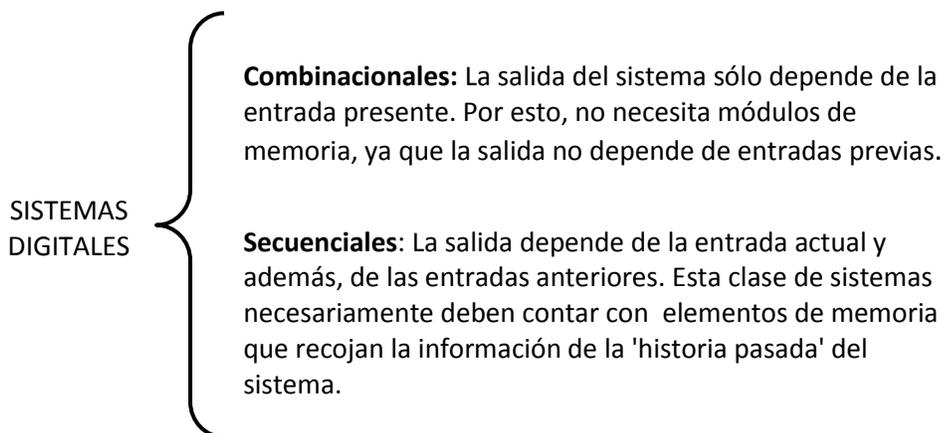
<sup>9</sup> La lógica difusa es una mejo herramienta para estudiar la complejidad, con la que se obtienen sistemas descriptibles por medio de reglas a las que se asignan un factor de certeza que unas veces es numérico y otras lingüístico. (Chimal, 2007)

particularizarse un tipo de lógica concreta que, a su vez, se aproxime a la realidad lo suficiente, mediante un modelo matemático adecuado.” (Chimal, 2007)

Es claro entonces, que para diseñar bajo un modelo basado en sistemas complejos autorreferentes, es necesario tener claro el lenguaje, identificarlo y hacer que los elementos que se dispondrán en el diseño, manejen el mismo “idioma” además de que la lógica con la que lo procesen sea similar, es decir, que el programa tenga coherencia entre sus elementos y no genere conflictos o contradicciones entre ellos y sus interacciones. Un ejemplo son las computadoras, ya que éstas funcionan con números, la información que entra debe ser representada con números antes de que pueda ser procesada.

El razonamiento lógico humano se basa en silogismos, George Boole (1815-1864) logró traducirlos a términos matemáticos, lo que dio pie a la mecanización de operaciones lógicas, y es a partir de aquí donde se inició el tratar de hacer que sistemas artificiales lograran ciertos comportamientos.

Volviendo al tema de los sistemas digitales, éstos se suelen categorizar en dos tipos: los combinacionales y secuenciales, veamos las definiciones en el siguiente cuadro:



(monografías, 2012)

Los sistemas informáticos digitales cuentan con elementos y componentes tanto físicos como intangibles, tales como circuitos electrónicos y transistores, además de los programas y software. En las computadoras se conoce como hardware y software.

La diferencia entre circuitos digitales y analógicos es que los primeros usan magnitudes con valores discretos, mientras que los analógicos usan valores continuos.

El hardware, los elementos físicos en los sistemas digitales por lo general son las interfaces con los seres humanos y son la parte que recibe la información del entorno que la pasa al software que viene siendo como la “mente” del sistema. En las computadoras digitales el software es lo que hace que un sistema digital, robot, autómatas, computadoras, puedan en ciertos casos, comportar complejidad y adaptabilidad. El diseño de un sistema así incluye ambos aspectos del sistema, pero observando el conjunto como un objeto autorreferente, se debe considerar al hardware que almacene el software, como el cerebro o procesador de información y ubicarlo o ubicarlos según vayan a interactuar para lograr un objetivo y en conjunto con los demás elementos e interfaces, además para poder ponerlos en la disposición correcta se necesita conocer el programa que contendrá el software, estos objetos, al diseñarlos como autorreferentes, vendrían cayendo en la clasificación de sistema digital secuencial, y se deberá proponer un programa con los algoritmos<sup>10</sup> que permitan la generación de cierto comportamiento del sistema completo, que será nuestro objetivo como

---

<sup>10</sup> Un algoritmo es una serie finita de reglas o métodos definidos para obtener una solución de un problema o responder a una pregunta en un número determinado de etapas. (Chimal, 2007)

observadores, que es distinto al objetivo del programa, que estará orientado a hacer funciones de acuerdo al mismo sistema en relación con el entorno.

En los software que simulan inteligencia, los programas comportan mecanismos comparables a lo que se conoce como bricolaje en la naturaleza, que da como resultado una evolución, Solé explica en la siguiente párrafo a grandes rasgos lo que sucede con los programas del software:

*En los lenguajes de programación actuales, todo elemento del sistema es un <<objeto>> de distinta naturaleza pero en general claramente comprensible como entidad. En esta <<programación orientada a objetos>>, un programa queda definido como un conjunto de estos objetos, que colaboran entre ellos para realizar tareas. Esto permite hacer los programas y módulos más fáciles de escribir, mantener y reutilizar. Cualquiera de estos objetos contiene toda la información que lo define dentro de una <<clase>>, definida como un conjunto de propiedades y comportamientos. Una clase posee un número de características abstractas. La clase <<imagen>> por ejemplo, incluye objetos muy diversos que comparten propiedades generales pero bien definidas. A su vez, los objetos disponen de mecanismos de interacción (llamados métodos) que favorecen la comunicación entre ellos. Los programadores llevan a cabo duplicaciones de código basadas en parte en la copia y posterior modificación de dichos objetos. Dado que estos objetos se relacionan entre sí, la copia de un objeto da lugar (como la copia de un gen) a la copia de las conexiones previas. La modificación a su vez da lugar a cambios en la conectividad. Al estudiar la estructura a gran escala de los grafos de los programas, descubrimos que aquí también se daban todas las propiedades que acabamos de ver en el proteoma: mundo pequeño, heterogeneidad y modularidad. (Solé, 2009)*

Como vemos, éste tipo de programas reproducen propiedades que se manifiestan en la naturaleza, éstas propiedades emergen en ambos tipos de sistemas (biológicos y artificiales) por las interacciones y mecanismos que dictan los programas, los cuales a su vez se modifican por recursividad y la retroalimentación de información al interior del sistema, dando lugar a la autorreferencia.

El concepto de “retroalimentación”, conocido en biología, es fundamental en las disciplinas como la cibernética “La síntesis de Wiener y Rosenblueth consiguió traducir los mecanismos de retroalimentación y convertirlos en instrumentos para el procesamiento de la información, pues reciben datos y toman decisiones basadas en ellos.” (Chimal, 2007) Las bases del aprendizaje en redes neuronales artificiales y adaptativas fueron asentadas por estas ideas.

## Interacciones entre clases de software.

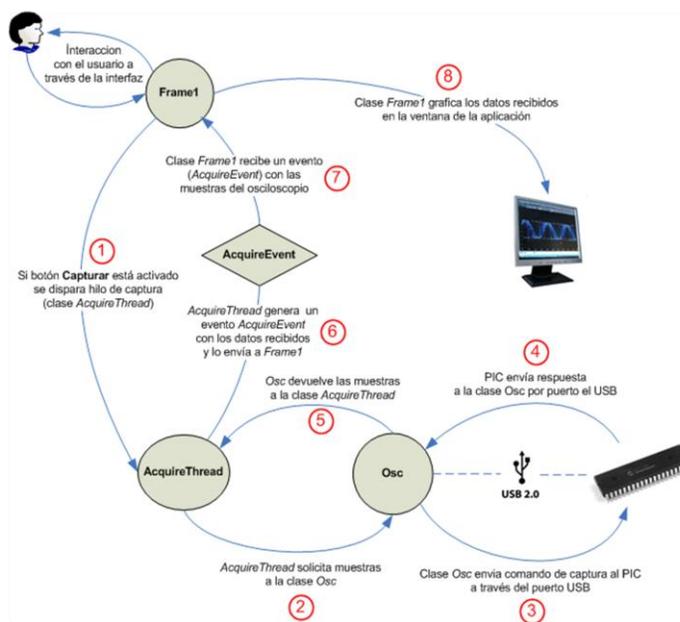


Ilustración 30 : Ejemplo de Interacciones entre clases de software, hardware y ser humano.

## 5.2. *Inteligencia artificial*

El tema de la inteligencia artificial ha sido muy debatido por la comunidad científica debido a la ambigüedad de la palabra artificial y a los distintos significados de inteligencia. Artificial puede entenderse por algo que quiere imitar y también algo creado por el hombre, así que cabe la pregunta aquí si la inteligencia artificial es algo que imita inteligencia pero no es, o es una inteligencia auténtica pero reproducida en un artefacto creado por el ser humano. No es el caso de esta estudio debatir sobre cuestiones morales ni filosóficas, sino analizar el funcionamiento de los sistemas creados por el hombre que exhiben un comportamiento autorreferente, ver sus mecanismos, funciones y comportamientos para luego compararlos con los otros tipos de sistemas autorreferentes, como los sociales y biológicos para generalizar patrones y proponer un modelo de diseño, así que la postura que se toma con la inteligencia artificial es que se refiere a un sistema que fue creado por el ser humano, y aquí encaja la frase dicha por Marvin Minsky (entrevista para Generation 5) “¡Una computadora digital puede simular cualquier cosa y el pensamiento simulado es lo mismo que el pensamiento!” Citado por (Challoner, 2004)

Las computadoras pueden programarse para aprender y recordar, pero es un verdadero reto que tengan, juicio, emoción, intención, comprensión y sentido común. El mayor misterio de todo es la conciencia: el sentido de percatarse de uno mismo y del mundo que lo rodea.

Uno de los objetivos de la neurociencia es entender como las neuronas participan en aspectos de la inteligencia como la percepción, el aprendizaje y la memoria. La

aplicación de ese entendimiento al diseño de sistemas de cómputo es un acercamiento a la inteligencia artificial.

La arquitectura del cerebro responde a un diseño común en todos nosotros, pero cada uno es diferente en cuanto a las neuronas individuales y los grupos de neuronas. Nuestras experiencias moldean nuestros cerebros al cambiar de conexiones entre sus neuronas. (Challoner, 2004)

En los seres vivos de la naturaleza, la inteligencia no se da en unidades discretas, sino que pasa por todos los matices. En los animales no hay una línea divisoria ni caracterización concreta que divida un animal inteligente a uno que no lo es, sin embargo en los seres humanos la inteligencia tiene aspectos muy particulares, “nadie entiende en realidad los aspectos de la inteligencia humana más importantes para la investigación en inteligencia artificial: la producción de lenguaje significativo, los estados intencionales y las conciencias, así como la conciencia de uno mismo.” (Challoner, 2004). Se piensa que esto que se llama conciencia es una propiedad emergente que ocurre dentro de un cerebro por las interacciones dentro de éste, “Este enfoque tiene algún sentido ya que solo los animales cuyos cerebros tienen una corteza bien desarrollada parecen mostrar señales de conciencia.” (Challoner, 2004)

Las interacciones dentro del cerebro están sujetas a programa, pero éste no es estático, tienen una definición recursiva, que quiere decir que existe una regla para obtener nuevos elementos a partir de los que se cuentan. Esto podría considerarse una regla inteligente.

Las máquinas inteligentes están dotadas de reglas inteligentes que pueden otorgar significados a símbolos inertes...”debo señalar aquí que toda regla de inferencia en un sistema formal como PM<sup>11</sup> no solo conduce desde una o varias formulas de entrada a una formula de salida, sino que, además, lo hace por medios puramente tipográficos, es decir, mediante una estricta manipulación mecánica de unos símbolos que no exigen conocer siquiera lo que significan. Para la persona (o la maquina) que está aplicando las reglas para producir teoremas, tales símbolos podrían perfectamente carecer por completo de significado...Por otra parte, cada regla ha de estar diseñada de forma muy cuidadosa, de modo que, dadas unas formulas de entrada que expresen verdades, la formula de salida exprese también la verdad. El creador de esas reglas (Russell y Whitehead, en ese caso) tiene que pensar en el significado deseado de los símbolos de un modo que garantice que la regla le funcionara perfectamente a un operador (humano o no) que no esté pensando en el significado deseado de los símbolos.” (Hofstadter, 2009)

Existe entonces una semejanza entre los sistemas complejos adaptativos y La inteligencia artificial que consiste en que utilizan axiomas <sup>12</sup>como origen y reglas recursivas como mecanismos de evolución. Diseñar sistemas así, implicará tener en cuenta el origen o las condiciones iniciales, así como las reglas que deben tener ésta característica de recursividad, se tiene que pensar en que las combinaciones resultantes de la evolución evoquen el significado que deseamos para un observador.

---

<sup>11</sup> Principia mathematica tratado con las bases de la matemática escritos por Bertrand Russell y Alfred North Whitehead publicado entre 1910 y 1913

<sup>12</sup> Semillas que constituyen la <<generación cero>> de teoremas. (Hofstadter, 2009)

### 5.2.1. Máquinas universales y cerebros electrónicos.

Actualmente las analogías de los cerebros con las computadoras no son raras por el hecho de que, “ambos reciben información en forma de pulsos eléctricos, la procesan internamente y producen pulsos eléctricos de salida. Incluso las neuronas tienen sus contrapartes en las computadoras digitales: las compuertas lógicas... el cerebro como una computadora increíblemente complicada: capaz de procesar información en gran escala; correr un “programa” que llamamos mente” (Challoner, 2004), sin embargo también hay diferencias claras entre ambos sistemas, aparte de la tecnología y materiales, está sobre todo la complejidad.

Hay debate entre sí una máquina puede tener inteligencia genuina o no, los argumentos en contra se centran en la capacidad de entender la semántica, que confiere significados, sin embargo, éstos se dan por una serie de procesos que, los partidarios a que puede darse, defienden la idea con la llamada “respuesta de los sistemas” que dice que en los niveles de observación adecuados, en donde se contempla todo el sistema, incluyendo las instrucciones, y no sólo las partes, en el colectivo se da el entendimiento.

Aunque aquí se concuerda con el enfoque sistemático, lo que interesa en cualquier caso es la forma en que realizan sus procesos, ya que los software reproducen funciones de manera similar a los del cerebro.

Un tipo común de funcionamiento en los programas computacionales es el uso de frases condicionales, del tipo “Si...entonces”, este enfoque llamado *top-down* es apropiado para la toma de decisiones y la deducción. Estos programas de cómputo incluso

pueden enriquecer su base de conocimiento con cada interacción. La efectividad de estos programas va directamente relacionada con la velocidad y capacidad de almacenamiento de los sistemas. La analogía con un cerebro podría consistir en el uso y funcionamiento de las compuertas lógicas<sup>13</sup> como las neuronas: “Así como las neuronas pueden estar o no disparando, las compuertas lógicas pueden estar o no disparando, las compuertas lógicas pueden estar “encendidas” o “apagadas”. Este sistema binario, constituye la esencia de cómo las computadoras procesan la información. Las compuertas lógicas producen salida (están “encendidas”) solo cuando determinados criterios coinciden con los patrones de sus entradas y esto también sucede en el cerebro. Además, la mayoría de las compuertas lógicas reciben sus entradas de otras compuertas lógicas y forman redes de la misma manera que las neuronas. Como en el caso de estas últimas, las excepciones son compuertas lógicas que reciben la entrada del mundo fuera de la computadora o de aquellas que producen la salida.” (Challoner, 2004) Recordemos que en las computadoras y sus programas, el lenguaje utilizado es el binario, por lo que números, palabras, sonidos e imágenes están simbolizados por pulsos de “encendido” y “apagado”

Otro enfoque para la inteligencia artificial es el denominado “bottom-up” que parte de que el aprendizaje tiene lugar cuando las conexiones sinápticas cambian como resultado de una entrada sensorial repetida, “De alguna manera, los millones de señales de las terminaciones nerviosas en nuestros órganos de los sentidos forman una

---

<sup>13</sup> Las compuertas son módulos del hardware que producen señales en binario 1 ó 0 cuando se cumplen los requerimientos de entrada lógica. podemos considerar a cada compuerta como un elemento en el que se introducen valores digitales en sus entradas, y salen otros valores como resultado.

Cada compuerta tiene asociada una tabla de verdad, que expresa en forma de lista el estado de su salida existen puertas AND, OR y NOT. Puertas AND y NOT. Puertas OR y NOT. Puertas NAND. Puertas NOR.

representación interna de nuestro entorno inmediato: nuestra percepción del mundo. La representación interna se relaciona con el disparo de grupo de neuronas dentro de nuestro cerebro. Asimismo, el aprendizaje parece surgir de la formación de nuevas conexiones entre neuronas, o bien del fortalecimiento o debilitamiento de las existentes. Estas conexiones son sinapsis, diminutas hendiduras entre el axón de una neurona y la dendrita de otra, a lo largo de la cual pasan las señales. El enfoque bottom-up imita estos aspectos de la inteligencia humana creando redes de neuronas artificiales, cada una de las cuales se comporta como una neurona biológica real.” (Challoner, 2004)

Se han desarrollado proyectos en donde se imitan las redes neuronales y se intenta hacer aprender por reconocimiento de patrones. El funcionamiento es que a partir de exposiciones repetidas a señales, los programas darán como salida interpretaciones, los errores de interpretación se retroalimentan en la red neuronal artificial y por eso los pesos de las entradas a las neuronas cambian paulatinamente de acuerdo con el grado de error.

Lo que hace al cerebro capaz de aprender, percibir y recordar es la interconexión de muchas neuronas. Estas cualidades de inteligencia se producen en sistemas artificiales por la combinación de muchas neuronas artificiales y su conexión física.

Se observa entonces que algunas claves del diseño de estas redes están en la modularidad y el acomodo en capas sucesivas en donde la salida de una capa es la entrada de la otra.

Uno de los avances en el desarrollo de la inteligencia artificial (IA) fue la retroalimentación de “errores” a través de cada capa de neuronas en lugar de hacerlo sólo

en la capa de neuronas de entrada del exterior, y lo que produjo esto fue un mejoramiento en la realización de las tareas que debería hacer el programa, además de que “esta *propagación hacia atrás* mejora la capacidad de aprendizaje de una red, y los pesos de entrada de las neuronas en las capas intermedias forman una especie de memoria de corto plazo.” (Challoner, 2004)

En el diseño de un objeto autorreferente, una red neuronal puede ser representada como un algoritmo, secuencia de instrucciones codificables, y éste a su vez podrían ser las formas específicas o la disposición de los elementos en un objeto que doten de significados que generen conductas.

Las redes neuronales artificiales están diseñadas para imitar aspectos de la naturaleza como la evolución, las redes neuronales pueden definir su propio algoritmo, la solución más exitosa. Los aspectos clave en la evolución en la naturaleza son la selección natural y el genoma, en las redes artificiales se usa el mismo mecanismo de la selección pero se utilizan algoritmos en lugar de genomas.

Ya hemos mencionado anteriormente algunas de las diferencias entre los sistemas digitales artificiales y los sistemas naturales, en lo que se refiere al cerebro en particular, podemos mencionar además las siguientes diferencias en cuanto a funcionamiento: “Las neuronas reales no usan propagación hacia atrás. Las señales en el cerebro solo fluyen del axón de una neurona a las dendritas de otra, y no en la dirección contraria... Las neuronas artificiales están sobre simplificadas: una neurona en tu cerebro no es realmente un dispositivo en dos estados, como las neuronas en una red artificial. Una neurona real esta

“apagada” cuando dispara ocasionalmente y “encendida” cuando lo hace rápidamente, pero puede estar también “parcialmente” encendida.” (Challoner, 2004).

Ante esto, recordemos que a diferencia de la electrónica digital en donde las señales son unidades discretas, la electrónica analógica discierne señales de acuerdo a la cantidad de corriente eléctrica que fluye en los componentes, por lo que han surgido disciplinas como la ingeniería neuromórfica en donde se crean redes de componentes electrónicos análogos par producir inteligencia artificial.

Este aspecto se considera de relevancia para el diseño de objetos autorreferentes, ya que la reacción de los componentes podría depender de aspectos que no se pueden cuantificar en valores discretos, sino en los pesos análogos que se representen en la realidad.

Otro factor importante en la dinámica cerebral de la naturaleza, son las moléculas llamadas neurotransmisores cuya función es transportar señales a través de las neuronas “estos son liberados en las terminaciones de los axones cada vez que una neurona dispara. Cuando alcanzan el otro lado de la sinapsis son absorbidos por la neurona receptora. Los neurotransmisores son moléculas relativamente grandes que solo pueden viajar distancias cortas. Sin embargo, los científicos descubrieron que alguna neurona emiten neurotransmisores cuya moléculas son más pequeñas y que pueden “difuminarse” sobre un área relativamente grande, afectando a cientos de otras neuronas.” (Challoner, 2004). Esto representa una forma de funcionamiento que no es fácil de imitar en un sistema artificial, sin embargo se han hecho experimentos desarrollando los efectos de un

gas “El efecto de oxido nítrico fue simulado en un modelo matemático, y este gas se difundió a lo largo de la red. Al usar el gas virtual, la red se desarrollo diez veces más rápido que una red convencional con menos neuronas artificiales.” (ibíd.)

Lo importante para el diseño es correlacionar estos conceptos a los elementos de un objeto autorreferente, lo cual podemos lograr por la caracterización de funciones de los elementos que componen los sistemas. Así, podemos transpolar los mecanismos que hacen que los sistemas se comporten como lo hacen. Como vimos con el efecto al interactuar de manera masiva con varios componentes a la vez, que se traduce en velocidad de desarrollo en los sistemas.

También, como ya mencionamos, una diferencia crucial entre los sistemas naturales y los artificiales es la complejidad, que tiene que ver con la composición estructural y las capacidades de representaciones que pueden lograr, entre otras cosas.

Al respecto, Hofstadter (2009), retoma el término de <<maquina universal>>, introducido en 1936 por el matemático ingles y pionero de la computación Alan Turing.

Las máquinas universales pueden sobrepasar cierto umbral de complejidad al que el autor denomina <<umbral de Gödel-turing>> en donde se llega a “el punto en el que una maquina es lo bastante flexible como para leer e interpretar correctamente un conjunto de datos que describa su propia estructura... La universalidad representacional significa también que podemos importar ideas y acontecimiento sin tener que ser testigos directos de ellos... en el mundo de los seres vivos, se supera el umbral de la universalidad representacional cuando el repertorio de símbolos de un sistema se hace ilimitadamente

extensible... Los sistemas que se hallan por encima de ese equivalente al umbral de Gödel-Turing –y que llamaremos <<seres>>, para abreviar- tienen la capacidad de modelar dentro de sí mismos otros seres con los que entran en contacto... Cuando las percepciones alcanzan cierto grado de complejidad, pueden provocar fenómenos que no tienen equivalente en sistemas cuya capacidad perceptual es muy primitiva.” (Hofstadter, 2009)

Esta complejidad es la que hace falta para crear un “yo” que los animales y las computadoras no han podido superar, “Para crear un <<yo>> hacen falta significados y para obtener significados se necesitan percepción y categorías, de hecho, un repertorio de categorías que se construya a sí mismo y que crezca sin límites.” (Ídem). Por esto Todos nosotros nos hemos formado poco a poco y de manera no planificada, sin embargo en la naturaleza hay grados de complejidad, no existe una línea que divida a seres conscientes a los que no, el grado de conciencia en los animales recorre toda la gama de grados que podrían existir, lo que marca diferencias entre mosquitos y delfines por ejemplo.

Podemos deducir que así mismo sucedería en el diseño de sistemas, cuya complejidad estará basada en última instancia por el repertorio de categorías que puede percibir y representar.

### 5.2.2. Los Robots y su interacción con el entorno.

Hemos descrito hasta el momento a los sistemas artificiales virtuales, es decir el software de los robots, éste tipo de procesador virtual es sin duda el elemento que hace a

algunos robots expresar comportamientos inteligentes, ahora describiremos a los sistemas artificiales desde otro nivel más amplio de observación que incluye sus componentes y hardware que trabajan en conjunto como sistema. Los robots por lo general son entidades electromecánicas, dispositivos que pueden moverse e interaccionan con el entorno de una manera mecánica programable, pero autónoma. La diferencia con el cyborg, organismo cibernético, es que éste tiene componentes vivos y artificiales.

Las dinámicas electrónicas y mecánicas a veces son muy complejas en el sentido de la cantidad de procesos que se llevan a cabo en él y la congruencia de todos sus elementos que tienen funciones definidas y especializadas que en conjunto forman a un robot, para explicar aspectos de cómo son estas máquinas y el diseño y creación de éstas, consultamos en una extensa entrevista a Sergio Sedas Gersey<sup>14</sup>, reconocido por sus logros en el desarrollo de robots y diseño computacional. Sedas describe cómo en los 80's se iniciaron modelos que rompían los esquemas de que se tenían que hacer máquinas muy complejas y grandes para reproducir inteligencia... *“Entonces lo que él hizo (su colega Rodney Brooks) fue un dispositivo de patas, que era lo único que sabían hacer, cada pata era autónoma pero si avanzaba le daba un premio a las patas individual pero si se caía o no avanzaba les daban un ‘zape’, y lo que termino haciendo fue que estas aprendieron y se sincronizaron y aprendieron a trabajar juntos.”*

---

<sup>14</sup> Dr. Robótica y diseño computacional, Carnegie Mellon University. MSc. Robótica. MSc. Eléctrico & ingeniería informática.

Sedas distingue características o comportamientos biónicos que se pueden reproducir en los robots y lo describe en función de la máquina:

- Cambiar mi físico según el entorno en el que estoy conviviendo
- Cambiar mi comportamiento según el entorno en el que estoy,
- Cambiar mi función según el entorno, y
- Repararme a mí mismo.

“pueden hacer un programa que mute, por ejemplo yo hice un programa que muta en los 80’s, un programa que genera código, es un programa que se programa, entonces en base a lo que quieres, descubres algo nuevo y genera el código para reemplazar las ideas que tenias anteriormente, esa es una forma, que salió en los 80’s, la otra es que tengas como sucede en las redes neuronales, entonces básicamente tiene una cadenita inicialmente donde todas están contra todas y finalmente tienes una fusión 1, fusión 2 y fusión 3, la fusión 1 es la fusión de todos los nodos, que es lo que hace, primero mete la información, lo comparan, genera un error y en base a esto vuelven a comparar las constantes, es lo que hacen en sí, te generan, te enseñan algo, ven que salió y entonces lo comparan con lo que debió haber sido y en base a eso van ajustando las constantes.”

Según se explica también, El movimiento de los robots se logra por diversas composiciones mecánicas y lo que se utiliza para generarlo es lo que se llama razonamiento geométrico...*como llegar de aquí hasta allá cuando tengo obstáculos,*

*entonces utilizaban mucho las matemáticas decían mira déjame asumir aquí le voy a poner una fuerza, una magnitud y yo me voy moviendo, y entre más me acerco a ti, mas fuerza de rechazo pones, entonces matemáticamente utilizando fuerzas de rechazo me muevo, entonces utilizando métodos de utilización, métodos numéricos entonces tratas de formular en base a una función de rechazo, una función de utilización o de lo que fuera, Cuando la información que tenemos geométrica pues es volumétrica, es espacial, cuando hacemos razonamiento geométrico yo lo que hacia el problema es como localizamos el sensor para obtener la mejor información, entonces para mí una cámara tiene mayor precisión si te estoy viendo directo empiezo a bajar o me empiezo a distorsionar si me voy hacia os lados empeora la vista de lo mismo, si yo le pego con un laser derecho tengo muy precisa la información .- ¿Y l orientación es respecto a qué? - SS.- a mí mismo, es como si tú trajeras la cámara, o sea para mí todo es respecto al sensor*

Observamos que una de las claves para el diseño de sistemas como robots, es la orientación que se tiene con respecto a éste, el que está a cargo del diseño se pone en el papel de robot y trata de resolver sus tareas en función de sí mismo, hace una autorreferencia, aunque sea por analogía. En este sentido hay componentes que tienen los robots que pueden equipararse con lo que los seres vivos poseen para interactuar con el entorno y cómo estas señales llegan se procesan y luego se emite una respuesta, por ejemplo los seres humanos contamos con los sentidos y los músculos para interactuar con el entorno, así mismo los robots cuentan con sensores y actuadores. Lo que hacen los robots es originado por impulsos eléctricos, así que si se quiere que una máquina interprete o procesa algo, se tiene que convertir a impulsos eléctricos, éstos a su vez se

traducen en el lenguaje que utilizan las computadoras que son 'objetos' (variable o conjunto de variables en conceptos de computación) y algoritmos que procesa la computadora o cerebro del robot.

## Componentes principales de Robots/Autómatas/sistemas con I.A.

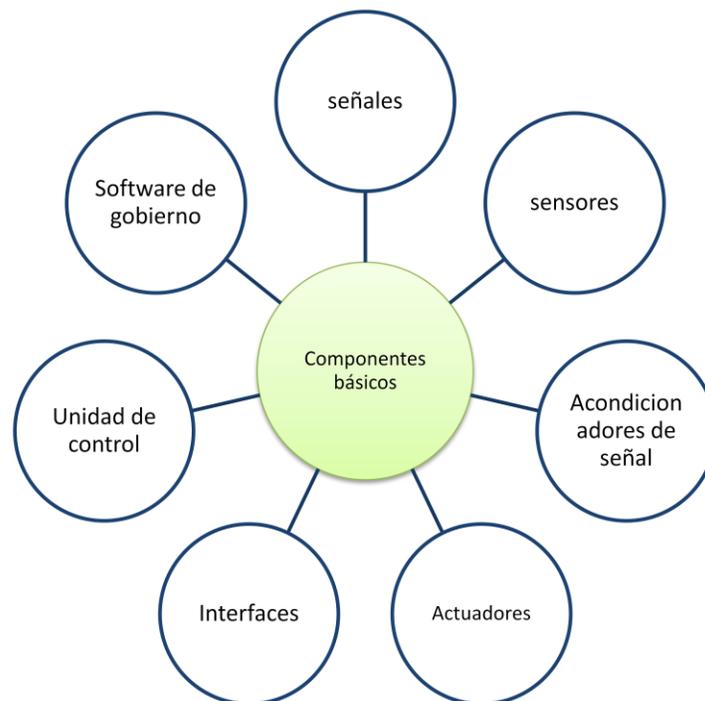


Ilustración 31 : componentes básicos de los robots.

Durante la entrevista Sedas reflexiona sobre cómo en un sistema flexible se podrían hacer modificaciones en su forma o comportamiento a través de señales u objetos atractores que se le introduzcan: *SS.- si tu pudieras hacer estructuras completamente flexibles, entonces a la hora de comandarles algo, lo que yo voy a comandarles o mandarles una señal, o*

*mandarle lo que ellos necesitan, lo mismo el cuerpo humano al mandarle DNA o mandarle más enzimas, lo que él necesita pues se va transformando, ese es el equivalente*

Por lo que se ha analizado, la flexibilidad en los sistemas da mejores herramientas para resolver eficaz y eficientemente los problemas del entorno físico, éste enfoque es de carácter deliberativo y no conductista, “La diferencia entre un enfoque conductista y uno deliberativo es que en el segundo los robots poseen representaciones simbólicas internas y modelos de su mundo de trabajo, así como de procesos de razonamiento que operan sobre tales representaciones. Si resultan inteligentes, será por su experiencia perceptual del mundo y no por haber sido equipados y “guiados” como los anteriores. Tendrán, desde luego, programación, tal como los seres vivos estamos programados genéticamente.” (Chimal, 2007)

### 5.2.3. Domótica, Inmótica y Urbótica.

Además de los objetos que funcionan como un sistema, en los últimos años y con los avances de la tecnología, se han venido implementando a otro tipo de objetos la automatización e inteligencia de los sistemas electrónicos, éste enfoque hace posible que objetos como edificaciones, e incluso ciudades puedan funcionar como sistemas independientes del sistema que ya conforman, subsistemas que conviven y se interrelacionan entre sí. Estas formas de diseño de sistemas incorporan a las construcciones los elementos tecnológicos que dotan a éste de habilidades tangibles de comunicación e interacción entre sus componentes, dando así una unidad a los espacios

que habitamos a través de otros objetos tecnológicos, lo que hace emerger comportamientos en las edificaciones.

La domótica integra en una vivienda sistemas que proporcionan bienestar a través de los servicios de comunicación, confort, ahorro energético y seguridad entre otras cosas, por su parte la Inmótica se enfoca al mismo manejo de información pero en edificios de uso comercial o industrial y la Urbótica se refiere a las instalaciones públicas en una ciudad con el mismo fin.

Las características de estos sistemas no alcanzan para describirlos como autopoieticos, y no podría decirse que su unidad alcance algún tipo de conciencia, sin embargo, sus procesos internos e interacción con el entorno, les vale una identidad como unidad y que el sistema mismo va transformando en cierto grado de acuerdo a sus comportamientos o formas.

El diseñador de este tipo de objetos debe pensar en la integración armoniosa de los elementos enfocándose en la función de cada uno de ellos en individual y en su interacción con los otros, además de la ubicación de cada cosa, se diseña también la disposición de la red y el lenguaje de comunicación entre ellos además de las interfaces con el exterior que tendrán más que ver con el entorno y en caso de interfaces con las personas, con la semiótica y los significados para una mejor usabilidad.

En el libro domótica e Inmótica (Romero Morales, Vázquez Serrano, & De Castro Lozano, 2007) se describen una serie de criterios y características que se deben contemplar para el diseño de éste tipo de objetos, a continuación los mencionamos ya

que vale la pena tomar en cuenta lo que se ha hecho en éste campo para poder utilizar lineamientos que ayuden en el diseño de objetos sistema similares:

<b>Simple y fácil de utilizar.</b>	El sistema de control debe de ser simple y fácil de utilizar para que sea aceptado por los usuarios finales. La interfaz de usuario deberá ser sencilla e intuitiva de utilizar, para permitir un aumento de confort.
<b>Flexible.</b>	Debe tener prevista la posibilidad de adaptaciones futuras, de forma que ampliaciones y modificaciones se puedan realizar sin un costo elevado ni un esfuerzo grande.
<b>Modular.</b>	El sistema de control del edificio debe ser modular, para evitar fallos que puedan llegar a afectar a todo el edificio, y además debe permitir la fácil ampliación de nuevos servicios.
<b>Integral.</b>	El sistema debe de permitir el intercambio de información y la comunicación entre diferentes áreas de gestión del edificio, de forma que los diferentes subsistemas estén perfectamente integrados. Pero además se pueden apreciar otras características más específicas desde el punto de vista del usuario final o del punto de vista técnico.
<b>Criterios referentes al usuario final.</b>	Posibilidad de realizar preinstalación del sistema en la fase de construcción. Facilidad de ampliación e incorporación de nuevas funciones. Simplicidad de uso.
<b>Grado de estandarización e implantación del sistema.</b>	Variedad de elementos de control y funcionalidades disponibles. Tipo de servicio postventa. Control remoto desde dentro y fuera del edificio. Facilidad de programación del sistema. Acceso a servicios externos: telecompra, teleformación, teletrabajo, etc.
<b>Criterios desde el punto de vista técnico.</b>	Topología de la red, tipo de arquitectura, medios de transmisión, tipo de protocolo y la velocidad de transmisión.

Ilustración 32: Criterios y características para sistemas domóticos y similares. (Romero Morales, Vázquez Serrano, & De Castro Lozano, 2007)

Como se ve, los elementos de una unidad del tipo domótico son diversos e identificables por sus características y funciones, el criterio general para su disposición vienen siendo las necesidades de comunicación e intercambio de información tanto al interior del sistema como con el entorno.

El diseño de la topología de red cobra entonces una especial importancia en éstos sistemas, como vimos anteriormente en el marco teórico de redes, el comportamiento de los sistemas de acuerdo a estas estructuras varía.

En el caso de la domótica, Inmótica y Urbótica, la reconfiguración de ésta red no se hace por sí misma, sino que el sistema mayor al que pertenece, en donde se integran los usuarios, se dan los cambios a través de la intervención de éstos.

En el siguiente punto se harán experimentos con simuladores con respecto a éstas morfogénesis, estudiando así, tanto los procesos en ciudades virtuales como en el mismo programa digital.

### 5.3. Experimento de redes en software de simulación

A continuación se presenta un estudio de sistemas complejos en simuladores digitales, y las observaciones de emergencia de los sistemas complejos, en este caso, ciudades virtuales del programa Sim City, aplicando distintas estructuras de redes con la finalidad de comprobar resultados para identificar si manipulando ciertos elementos de los sistemas se puede lograr un fin determinado, en éste caso, el desarrollo de una ciudad, así como ver si se presentan los patrones de comportamiento de los sistemas complejos que ya hemos estudiado.

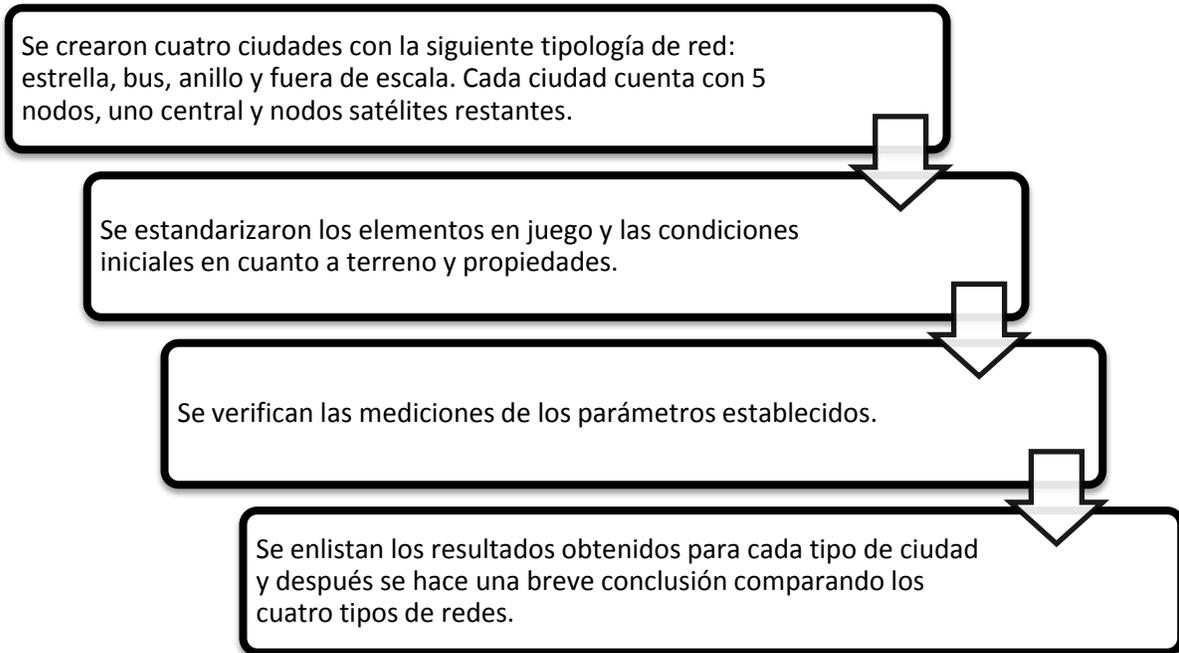
El experimento se realizó durante 2 meses con apoyo de una becaria de investigación, trabajando en el software de Sim City un total de 40 horas, creando ciudades nuevas tomando en cuenta las características de las diferentes tipologías de red seleccionadas para el proyecto por sus diferencias, aquí descritas en términos del experimento, donde un nodo capital representa un pedazo de ciudad con todos los servicios para ser autónomo y un nodo satélite sólo tiene casas habitación:

- ▶ Estrella: representa una organización 100% centralizada. El nodo capital está en el centro y los nodos satélites se conectan a él, pero no entre ellos.
- ▶ Anillo: existe un nodo capital, pero por la distribución de los nodos satélites, éstos no tienen interconexión directa con el nodo capital, sólo los nodos contiguos a éste. Los nodos no contiguos tienen que pasar por otros 'nodos satélite' para acceder al central, la forma de la red es una circunferencia.
- ▶ De bus: El corazón de esta ciudad sería una vía de conexión central, a la cual se conectan todos los nodos.
- ▶ Fuera de escala: Se representa una unidad de conexión autónoma que no tiene nodos satélites. Es como un gran nodo capital.

Los parámetros para medir el desarrollo y evolución de las ciudades se basan en las mediciones que hace el simulador en las ciudades, los que principalmente se tomaron en cuenta son: los parámetros de popularidad de las ciudades, las zonas con mayor

deseabilidad, los parámetros de contaminación, educación, tráfico y crecimiento en la población en zonas habitacionales, comerciales e industriales.

### *DESCRIPCIÓN Y METODOLOGÍA DEL EXPERIMENTO*



#### **Características de los Nodos.**

Uno de los nodos (nodo 'capital') es un nodo completo, el cual provee lo necesario para subsistir. La ciudad comienza con el desarrollo de éste nodo en el que primero se ubica la fuente energética y de agua, sin las cuales la ciudad no se desarrolla. También a éste nodo se le agregan las zonas comerciales e industriales, separándolas para no causar

contaminación en áreas no deseadas. Como elemento para comparación posterior, se le agregan también espacios habitacionales, para poder definir si hay mayor crecimiento de población, numérica y económicamente, en un nodo completo o en un nodo solo habitacional.

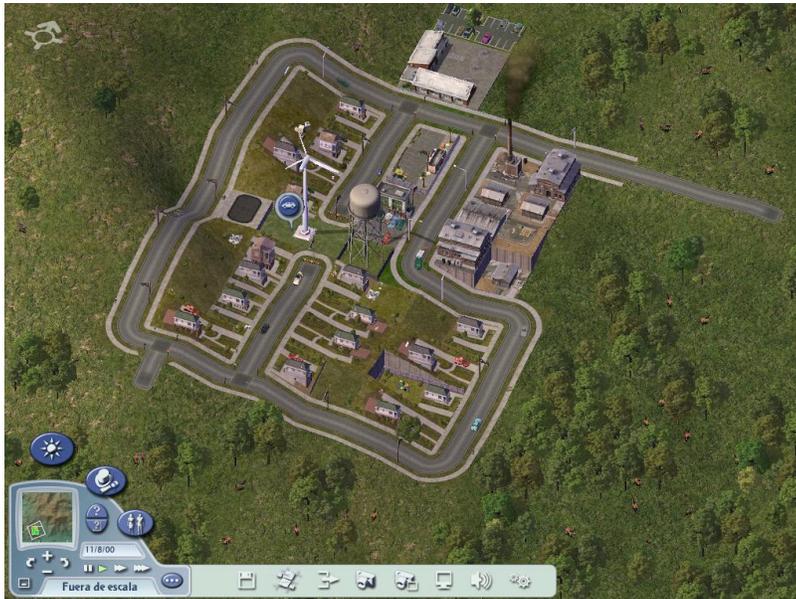


Ilustración 33: 'nodo capital' del simulador de ciudad Sim City

El resto de los nodos (nodos 'satélite'), que son cuatro, son únicamente habitacionales, que se colocaron alrededor del nodo capital o de forma organizada de acuerdo al tipo de red. Solo por experimentación o por necesidad del desarrollo de la ciudad (cuando los expertos consejeros del juego lo sugieren) se agregaron espacios comerciales y elementos de beneficio al nodo habitacional como unidades educativas o de salud.

### **Estandarización de los elementos.**

Para poder estandarizar los resultados en cuanto a población, contaminación y tráfico, se colocaron la misma cantidad y tipo de elemento en todas las ciudades, solo acomodados de manera diferente de acuerdo al tipo de red.

El tipo de camino que se puso en todas las ciudades fue el de “street”, en español calle, siendo la más económica y menos específica para una función. Al crear la ciudad todos los caminos se hicieron con éste tipo de pavimento, sin embargo, con el crecimiento de la ciudad y del tráfico, los mismos “expertos” en el juego sugieren que se cambie a pavimento tipo “road”, en español carretera. Éste cambio se realiza porque cuando los caminos son del tipo “road”, automáticamente se colocan semáforos y hay menor carga vehicular. Éste es un ejemplo de cómo el sistema del juego desarrolla la ciudad y va creando sus propias soluciones a necesidades y se va formando individualmente.

La cantidad de espacios habitacionales se hizo al principio igual para todas las ciudades, ubicando los tres tipos de espacio habitacional, de densidad baja, media y alta. Se coloca la misma cantidad de cada tipo de espacio habitacional en cada uno de los nodos para evaluar si la zona y la distancia entre el nodo satélite y el nodo capital influye en el desarrollo de la población en ese nodo. El desarrollo automático de la ciudad se hace notar cuando los espacios de por ejemplo dos cuadros (bloques que representan terreno) se juntan para formar 4 o 6 y así formar una casa de nivel económico alto. La cantidad de espacios después va variando ya que depende del desarrollo de la ciudad y de la cantidad

de población que haya, si hay mucho desarrollo industrial y poco terreno habitacional, se construyen edificios de alta densidad de población.

La contaminación está definida por el tipo de fuentes energéticas y cantidad de espacios industriales que se ubiquen en la ciudad, así como la cantidad de áreas verdes. Lo controlable en éste aspecto son las fuentes energéticas principalmente, por lo que se elige que únicamente se utilicen generadores de electricidad por viento, siendo los más económicos, aunque algunas ciudades necesiten 3 o 4 para sostenerse, de esta manera, se controla la contaminación del aire en todas las ciudades. Los espacios industriales se pueden controlar hasta el punto en el que se colocan los espacios para que éstos se construyan, sin embargo, el desarrollo de éstos o no es incontrolable y surge automáticamente a partir del desarrollo de la ciudad, que a veces tiene mucha ganancia industrial y otras veces no. Las áreas verdes se colocan a petición de los “expertos” y solo sucede cuando la ciudad ya está en un punto avanzado de desarrollo.

El último factor que se controla para éste experimento es el tiempo. Para poder realizar una comparación objetiva se coloca las ciudades a estudio por una cantidad máxima de 5 años dentro del juego. Las variaciones notables en el tiempo solo dependen de la velocidad a la que crece la población, que es diferente en cada tipo de ciudad. Con éste límite de tiempo las ciudades llegan a ser pequeñas pero desarrolladas, de 1 estrella y con una población máxima de aproximadamente 3,500 habitantes.

#### PREGUNTAS DE ESTUDIO

Con la información obtenida de las observaciones y dinámica de las ciudades se pretendió contestar las siguientes preguntas:

- ¿Cuánto tiempo se tardan en desarrollarse, cual se desarrolla más lento o rápido?
- ¿Cuál tipo de red tiene más población?
- ¿En qué zonas hay mayor nivel económico?
- ¿Qué zona se desarrolla mejor?
- ¿Qué zonas son más pobres y conflictivas?
- ¿Cuál red tiene más gastos y entradas?
- ¿Cuáles son los problemas más comunes con el tráfico?

## RESULTADOS DE CREACIÓN DE LAS CIUDADES

### **Topología en Estrella.**

En ésta red todos los elementos están unidos entre sí a través del controlador principal, que es el nodo completo.

- Población final: 1,107.
- Población Máxima Alcanzada: 3,942
- Entradas Finales: \$1108

- Saldos Finales: \$1200
- Crimen: 2 (del 0 al 3)
- Tiempo de traslado: 25 (0 al 50)
- Tráfico: 400 (0-1200)

La ciudad alcanzó los 300 habitantes en el año 2. El ingreso fue principalmente por espacios habitacionales. Hubo 3 alertas de falta de trabajo. En el año 6 más de la mitad de la población abandonó la ciudad debido a los tiempos de traslado.

### **Topología en Anillo.**

Los elementos se interconectan formando un anillo cerrado. La información pasa por todos los elementos. El nodo completo es una parte del anillo y el resto de los nodos pasan por él para comunicarse con otros nodos.

- Población final: 2,458.
- Población Máxima Alcanzada: 2,458.
- Entradas Finales: \$1882
- Saldos Finales: \$1435
- Crimen: 1 (del 0 al 1)
- Tiempo de traslado: 60 (0 al 60)

- Tráfico: 800 (0-800)

La ciudad alcanzó los 300 habitantes en el mes 12 del año 1. El ingreso fue principalmente por espacios habitacionales. La ciudad creció rápidamente. Surgieron muchas quejas por el tráfico. Hubo varios apagones por el crecimiento industrial que requirió un incremento en las plantas energéticas. La ciudad dejó de crecer en el año 4 a pesar de los espacios para crecimiento industrial y habitacional con la correcta distribución de energía y agua.

### **Topología en Bus.**

Los elementos comparten la misma línea de comunicación. Cada elemento se identifica por una dirección única y se puede comunicar dos elementos de forma simultánea. El nudo completo es parte de la línea de Bus.

- Población final: 7,559.
- Población Máxima Alcanzada: 7,564.
- Entradas Finales: \$1591
- Saldos Finales: \$1458
- Crimen: 4 (del 0 al 8)
- Tiempo de traslado: 85 (0 al 120)

- Tráfico: 500 (0-500)

La ciudad creció velozmente, alcanzando los 300 habitantes en el primer año sin siquiera haber completado el nodo E. Hubo mucho crecimiento industrial a diferencia de las otras ciudades en donde no se aprovechaba todo el terreno para la industria. Hubo mucho requerimiento energético y de agua. La población creció tanto y se creó tanto tráfico que los “expertos” sugirieron un medio de transporte nuevo, por lo que se creó un subterráneo y cortó el tráfico casi a la mitad. Los habitantes pidieron educación universitaria a pesar de que ya había una universidad, por lo que se colocó 1 universidad entre dos nodos y otra universidad entre los otros nodos habitacionales y el número de alumnos incrementó. La línea de conexión entre los nodos tuvo que ser cambiada a “road” y la entrada al nodo completo estuvo muy congestionada por lo que se realizaron 3 entradas más en el mismo punto.

### **Fuera de Escala.**

En éste orden no hay una red, sino que es un nodo completo en el que se encuentran los espacios habitacionales, los elementos para subsistir y la industria. No es necesario un medio de comunicación entre espacios.

- Población final: 1,644
- Población Máxima Alcanzada: 1,644

- Entradas Finales: \$900
- Saludas Finales: \$1568
- Crimen: 1 (del 0 al 1)
- Tiempo de traslado: 28 (0 al 30)
- Tráfico: 350 (0-350)

La ciudad alcanzo los 300 habitantes velozmente pero seguramente se debió a que los terrenos habitacionales se instalaron muy rápido porque no se necesitaron hacer conexiones de caminos o de fuentes de energía y de agua. Rápidamente las vías centrales se congestionaron y tuvieron que cambiarse a “road”. La economía habitacional incrementó llegando a obtener hasta 5 casas de nivel \$\$\$\$. Al final del año 4 la población dejó de crecer a pesar de que había terrenos para el crecimiento habitacional.

## CONCLUSIONES GENERALES DEL EXPERIMENTO

Lo que pudimos observar es cómo las ciudades van autoorganizandose por autorreferencia hacia una estructura como la de los sistemas complejos adaptativos en general, en el juego son los consejeros expertos los que van pidiendo ítems según las necesidades que se van registrando, si el gobernador (el jugador) se los proporciona, las ciudades tienden a desarrollarse, de lo contrario esto no sucede y se pierde el crecimiento y calidad de vida de los habitantes. Sin embargo, además de las necesidades que surgen

conforme transcurre el tiempo y se multiplican las interacciones, el ritmo de desarrollo y calidad de vida se ven directamente afectados por las condiciones iniciales y modos de comunicación que en este caso está determinada por la disposición de los nodos en la red.

Observamos por ejemplo el fracaso del desarrollo por el colapso de las vías de comunicación en la ciudad con la estructura de red tipo anillo, y la lentitud del desarrollo en la red centralizada en contraste con el éxito de la red de bus, por su parte la ciudad fuera de escala, presenta un auge que se estancó, tal vez porque la infraestructura llegó a su límite y se autorregula el índice de crecimiento para no sobrepasar lo que se podía contener con la calidad de vida de alto nivel que se alcanzó, en ésta ciudad se requerirían atractores de expansión, como nodos capitales-satélites para expandirse y seguir creciendo.

#### *5.4. El diseño como Transdisciplina*

A lo largo de éste capítulo se han estudiado diferentes tipos de sistemas autorreferentes creados por el hombre, el diseño de dichos sistemas se ha desarrollado en diversas disciplinas que han surgido de la fusión o convergencia de otras, tal es el caso de la biotecnología o la nanotecnología. En las transdisciplinas se integran sinérgicamente los enfoques disciplinares y saberes para la comprensión del mundo y solución de problemas,

además en el marco dinámico de la realidad. Hemos visto por ejemplo el caso de la mecatrónica y la informática.

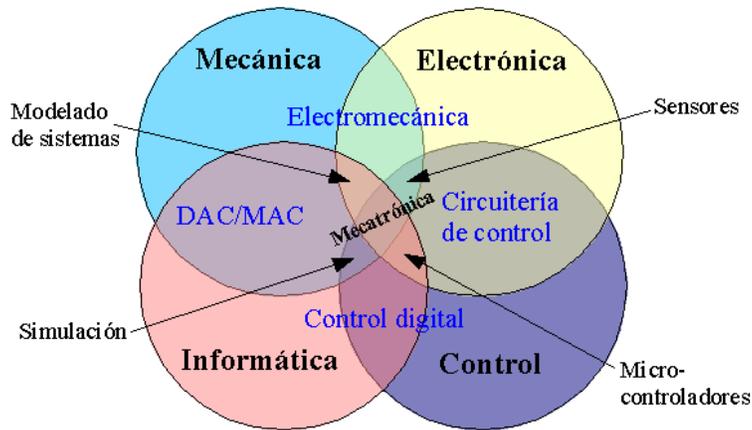


Ilustración 34: Esquema de la Mecatrónica\*

En la creación de sistemas que pueden ser descritos desde distintos niveles de observación se dificulta la definición de su estudio por disciplinas concretas, ya que éste implica diferentes puntos de vista, como ocurre con la cibernética *“No fue fácil lograr una definición sencilla de la cibernética”, decía Arturo Rosenblueth en 1955. “Y es que su estudio implica el análisis e integración de numerosos conceptos que provienen de diversas disciplinas científicas: la neurología, las matemáticas, la tecnología.” (Citado por Chimal 2007)*

Así mismo, en la integración del campo de las neurociencias con la biónica y electrónica y ciencias computacionales, surge la ingeniería neuromórfica, en donde se crean redes de componentes electrónicos análogos que son modelados a partir de estructuras de cerebros animales.

Bajo este contexto, y con lo analizado en el capítulo 2, podríamos expresar a la actividad del diseño como una transdisciplina en su paradigma de solucionar objetos que son sistemas autorreferentes, ya que deben integrarse sinérgicamente en entornos dinámicos, distintos conocimientos de diferentes áreas y campos de estudio.

Tomando en cuenta éste enfoque y sin olvidar que se diseña por y para el hombre se podría establecer al diseño como una transdisciplina como el siguiente esquema:



Ilustración 35: Esquema del diseño como transdisciplina

## PARTE 3: POSTULADO

### 6. CAPÍTULO 6: EL OBJETO AUTORREFERENTE

#### 6.1. Sintetizando conceptos: comparaciones entre los sistemas analizados.

Habiendo analizado diferentes tipos de sistemas complejos adaptativos de distinta naturaleza haciendo referencia a sus comportamientos, procesos y formas, podemos

hacer las generalizaciones de éstos sistemas que puedan servir para un proceso de diseño, habíamos mencionado ya que la intención de estudiar a los sistemas biológicos, era por que representaban el orden y las leyes de la naturaleza que nos sirve como inspiración y referencia para las cosas que hacemos; los sistemas sociales representan dos referencias importantes para el diseño, ya que por una parte se estudia el comportamiento global, y por otro lado da lineamientos de la función de los objetos con los que interactúan las personas a nivel práctico, emocional y antropológico; Los sistemas complejos adaptativos artificiales, nos dieron a conocer el cómo se ha logrado avanzar en el intento de replicar artificialmente los procesos de la naturaleza en sistemas autorreferentes.

También se han venido relacionando lo analizado con las cuestiones referentes a la acción de diseñar, en ésta parte del proyecto terminaremos de converger los conceptos teóricos y la condensación de los comunes denominadores que arrojaron los análisis de los sistemas para llevar a cabo la acción de diseñar bajo un enfoque sistémico, de complejidad y adaptabilidad.

Podemos condensar la comparación en rubros que nos permitirán la mejor visualización de las similitudes y analogías que se pueden hacer entre los elementos de los distintos tipos de sistemas, así como las diferencias principales:

- Tipo de organización y estructura
- Morfogénesis y procesos
- Comunicación e información
- Procesadores y programas
- Identidad y Formas

- Estructura de la red y componentes

A continuación se reflexiona sobre cada uno de ellos para hacer las conclusiones pertinentes:

### **Tipo de organización y estructura**

La organización de los sistemas complejos que hemos analizado tienen en común la autorreferencia que en este tipo de sistemas se interpreta como: *autonomía y concepción circular de los procesos. Ausencia de finalidad referente al entorno, sólo referente a sí mismo.* Es muy importante entender que la clausura operacional de la autonomía de estos sistemas no quiere decir en absoluto que sean sistemas cerrados o la falta de interacción con el entorno, sino que cuando se interioriza una perturbación, o se percibe algo, todo lo que sucede con el sistema es asunto interno y depende únicamente de su dinámica interior.

En este estudio se está explicando a los sistemas en términos de relaciones e interacciones, y no por las propiedades de sus componentes, como en la nueva visión de la biología hacia los seres vivos, en donde la organización de éstos se denomina autopoietica (ver punto 3.1), que según los precursores de ésta definición, es lo que tiene que ver con lo que ocurre en la fenomenología social, es decir, lo que ocurre en las sociedades emerge por la organización interna de los individuos y se da de una manera semejante, aunque no igual.

Aunque la organización en los sistemas sociales es también del tipo autopoietica, hay diferencias entre lo que es un ser vivo y una sociedad, principalmente que los seres

humanos pertenecemos simultáneamente a diferentes subgrupos sociales, cosa que no puede ocurrir con los elementos de un ser vivo.

En cuanto a los sistemas sociales, en el mundo virtual digital, la organización de las redes sociales se da exactamente igual que en cualquier sociedad, también algunos programas como buscadores y wikis se van autoorganizando de modo que se pueda dar la autorreferencia.

La organización de los tres tipos de sistemas se puede representar por redes, en donde los nodos representan componentes y los hilos la interacción por donde fluye información. Teniendo entonces que los sistemas de cualquier clase figuran básicamente tres factores: componentes, interacción e información.

### **Morfogénesis y procesos**

La morfogénesis o transformación de los Sistemas Complejos Adaptativos puede leerse como análoga a la morfogénesis de los sistemas vivos, y está basada en gran parte a su autorreferencia. En términos de la biología, las nociones evolutivas y genéticas han tenido éxito en explicar o justificar el comportamiento en la historia de las sociedades, sin embargo existe un reciente punto de vista de lo que es un ser vivo, en donde no se subordina al individuo a la conservación de la especie, sino de sí mismo, siendo la evolución social una consecuencia emergente de esto, replicando en esta autoorganización, cuestiones que equiparables con la de los seres vivos como las que ya hemos mencionado.

Las entidades colectivas son formas vivas en cierto sentido, como Wagensberg nos dice, el salto de lo inerte a lo vivo se da cuando la independencia del entorno (seguir permaneciendo a pesar de él) se consigue estableciendo un diálogo entre el objeto y la incertidumbre (cambios en el entorno) en la que está inmerso, cuestión esencial presente en los SCA sociales.

Los procesos de cómo se genera la morfogénesis se centran en el bricolaje y la selección natural, así como en las estrategias de las ideas de la teoría de juegos sobre la aditividad no nula (ver punto 1.8). “Los biólogos y científicos sociales han empezado hace poco a utilizar ordenadores para simular la evolución...Y a juzgar por las simulaciones informáticas de la evolución que manejan, en el centro de estos programas estará la teoría de juegos. Se asignarán pagos concretos a formas concretas de interacción y estos pagos darán forma al curso de la evolución.” (Wright, 2005)

En cuestiones de diseño, en la naturaleza éste se da por evolución, a diferencia de la ingeniería de productos y edificios que se diseñan con objetividad, aunque en ambos casos sucede por bricolaje, se utilizan los elementos disponibles, se combinan y se generan cambios por la retroalimentación al sistema.

La evolución biológica tiene una serie de propiedades que encontramos en seres con un objetivo, como los animales y los robots, y que no vemos en seres sin objetivo manifiesto como las piedras y los ríos. (Wright, 2005). Recordemos que la objetividad es dependiente de un observador, es por eso que se dice que los seres vivos y las sociedades se autodiseñan, los sistemas artificiales son diseñados con objetividad, aunque en sus

procesos internos, se estén autoorganizando de manera similar que los otros tipos de sistemas, el punto de vista de observación es el que hace la diferencia.

En los seres vivos, y también en los objetos autorreferentes como las entidades colectivas, en las etapas tempranas de la evolución los determinantes morfológicos son los procesos epigenéticos influenciados por fuerzas externas que actúan sobre agregados celulares primitivos. Estos determinantes requirieron del estímulo directo dado por el medio ambiente para poder actuar como moldes morfológicos primitivos y todavía siguen actuando como factores causales del desarrollo. (Andrade, Eugenio, 2006).

Tal vez podamos considerar a la cultura de una sociedad como determinante en la emergencia en las entidades colectivas. Los seres humanos somos seres sociales y dentro de las sociedades que formamos se genera la cultura, ésta atmósfera cultural se vuelve una semiosfera<sup>15</sup> llena de signos y se puede considerar homóloga a la atmósfera terrestre, por eso la cultura podría considerarse como una segunda naturaleza donde de una u otra manera se está generando información.

Según Baldwin (1896), los organismos participan en la formación de sus propias adaptaciones. El ver la relación genotipo-fenotipo como mediada por el propio organismo permite replantear la paradoja inherente a esta relación propia de los sistemas complejos.

El concepto de adaptabilidad en los SCA, tiene el sentido de que la transformación se da para mantenerse independiente del entorno y se da por el proceso de retroalimentación negativa, “la clave es elegir la incertidumbre como la medida

---

<sup>15</sup> Lotman, I. 1991. *Acerca de la semiosfera*. Cuba. Revista Criterios 30, VII-91.

relevante del entorno. Lo esencial no es atender y responder a unas fluctuaciones concretas y determinadas del entorno, sino tener la elasticidad para encajar las fluctuaciones de un entorno en principio caprichoso e imprevisible. Resulta fácil inventar una máquina que anule los efectos de unas perturbaciones conocidas de antemano, pero resulta muy difícil que se defienda de la incertidumbre...un individuo progresa en un entorno si gana independencia con respecto al mismo”(Wagensberg, 2004) p.109.

### **Comunicación e información**

La información es el elemento esencial en los sistemas, ésta es la razón de ser de las interacciones en los sistemas y la causa de todos sus procesos y evolución...” como dijo Dobzhansky en cierta ocasión, <<la selección natural es un proceso que transmite “información” sobre el medio a los genotipos de sus moradores.” (Citado por Wright 2005)

Es por esto que la comunicación y sus medios cobran relevancia, ya que se implica la manera en que se produce el intercambio de información y mensajes. En los distintos sistemas, los datos están presentes en distintos códigos y lenguajes: en los sistemas biológicos, la información puede presentarse contenida en distintas entidades como: ADN, hormonas, neurotransmisores, feromonas, etc.; en la sociedad podemos leer información a través de palabras, símbolos, signos, objetos, edificios, etc.; en los sistemas computacionales informáticos, los números, algoritmos, impulsos eléctricos etc.

En los seres vivos más complejos, dotados de sistema nervioso central y dentro de las culturas, los significados de la información es interpretada dependiendo además de los contextos, cosa que no sucede en los sistemas digitales desarrollados bajo el enfoque top-Down, mientras que en el enfoque bottom-up, se intenta reproducir. (Ver punto 5.2.1)

Acercas de la información y su función en cualquier sistema remitámonos a los expuesto por Wright (2005): “en las sociedades, en los organismos, en las células, el pegamento mágico es la información...la información es lo que dirige la energía que se necesita para construir y reponer las estructuras que las corrientes entrópicas del tiempo erosionan sin cesar. Y esta información no es una <<fuerza>> misteriosa, sino algo físico...la información es una forma estructurada de materia o energía cuya función general es conservar y proteger estructuras. Es lo que envía materia y energía a donde se necesitan, y al hacerlo aleja la entropía, para que el orden pueda aumentar localmente aunque disminuya de forma universal, para que pueda haber vida.”

Podemos considerar a la cantidad de información como una medida de incertidumbre, lo que está directamente ligado a la capacidad del sistema de percibirla y procesarla, lo que dependerá de la complejidad del individuo o sistema, recordando que menos incertidumbre del entorno significará más independencia de éste.

### **Procesadores y programas**

Hay dos factores cruciales que hacen que un sistema sea autorreferente y adaptativo, y que ocurre en los tipos de sistemas que se estudiaron: la retroalimentación y

la percepción, abstracción y categorización de información. Esto tiene lugar en lo que se denomina procesador, donde ocurre la interiorización de la información.

Existen sistemas en donde se da una retroalimentación, pero no una autorreferencia, “¿Por qué un sistema de realimentación de video nunca da lugar a un símbolo <<yo>>, por muy intrincadas, arremolinadas y recursivas que sean las formas que aparecen en la pantalla? La respuesta es simple: un sistema de video, no importa cuántos píxeles coloreados posea, nunca desarrollará símbolo alguno porque no percibe nada. En ninguna parte del camino cíclico que constituye un bucle de video hay símbolos listos para ser activados –no hay conceptos, ni categorías, ni significados-, como tampoco lo hay en el estridente pitido de un bucle de audio. Un sistema de realimentación de video no atribuye ningún poder causal a las extrañezas y psicodélicas formas que emergen en su pantalla. En realidad, no le atribuye nada a nada, ya que, a falta de símbolos, ni puede ni podrá nunca pensar en nada. Lo que hace que un bucle extraño aparezca en un cerebro y no en un sistema de realimentación de video es, pues, cierta capacidad – la capacidad de pensar- la cual es, en efecto, una palabra que significa la posesión de un repertorio de símbolos activables lo suficientemente amplio.” (Hofstadter, 2009)

No todos los procesadores tienen repertorios de símbolos y conceptos, los que sí los tienen reflejan cierto grado de inteligencia, en la naturaleza sólo se da en los animales con sistema nervioso central, es decir, los que cuentan con algún tipo de cerebro, pasando desde seres con un repertorio tan escaso , hasta los seres humanos con un repertorio arbitrariamente extensible.

Los sistemas robotizados cuentan con computadoras que se encargan de hacer los procesos análogamente a los cerebros de los animales. En cambio en los grupos sociales, así como en las plantas, la emergencia de un comportamiento se da por el conjunto de procesadores distribuidos en cada componente del sistema, individuos y células respectivamente. En el caso de las sociedades, existe la cultura y lo que es llamado cerebro invisible, imaginario o memoria colectiva, que es influenciada por los individuos y viceversa.

Los procesadores, independientemente de su naturaleza, hacen sus funciones a través de los programas, quienes dan las instrucciones de cómo se procesará la información, en el caso de los SCA, los programas pueden mutar y generar nuevos algoritmos influenciados por el medio. Se puede llamar programa al ADN, a la cultura, a la mente, y por supuesto a los programas computacionales utilizados en sistemas digitales.

### **Identidad y Formas**

Los niveles de observación tienen mucho que ver cuando se trata de sistemas complejos, ya que los fenómenos ocurridos pueden tener dos versiones explicativas de acuerdo a esto, aunque cualquier nivel de observación es válido, es importante establecerlo para no ir saltando de uno a otro confundiendo ideas, “ El nivel microscópico puede ser, inadecuado a la hora de analizar el cerebro si lo que tratamos de explicar son

fenómenos tan enormemente abstractos como los conceptos, las ideas, los prototipos, los estereotipos.”(Hofstadter, 2009).

Aún así, podemos tratar de cerrar la brecha existente entre los significados y la información en diferentes contextos echando mano de las nociones de la teoría de la información. “El hueco existente entre significado e información (de la clase que sea) se cierra hasta cierto punto si se concibe la segunda como una destilación del primero, destilación que para germinar necesita la tierra y el agua del contexto.” (Allen Paulos, 2009).

Vale decir pues, que para los sistemas de cualquier clase, la información y el contexto son las nociones relevantes para describirlos, poniendo especial atención con las unidades que se consideran atómicas en los diferentes campos de actividad. Por ejemplo “en los contextos formales, las unidades del discurso son dígitos, pasos de programa, elementos de tiempo o de distancia, mientras que en la vida cotidiana son acciones básicas, detalles argumentales y elementos de historias. A diferencia de estas últimas unidades, que son de orden superior, ni la matriz arbitraria de píxeles en grises en una pantalla de televisión, ni los detalles de la inocente gesticulación de la niña, ni las secuencias de dígitos más o menos aleatorias en una guía telefónica significan cosas para nosotros, ni en sí ni por sí mismos. Sin un arraigo natural en un contexto humano reconocible...Aunque sean más intrínsecamente significativas que los píxeles y los números, las unidades narrativas siguen necesitando cierto contexto, cierta relación significativa con nosotros.” (Allen Paulos, 2009) Para diseñar, se necesita un rol de observador de un orden superior.

Los seres de la naturaleza que se explican por lo que está alrededor de ellos (medio ambiente) y no únicamente por sus constituyentes internos (constitución genética), se puede distinguir el entorno de los sistemas por la objetividad, o unidad de objetivo interna particular que éstos comportan gracias a su organización, interacciones e información con significados en común. Así mismo sucede también con los objetos autorreferentes, incluyendo las entidades colectivas, por lo que podríamos considerar como medio ambiente la cultura, los imaginarios colectivos, y toda la información del sistema como fuerza que mantiene unida y da identidad a los grupos sociales y sus objetos.

La forma entonces podría describirse de muchas maneras, en rasgos fenotípicos de los seres vivos, en comportamientos y simbologías en las matrices sociales; en estructuras de red y disposición de elementos en sistemas artificiales.

### **Estructura de red y componentes**

Como vimos en los capítulos estudiados, las estructuras de las redes que componen los diferentes tipos de sistemas poseen las mismas propiedades: las propiedades de modularidad, heterogeneidad y de mundo pequeño.

Además de que permite una comunicación eficiente en los sistemas, en donde con pocos saltos se puede conectar a cualquier elemento del sistema, la estructura de la red de los sistemas complejos biológicos y sociales, y algunos programas digitales, da pie a la evolución por los procesos mismos de los sistemas

“El bricolaje, la reutilización de elementos disponibles en un momento dado, puede dar pie a ventajas insospechadas. Como hemos visto, las redes resultantes del mecanismo de duplicación y diversificación poseen un orden espontáneo (<<el orden gratis>> como diría Stuart Kauffman). Sin necesidad de recurrir a diseñador alguno, el simple proceso de copiar y reconectar genera una estructura compleja que se halla muy bien comunicada, presenta una arquitectura que previene los daños por mutación e incluso posee organización modular...La modularidad se considera una de las características principales de la complejidad biológica, gracias a ésta, podemos lograr la especialización de distintas partes, permitir que así evolucionen de forma más independiente y también se evita que un daño de un módulo se propague hacia los otros (dado que las conexiones entre módulos son más débiles)” (Solé, 2009)

Cabe mencionar que en los sistemas digitales, fuera del software e incluyendo el hardware, es decir en robots y sistemas como los domóticos, la conexión de la red en estos sistemas puede ser de una tipología diferente a la de los sistemas complejos adaptativos, (denominada fuera de escala) sino que está dispuesta de acuerdo a lo que se determine para cada caso particular en donde trabajará el sistema (puede ser de estrella, anillo, bus, etc.), esto es así porque, por lo general el hardware no permite la movilidad que da flexibilidad autoorganizativa en este nivel.

Hablando de los componentes, en los sistemas que hemos analizado, biológicos, sociales y artificiales, aunque de distinta naturaleza, se pueden distinguir componentes básicos de acuerdo a su función y que están presentes en todos ellos: procesador, interfaces, vías de comunicación, actuadores, códigos y lenguajes.

## 6.2. El objeto autorreferente

Para poder conjugar los patrones y características de los diferentes sistemas complejos y poder aplicar esto para diseñar, se propone una definición de objeto para cuando se trabaje el diseño desde una perspectiva sistémica. A la clase de objetos a los que se podría aplicar un modelo de diseño basado en los Sistemas Complejos Adaptativos, les denominamos OBJETOS AUTORREFERENTES, ya que son sistemas que reaccionan y se adaptan a su entorno dependiendo de su programa y a las condiciones que el mismo objeto presenta en ese momento. Tienen una apertura o lectura del entorno, pero sus procesos operacionales son asunto interno.

### 6.2.1. Definición

LOS OBJETOS AUTORREFERENTES, son sistemas que reaccionan y se adaptan a su entorno dependiendo de su programa y a las condiciones que el mismo objeto presenta en ese momento. Los objetos autorreferentes son sistemas organizadores-de-sí, en forma comportamiento o estructura, y pueden ser creados o manipulados desde el punto de vista de un observador hacia un objetivo. Tienen una apertura o lectura del entorno, pero sus procesos operacionales son asunto interno.

La denominación autorreferente en el objeto es dada por la característica de autorreferencia que se presentan en los sistemas complejos adaptativos. Las nociones de autorreferencia del autor Edgar Morín sustentan también lo que se quiere dar a entender con el nombre de autorreferente, diciendo de la autorreferencia que “Esta se da en varias

acepciones dependiendo del tipo de sistemas pero engloba, aunque no integra necesariamente cada uno de ellos.” (Morin, 2009)

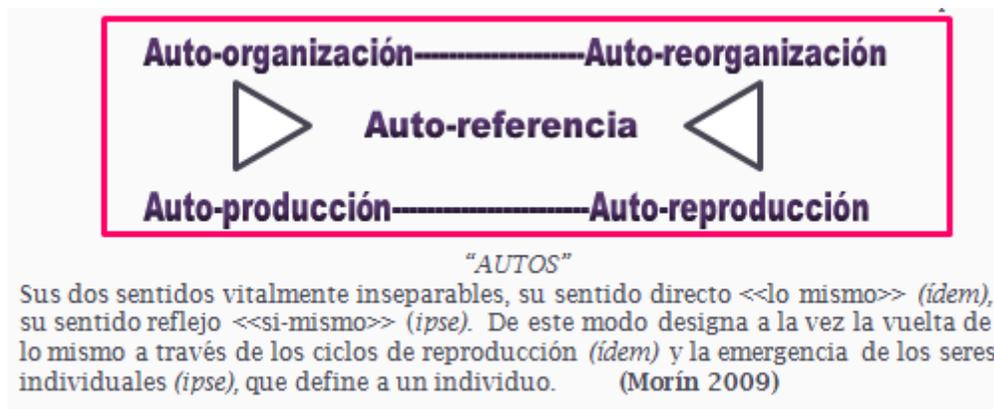


Ilustración 36: Auto referencia. Edgar Morin

“Las nociones de auto-organización, auto-reorganización, auto-producción, auto-referencia emergen por separado...La idea de auto-referencia, en su elaboración necesariamente formalizada, sigue planeando por encima de la vida sin saber encarnarse en ella.” (Morin, 2009) Así pues, tenemos que un sistema biológico se autoproduce, y uno social se autoorganiza.

La organización producida por las interacciones elementales retroactúa sobre éstas, las controla, las gobierna y produce una realidad de conjunto dotada de cualidades propias.

La noción de objeto es dada por ser la entidad que se diseñará, es dar unicidad al sistema, para verlo como un todo indivisible y complejo, y contemplar efectos a ese nivel.

### 6.2.2. Características de los objetos autorreferentes

- Es un sistema del orden complejo.
- Su forma no es definida, está en una dinámica constante de transformaciones que responden al entorno, el cómo responde dependerá de la información contenida dentro del mismo objeto. (su identidad se la da su información expresada en patrones)
- La información contenida (patrones) se va formando por un proceso recursivo de los axiomas (condiciones iniciales) que lo generan y sobre todo por las experiencias que va teniendo en su ontogenia. También posee información programada.
- Presenta homeostasis.
- Debe de contar con procesador de información, manera de interpretar la realidad.
- Debe poseer interfaces que permitan el flujo de información con su medio y entre sus componentes. (catalizadores, medios, contenedores o transportadores de información, vías, redes) modos de percepción.
- La información es parte del sistema. La información del medio es interiorizada y se vuelve parte del sistema.
- Al modificarse o perturbarse sólo un elemento, se reconfigura a sí mismo. El control sobre ellos sólo se da de manera indirecta.

Se podría representar al objeto autorreferente de una forma general y abstracta como la siguiente gráfica:

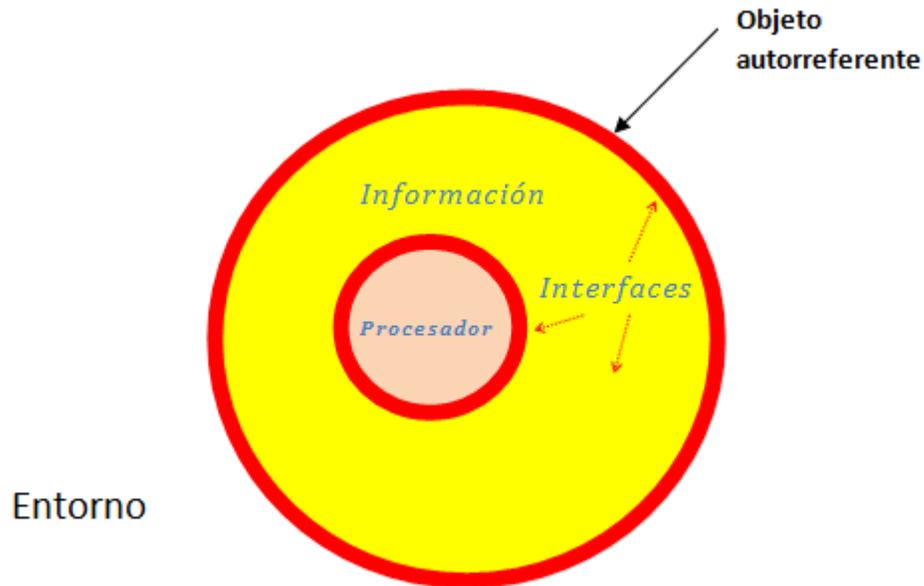


Ilustración 37: Representación gráfica del objeto autorreferente

### Componentes

Los componentes son las partes estructurales que forman el sistema y su distribución puede ser representada en redes, los contenedores pueden considerarse como información contenida de manera estable en el sistema. Recordemos que el lenguaje portador de información fluye en el objeto autorreferente es parte de él aunque no sea tangible y aunque no se pueda representar en una red, es la fuerza que le da la dinámica al sistema.

Los componentes de los objetos autorreferentes son distinguibles y categorizables por la función y características que desempeñan en el sistema. A continuación se representa un esquema de los componentes y sus funciones y características:

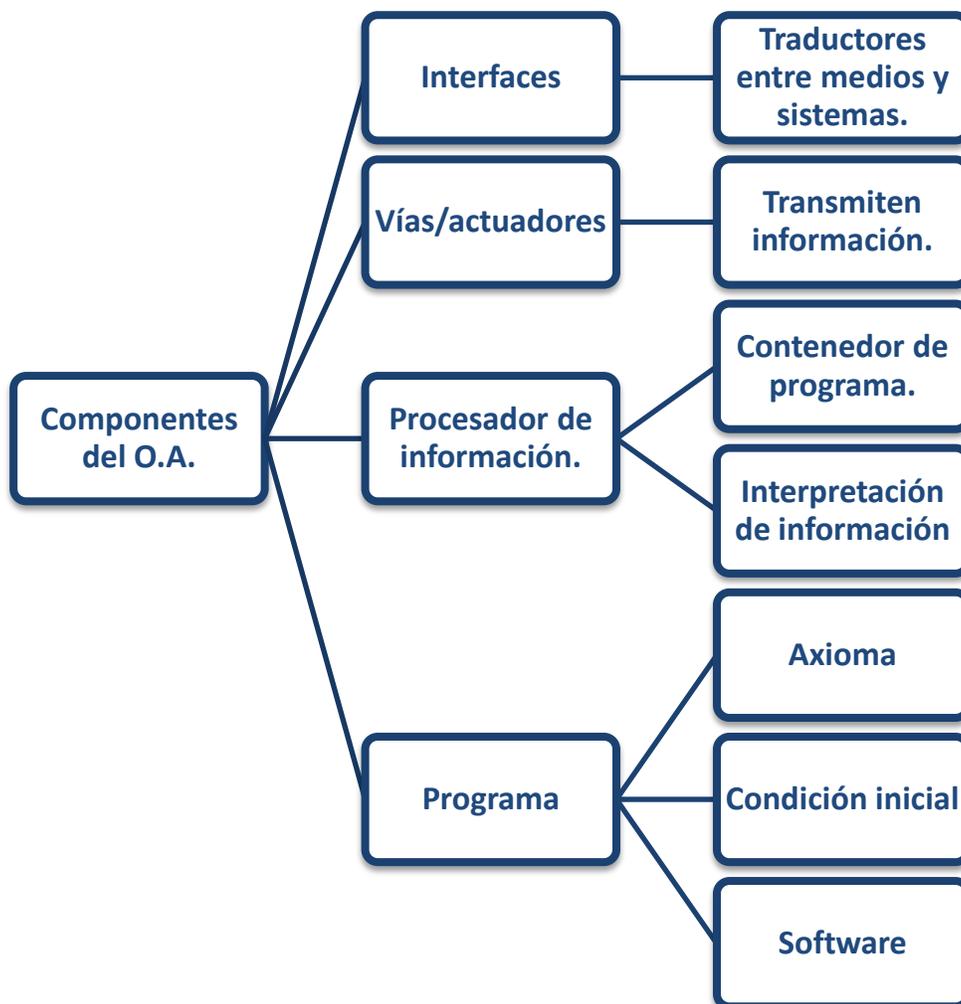


Ilustración 38: componentes de los objetos autorreferentes

### Procesos del objeto autorreferente.

Apertura y cierre son dos nociones inseparables que no podrían ser planteadas en alternativa en un objeto autorreferente, por lo que son considerados los procesos más importantes que constituyen su dinámica de interacciones.

Los procesos de autorreferencia representan la recursividad de axiomas e interacciones que interiorizan y procesan información que lo y retroalimentan al interior, desencadenada por la lectura del entorno, son las que harán que emerjan sus formas.

En este diagrama se muestra la dinámica e interacciones del objeto autorreferente con respecto al entorno y con respecto a sí mismo.



Ilustración 39: Procesos del objeto autorreferente

### 6.2.3. Tipos

Los objetos autorreferentes pueden clasificarse de diferentes maneras dependiendo de su naturaleza, nivel de observación y el grado de complejidad.

Así pues puede haber objetos autorreferentes naturales biológicos (autopoiéticos), artificiales, sociales, cyborgs, con algún grados de autoconciencia etc.

Para ayudar a distinguir los objetos que abarca la clasificación de autorreferente, nos apoyaremos en el siguiente esquema:

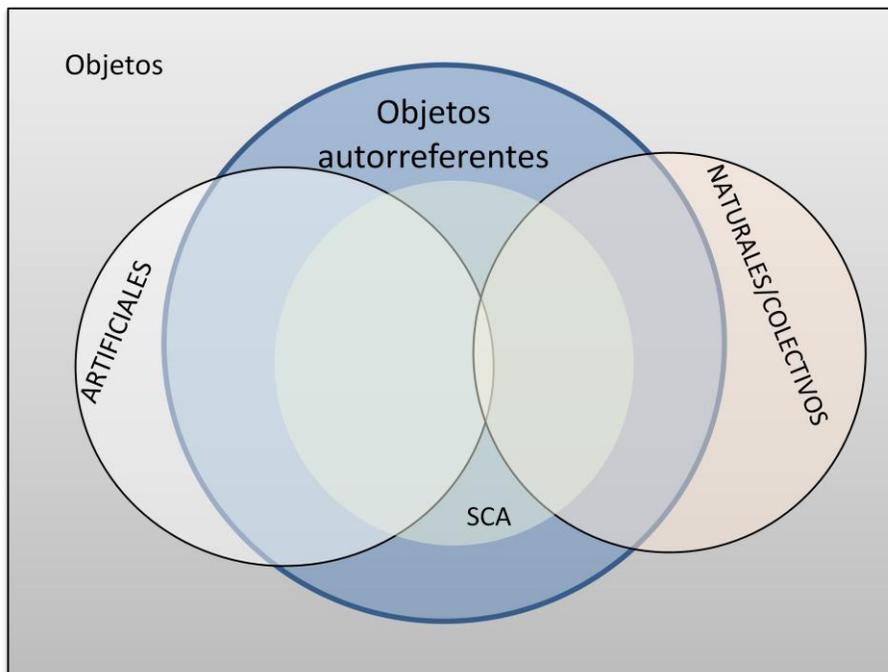


Ilustración 40: Esquema de la clasificación del objeto autorreferente.

La complejidad es una característica escurridiza y es difícil trazar una línea determinante que separe lo complejo de lo que no lo es puesto que esta se da por

gradientes prácticamente infinitos. Por los conceptos que hemos manejado podemos decir que tiene ciertos atributos, entre ellos:

- ✓ Nivel de conciencia de sí mismo.
- ✓ Cantidad de patrones que puede almacenar y manejar.
- ✓ Calidad y cantidad de vías de flujo de información.
- ✓ Capacidad de autorregulación.
- ✓ Cantidad de interacciones.
- ✓ Cantidad de conceptos que puede representar en su interior.

Como ya ha habíamos mencionado, los objetos autorreferentes son sistemas del orden complejo, por lo que a nivel de sistemas así podría esquematizarse, poniendo a la complejidad presente, pero con frontera no definida.

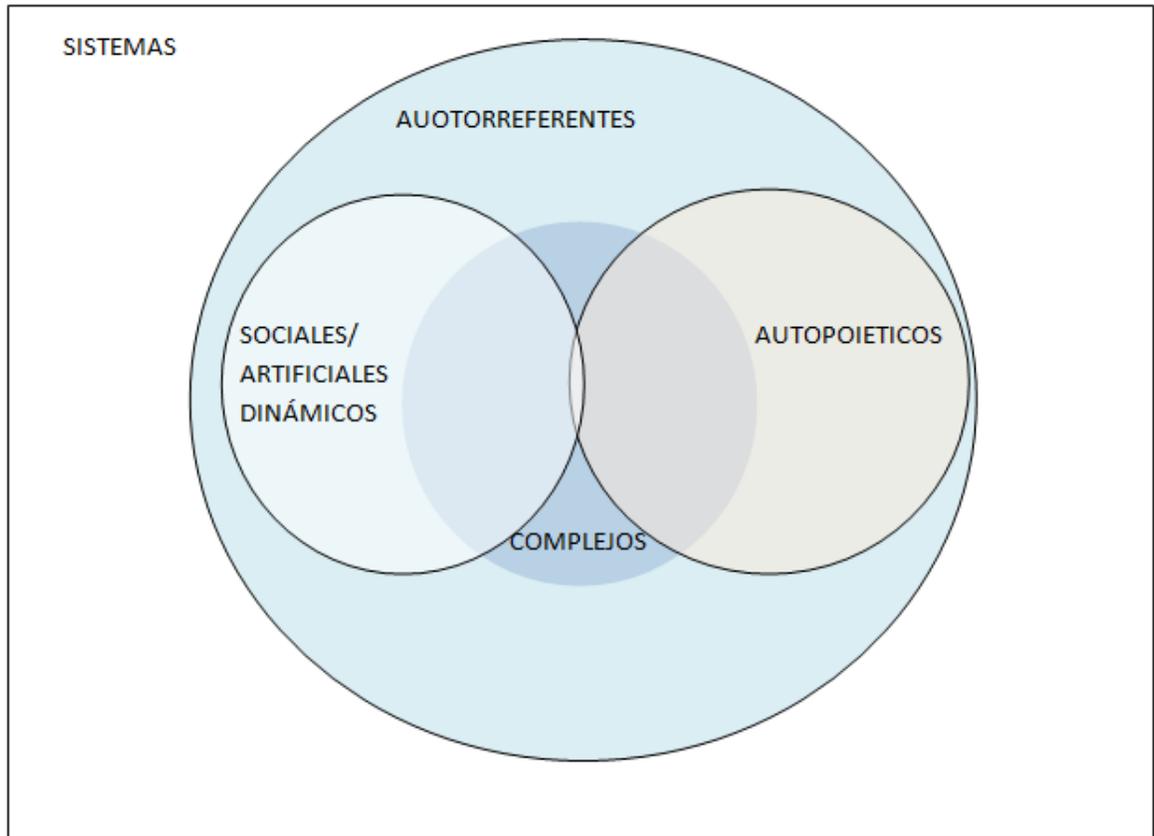


Ilustración 41: Esquemas de clasificación de sistemas autorreferentes.

Otra manera de categorizar a los objetos autorreferentes de acuerdo a la inferencia que se hace para diseñarlo, transformarlo o crearlo, describiéndolo como objeto autorreferente en su forma, estructura, comportamiento, función, programa, o en cualquier combinación de éstos factores de generación o producción del objeto autorreferente.

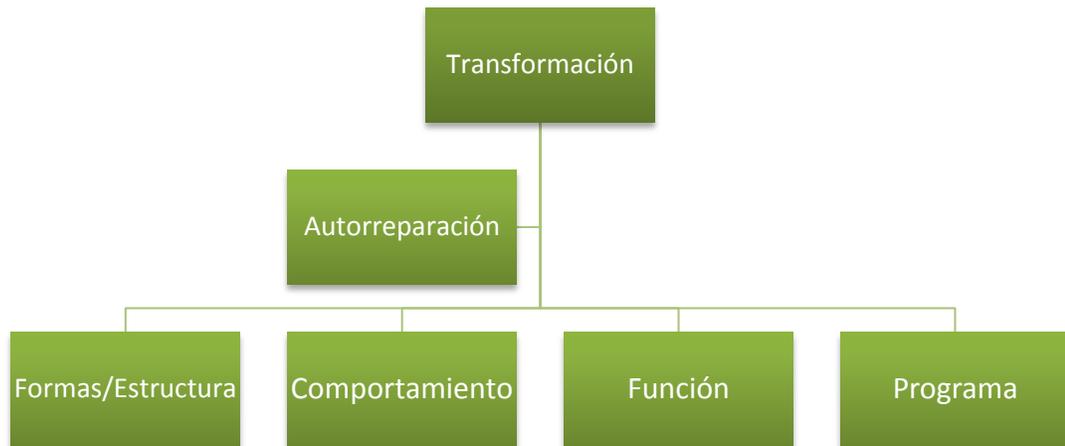


Ilustración 42: Factores de generación o producción del objeto autorreferente.

#### 6.2.4.Observaciones

- Para diseñar o rediseñar a los objetos autorreferentes se necesita intervenir o perturbar el entorno que influye en el, o bien uno o varios de sus componentes.
- El programa es información codificada o contenida en los procesadores(según nivel de observación). Información contenida en materia. *En algunos sistemas el programa se transforma de los aprendizajes o interiorizaciones de experiencias .*
- Dependiendo del nivel en que se observe, los elementos son permutables, es decir en lo que en un sistema de objeto autorreferente es el procesador, en un sistema más amplio puede ser parte de la interfase.
- Así mismo, el objeto autorreferente o cada componente puede estar compuesto de agregados de objetos, autorreferentes o no.

- El entorno es para el objeto autorreferente información que no esta dentro de él .
- Tanto la la información común que pueden manejar los componentes, así como los flujos de ésta, aparte que la estabilización homeostásica de la organización de los componentes del objeto autorreferente es lo que lo hace distinguible del entorno. (patrones de identidad única)
- Sus componentes materiales y patrones de información, pueden o no ser exclusivos del objeto en espacio y tiempo. Los componentes de éstos objetos pueden estar coexistiendo traslapados en distintas dimensiones o sustratos.
- La dinámica de los objetos autorreferentes requiere de energía.
- Hay interfaces de frontera, del procesador y de medio de flujo de informacion.
- Sus componentes contienen información que son parte de su identidad.

## **PARTE 4: PROPUESTA DE PAUTAS PARA DISEÑO DE OBJETOS AUTORREFERENTES**

### **7. CAPÍTULO 7: DISEÑANDO OBJETOS AUTORREFERENTES**

#### *7.1. Principios para el diseño de objetos autorreferentes*

Las teorías que se han manejado a lo largo del estudio, así como el conocimiento de los mecanismos de producción, evolución y morfogénesis que se analizaron, podemos concretar las nociones para diseñar objetos autorreferentes.

Para diseñar un objeto autorreferente se requiere visualizar los criterios que se quiere que cumpla su identidad, determinar qué función cumplirá en el sistema superior y como lo perturbará y determinar a través de que componente o componentes se establecerá la perturbación que le dará identidad al sistema y posteriormente lo transformará. (Cómo le introduciremos la información que lo transformará).

Un objeto autorreferente tendrá como objetivo permanecer, ser el mismo independiente del entorno. La objetividad de funcionalidad, forma o comportamiento es dada por el observador, por lo que en un momento dado “la nueva independencia resulta que cuando la incertidumbre apriete, se renuncie a la identidad y seguir vivo con otra.” (Wagensberg, 2004).

Los objetos autorreferentes son dinámicos, por lo que en su concepción y para su adaptabilidad hacia el entorno se requiere flexibilidad, recordemos que en los sistemas complejos “el orden sería necesario para preservar la información y permitir almacenarla. Pero para poder cambiar y adaptarse al ambiente, es necesaria una plasticidad que requiere que el sistema posea cierto grado de inestabilidad interna.” (Solé, 2009)

Wright (2005) también orienta en las características con las que debe contar un objeto autorreferente para evolucionar y subsistir en buena medida, comparando lo que dice en su estudio de la teoría de juegos sobre el éxito de una especie y entre a la

mecánica de la co-evolución: aprender, aprender por imitación, enseñar, utilizar herramientas, comunicación simbólica y una vida social intensa. En un objeto autorreferente esto se traduce en complejidad, pero queda claro que estar equipado con memoria y la capacidad de procesar diferentes tipos de símbolos, así como la relación e interacción aguda y acelerada entre sus componentes dotará al objeto de mayor eficacia y eficiencia en su quehacer.

También para diseñar este tipo de objetos, valdría preguntarse acerca de cuantos contextos y condiciones, además de las conexiones e interrelaciones con otros sistemas

Algunas directrices para el diseño o rediseño de un objeto autorreferente consideremos lo siguiente:

- ▶ Observarlo desde una perspectiva de segundo orden.
- ▶ Se deberá determinar el nivel en que se desenvuelve y así, observar a los componentes en base a este nivel. (es decir determinar la unidad)
- ▶ Determinar cuáles son o serán los componentes y que funciones cumplen o cumplirán dentro del sistema del objeto (procesador, información, interface).
- ▶ Determinar el entorno directo en que se desarrolla el objeto.
- ▶ Observar y determinar los patrones de flujos de información.

- ▶ Determinar las redes de flujo y sus ‘ancho de banda’. Calidad y capacidad de los “camino”.
- ▶ Determinar cómo se dan o darán las relaciones entre todo el sistema.
- ▶ Conocer como se interioriza la información del entorno.
- ▶ Tomar en cuenta como son las reacciones que arroja al entorno y como lo perturba y transforma, ya que esta lo realimentara y transformara a su vez.

En el siguiente cuadro se identifican las variables y factores que se deben considerar para el diseño de OA



## 7.2. Variables y factores a considerar para el diseño

Vimos en la figura anterior (Ilustración 43) los aspectos que se proponen considerar del diseño del objeto autorreferente. Para cada uno de ellos se establecen propuestas, lineamientos y estrategias basados en el estudio que se realizó de la autorreferencia en los 3 ejemplos de sistemas complejos. Así como el modelo de un método de diseño.

### 7.2.1. La distinción del objeto

Antes de siquiera empezar con un proceso de transformación o creación de un OA, debemos delimitarlo. La distinción del objeto tendrá que ver con el tipo de objeto que es y el enfoque o perspectiva en que se está practicando el diseño. Por ejemplo si se va a crear un OA artificial con electrónica digital, un edificio inteligente por ejemplo, se está creando una unidad discreta de componentes delimitados por la tecnología y el objetivo del sistema, (aunque cabe mencionar que algún componente podría formar parte de otro sistema u OA) se puede emplear aquí un enfoque tradicional de diseño, pero aplicando las condicionantes del modelo de diseño basado en la autorreferencia de los sistemas complejos adaptativos, para dar al objeto los beneficios de los procesos de dichos sistemas además de proporcionar las estrategias formales, para dotarlo de lo necesario para su autoconfiguración con robustez, eficacia y eficiencia en sus funciones. Para poder

diseñarlo su constitución debe reunir las características descritas en el punto 6.2, en donde se define al Objeto Autorreferente.

En cambio si se quiere dirigir una ciudad a ciertos cambios con urbanismo, o generar conductas a de un grupo a través de objetos, estamos hablando de otro nivel de observación en donde lo que se hará es rediseñar a un OA ya existente, lo cual requeriría obviamente poder distinguirlo del entorno, y para ello se requeriría identificar su identidad o determinarla a través de la información con significados comunes que pueden manejar los componentes, así como los flujos de ésta, aparte de la estabilización homeostásica de la organización y procesos de los componentes, éstos son los patrones de identidad única que hacen distinguir al objeto autorreferente de un entorno que habíamos mencionado en el postulado.

Una observación al margen puede surgir de lo anterior, ¿Qué es lo que hace transformarse y evolucionar a un sistema, quién está impulsando a quién, la tecnología y objetos a las sociedades o las sociedades a la tecnología y objetos? la respuesta es que todo depende de en qué nivel decidamos ubicarnos.

### *7.2.2. Categorización de componentes.*

Para entender bien al objeto autorreferente se deben determinar claramente los componentes que lo conforman, esto se puede deducir mediante las características y

funciones que cumple cada elemento dentro del sistema del OA. Así pues, podemos basarnos en la lista de componentes de la Ilustración 38.

Además de los mencionados, la información, la complejidad, tipo de energía que da impulso al sistema son elementos intangibles del OA que también se deben tipificar para poder establecer las estrategias de diseño.

Por ejemplo, dependiendo de la clase de OA que se está diseñando, el tipo de información que fluye puede ser símbolos, impulsos, señales, números, palabras etc., y puede estar instalada en ADN, cosas, chips, libros, software etc.

También será conveniente categorizar al OA con apoyo del diagrama de la Ilustración 40, para poder ubicar mejor de que clase se determinara al componente. Así mismo, el entorno con el que coexiste debe contemplarse como elemento a saber para diseñar, aunque no es un componente del OA, es un componente necesario para el diseño porque este influye en él y lo distingue en el sentido de que le da identidad por alteridad.

Cabe mencionar que algunos componentes del OA, podrían cumplir varias funciones dentro del sistema en diferente tiempo o espacio, es decir que el OA puede tener elementos multifuncionales, lo cual se debe tener en cuenta ya que implicará efectos en los procesos y por consiguiente en la configuración formal y estructural del OA.

Con esto, se podrá trazar una matriz en la cual se visualice a cada uno de los elementos para su diseño, no se podría diseñar algo si no se conoce su función y efecto.

En la siguiente tabla hay ejemplos de los que se explica. La interpretación presentada es una guía, ya que como hemos dicho hay muchos niveles de observación posible, y el diseñador puede determinar al OA a discreción, así como decidir qué funciona como qué, fundamentado en su distinción del objeto.

Ejemplos de OA ----->	Matriz Social (fraccionamiento en un sector ciudadano)	Automóvil o edificio inteligente	Cobertizo hecho de arbustos
<i>Componentes / elementos</i>			
Tipo de objeto, ubicación en diagrama	Social, artificial complejo	Artificial complejo	Biológico
Procesador	Imaginario colectivo, memes	Computador	Distribuidos en todas las células
axioma/programa/condición inicial	Cultura del grupo social	Software	Genotipo, ADN
Interfaces a las que se les dará información	Edificaciones y mobiliario urbano	Sensores de movimiento, peso, calor etc.	Hojas, raíces, tallos
Datos que fluyen	Símbolos, señales sensoriales, lenguaje	Impulsos eléctricos traducidos a números	Elementos químicos, luz
Entorno con el que interactúa	Fraccionamientos vecinos, la ciudad	Calles y caminos/ ciudad	Medio ambiente específico
Tipo de energía que lo impulsa	La información y comunicación	Eléctrica	Lumínica solar, nutrientes
Epifenómeno (s) que influyen en la forma	habitación de espacios y su uso	Manejo constante/ uso	Guías de crecimiento a base de tutores

**Ilustración 44: Ejemplos de objetos autorreferentes**

### 7.2.3. Dirigir los sistemas/Diseño de atractores

El diseño de OA implica su creación o transformación, en cualquier caso, por la naturaleza de estos, para hacerlo sería necesario dirigirlos hacia un objetivo formal o de comportamiento, por lo que el diseñador se vería en la necesidad de establecer a través de qué medios lo conseguiría, como también a través de qué técnicas.

Para este efecto es importante saber que podemos manipular al OA de diferentes maneras a través de uno o varios de sus componentes o elementos, o bien desde el entorno con atractores que pasarían a ser parte del sistema.

De las estrategias que podemos establecer basándonos en los procesos que manifiestan los sistemas complejos adaptativos podemos mencionar las siguientes:

- a) La cantidad de elementos intervenidos como portadores de información es directamente proporcional a la velocidad de los cambios o transformaciones.
- b) Entre más inteligible sea el código de información, es decir, que la información sea fácilmente procesable para la obtención de significados, hay más posibilidades de que se interiorice eficientemente y se produzcan patrones de respuesta.
- c) Se debe priorizar la introducción de información a partir del programa y memoria del OA ya que esto se impone antes de la capacidad sensorial.
- d) El tiempo de exposición y las repeticiones de los perturbadores también influyen como perpetradores del cambio y la rapidez del mismo.

#### *7.2.4. Diseño del Programa/Procesos.*

El programa o los programas de los OA son los que tienen las instrucciones precisas de cómo se procesará la información, es decir su interpretación que generará un cambio al sistema, o una respuesta o reacción si se tiene la perspectiva de observador.

El programa determina los procesos por lo que al manipularlo podemos generar cambios en el OA. Como ya hemos visto, existen varios procesos que se realizan en los sistemas complejos adaptativos, principalmente la autorreferencia por medio de la cual estos sistemas tienen morfogénesis. Por lo analizado, podemos deducir algunas características y mecanismos que se deben tomar en cuenta para el diseño del programa:

- a) Procesos centrados en el bricolaje y la selección natural.
- b) Capacidad para procesar valores discretos y también continuos de pesos análogos que se representen en la realidad.
- c) Que puedan definir su propio algoritmo, la solución más exitosa.
- d) Memoria de algún tipo.
- e) Proceso de retroalimentación de “errores” y “éxitos”.
- f) Interconexión entre los procesos.
- g) Capacidad de la formación de nuevas conexiones entre datos, o bien del fortalecimiento o debilitamiento de las existentes para dar lugar al aprendizaje.
- h) Mecanismos de abstracción y categorización de información.
- i) Tener repertorios de símbolos y conceptos.
- j) Capacidad y flexibilidad para la diversificación.
- k) Tener a la incertidumbre como medida relevante del entorno.

Recordemos también que para los sistemas biológicos y sociales los programas y procesos generales están determinados por su propia naturaleza y consisten en:

1. Elegir: interminable toma de decisiones y procesar información
2. Aumentar la complejidad: Permanecer y fortalecerse.
3. Promover un intercambio beneficioso con otros: Estrategia o mecanismo para aumentar complejidad.

### 7.2.5. Prospectiva del objeto

Predecir la forma o comportamiento que tendrá un OA es de las principales cuestiones que se deben contemplar ya que de esta predicción dependerá si el diseño cumplirá con su objetivo o funcionalidad para la que fue concebido.

Para resolver este factor, determinar, aunque sea de manera provisional, después de hacer las investigaciones y análisis pertinentes, las secuencias de los procesos que se dan en las dinámicas del OA y sus elementos.

Puede haber varios caminos que pueden dar predicciones acertadas, se puede basar en las teorías explicativas de las variables, análisis de historia y antecedentes, o bien la utilización de metodologías o técnicas como las técnicas de generación de escenarios y el uso de simuladores.

Una de las tareas del diseñador del OA, es el pronosticar los estados del OA mediante la adecuada propuesta de los instrumentos para ello. Viene a colación lo que dice Allen Paulos con respecto a la ciencia cotejando con la tarea del diseño bajo nuevos paradigmas en sus sentidos de crear y de predecir: "El objetivo de la ciencia entonces no sería otro que encontrar buenas teorías (programas breves) capaces de predecir (generar) las observaciones (secuencias). Cada uno de estos programas, añaden estos autores, sería una teoría científica, y cuando más breve fuera en relación con los fenómenos observables que predijese, más poderosa sería." (Allen Paulos, 2009)

### 7.2.6. El diseño tangible/ Interfaces

En este apartado lo que se pretende aclarar es la labor de la propuesta del diseño de interfaces del diseñador con los usuarios, o desde otra perspectiva o nivel de observación, de los componentes con otros componentes. Lo que representa un objeto tangible, ya que a fin de cuentas, el diseñar OA es para el beneficio del hombre.

La tangibilidad de los componentes o de interfaces se las da la materialidad de la información que están interpretando o procesando. La información que se desea transmitir en un OA puede estar contenida en un objeto, o un sistema o familia de ellos, también en moléculas o partículas de materia.

La naturaleza de las interfaces puede ser de diversa índole, pero la principal función es percibir la información e interpretarla o transmitirla de manera en que pueda interiorizarse al sistema.

Para el diseño de las interfaces al detalle, será necesaria la intervención de distintas actividades disciplinarias dependiendo del tipo de objeto, por ejemplo la Arquitectura, urbanismo, diseño gráfico, mecatrónica, ingeniería de software, biotecnología etc.

Los conocimientos que se deben considerar para el diseño de los objetos con los que interactúa el ser humano son los de ergonomía, usabilidad y ciencias cognitivas. Siempre considerando que estas variables cambian dependiendo de los contextos por lo que se deberá contemplar la sociología en los estudios para la propuesta, ya que de ésta dependen muchas dinámicas que influyen con las interacciones en y con los OA.

### 7.2.7. Diseño de la red y conexión

El diseño de la red para un OA tiene que ver con la estructura de las interacciones que se dan a partir de la comunicación entre los componentes del OA. La importancia del diseño de la red y conexiones en los OA radica en que de esto dependerá la eficacia, eficiencia y velocidad en la que se transmiten los datos, lo que origina el buen funcionamiento o la fortaleza del sistema.

Basándonos en las estructuras que presentan los distintos tipos de redes en los sistemas complejos, se extrajeron nociones que servirán como directrices para la proposición de dicha red del OA:

- Las redes con propiedad del 'mundo pequeño' (redes libres de escala) efficientizan el flujo de información y el encuentro de datos entre los componentes.
- La modularidad de la red permite la mejor organización y comunicación entre elementos especializados, lo que facilita que los módulos puedan evolucionar de una manera un tanto independiente; permite enfocar la manipulación de partes más específicas de un OA por parte del diseñador, además evita que si hay fallas o daños en un módulo, esto se propague a las otras partes del OA.
- En las redes con estructura 'fuera de escala', "por debajo de cierta tasa mínima de infección la epidemia siempre termina por desaparecer, mientras que por encima de esta siempre acaba persistiendo." (Solé, 2009)
- Las redes centralizadas o altamente jerárquicas son frágiles en el sentido de que si se dañan pocos elementos las consecuencias resultarían un desastre para todo el OA.
- Es deseable que haya heterogeneidad en el número de conexiones de que unirán a los elementos entre sí, es decir que existan elementos multiconectados, medio conectados y poco conectados, así se podrá echar

mano a los componentes más convenientes según su conexión para la introducción de información y la propagación de ésta por el sistema.

Como acotación al tema, ponemos la 'receta' para la obtención de una red genérica libre de escala que propone Solé: "Una receta para obtener redes libres de escala. Se parte de una pequeña red inicial (no importa cual, izquierda) y se van añadiendo elementos. Supongamos que cada elemento nuevo (1) puede conectarse con dos elementos anteriores. Las nuevas conexiones pueden hacerse con cualquier nodo, pero lo más probable es que se lleven a cabo con los nodos más <<populares>> que poseen un mayor número de conexiones. Lo mismo ocurre con el mismo elemento (2) y así sucesivamente. Podemos ver que elemento central (que poseía más conexiones al principio) incrementa su conectividad." (Solé, 2009)

#### *7.2.8. Diseño de estructura*

La Cantidad y flexibilidad de los elementos y componentes así como su materialidad es lo que considerará el diseño de la estructura.

Para el diseño de la estructura de un OA hay que tener en cuenta que de ello puede depender directamente la complejidad del sistema.

La capacidad de adaptabilidad y multifuncionalidad de cada componente agrega complejidad así como la flexibilidad del sistema ante los cambios y perturbaciones del entorno.

Cada componente o elemento significa algo para el OA, y como se observa en los SCA, “la ambigüedad introducida por la polisemia resulta ser una propiedad enormemente útil: en lugar de introducir ineficiencia, hace de hecho la asociación semántica mucho más fácil y fluida.” (Solé, 2009)

¿Con cuántos componentes de cada tipo debe contar un OA? Esto dependerá del objetivo a alcanzar y la complejidad que se quiera alcanzar. A veces será necesario contar con más o menos según el tamaño de frontera del objeto.

También es importante mencionar que la tecnología que se elija determinara cual será el desarrollo máximo del OA, es decir, al umbral de complejidad que podrá alcanzar, sin la intervención de una modificación externa.

Las características de las propiedades de la tecnología empleada en el OA, sus componentes atractores o interfaces, deben estar en concordancia entre cada uno de ellos ya que por ejemplo, de nada sirve si se puede percibir mucha información que el procesador es incapaz de procesar, ni resulta eficiente contar con vías de comunicación sobradas para la calidad y cantidad de datos que transitan en ella y viceversa.

De las características de los componentes y elementos y su flexibilidad o capacidad de adaptación, dependerá de cuando el sistema se estanque o muera.

### 7.2.9. Diseño de flujos

También es importante para el diseño del OA, determinar la intensidad de los flujos de información, es un factor que en algunos OA muy complejos será difícil controlar, pero sí se pueden hacer cálculos para estimarlos y determinar estrategias para hacerlo. Recordemos que la interacción aguda y acelerada entre sus componentes dotará al objeto de mayor eficacia y eficiencia en su quehacer.

Hay ciertas 'reglas del juego' que tienen que ver con los flujos de información del OA y que pueden plantearse como estrategias a seguir para su diseño.

Aquí esbozamos estas pautas, estudiadas en el punto 1.8:

- ▶ Los costos de intercambio de datos son inversamente proporcionales a los beneficios obtenidos
- ▶ Las distancias, velocidades y calidades de las vías del flujo de datos están directamente relacionadas con los costos de intercambio de información.
- ▶ La información puede pasar de individuo a individuo, pero también de sistema a sistema.
- ▶ la dinámica de suma no nula es el motivo de que la información empiece a transmitirse.
- ▶ La modularidad fractal de la estructura de los subsistemas, permite que los sistemas se repliquen con rapidez
- ▶ Cuando las vías de conexión y de comunicación son deficientes. descentralizar el sistema es una buena opción.
- ▶ La retroacción positiva, es la que permite la autoorganización del sistema.
- ▶ La interdependencia entre componentes genera un comportamiento condescendiente entre las partes.

- ▶ Una percepción eficaz sirve de poco sin un procesamiento veloz de los datos.
- ▶ Fomentar simbiosis entre los componentes o individuos da mejores resultados para el sistema.
- ▶ La incomunicación y la desconfianza son los factores que se deben reducir o eliminar si se quiere que los individuos interactúen para un beneficio común: Se desconfía de las decisiones que se toman lejos de nosotros.

#### 7.2.10. Diseño del lenguaje

Como hemos dicho, la comunicación eficiente y eficaz entre los individuos significará una alianza más fuerte, o fuerza de unión en el OA.

La claridad en el mensaje y que los datos sean transmitidos en el mismo “lenguaje” son esenciales para una clara y precisa comunicación, sin embargo, en las vías y el inter que hay entre emisor y receptor la calidad de la comunicación se merma debido a múltiples factores como el tiempo, la pérdida de datos en el camino por fugas de información e incluso por la transformación de la información por su interacción con las vías. Por esto, cualquier cosa que dote de potencia al mensaje, como el acortamiento de los caminos que la información recorra y el adecuado lenguaje comprensible para sus componentes, hará más eficiente y eficaz la comunicación entre éstos, un proceso vital en el sistema, esto además reducirá costes de energía y tiempo.

El diseño del lenguaje tiene que ver con el tipo de información que se quiere transmitir, y de cómo es codificada y decodificada por los componentes del sistema.

La decodificación del mensaje permitirá el procesamiento de información que se traducirá en significados que estimularán al OA. Los significados para un componente pueden no ser los mismos que para otro, en el lenguaje se debe considerar el campo de acción que se alcanza significar en cierto sentido.

Además puede considerarse para el diseño un lenguaje con información polisémica cuyo significado dependerá del componente al que infiere y al contexto en el que se encuentra. Ya que por ejemplo “Las palabras polisémicas dan una coherencia extraordinaria a la red, haciendo fácil la navegación y por tanto la existencia de cadenas de relaciones <<fáciles>> entre palabras distantes, así como la asociación local (medida por el número de triángulos)”. (Solé, 2009). Así pues, en ciertos casos, sobre todo si el campo de acción es grande y si el tipo de OA lo permite, se puede dar flexibilidad al lenguaje agregando cierta ambigüedad en éste.

También debemos tomar en cuenta para el diseño del lenguaje que se manejará para el OA, la tecnología con la que cuenta cada elemento del sistema, ésta puede determinar en gran medida de qué manera se le puede dar la inteligibilidad necesaria a un mensaje que se desea introducir, o que sea leído por dicho elemento o componente en su contexto.

#### 7.2.11. Diseño de la complejidad

La complejidad es un rasgo determinante de un OA, y para cuestiones del diseño de éste, será necesario distinguir los atributos que la generan en un sistema para poder intervenir en ello, o bien para dotar al OA de los atributos necesarios para dar complejidad.

El grado de complejidad que se le confiera al OA dependerá de si los efectos que tendrá ésta son útiles para los objetivos de diseño.

Como ya hemos mencionado la complejidad es un fenómeno emergente y es difícil trazar una línea precisa que divida lo complejo de lo que no es complejo porque se manifiesta en gradientes prácticamente infinitos.

También, basados en los análisis de los SCA, podemos decir que los atributos que debe tener un OA referentes a la complejidad son:

- ✓ Nivel de conciencia de sí mismo.
- ✓ Cantidad de patrones que puede almacenar y manejar.
- ✓ Calidad y cantidad de vías de flujo de información.
- ✓ Capacidad de autorregulación.
- ✓ Cantidad de interacciones.
- ✓ Cantidad de conceptos que puede representar en su interior.
- ✓ Habilidad estructural de transformación.
- ✓ Tamaño de frontera relativamente grande.

Estos pueden presentarse en diferentes cantidades y formas y la conjunción de éstos de determinada manera será lo que dote de complejidad al OA, la cantidad de esta también puede medirse de acuerdo a dichos atributos. Aunque recordemos el término de complejidad efectiva descrito en el punto 1.2 donde se habla de ésta como el programa más corto capaz de generar sus regularidades.

¿Qué tan complejo debe ser un objeto que se desee crear? Dependerá de la incertidumbre que presente su entorno y lo que le pueda perturbar. Pero se debe tomar en cuenta que:

- Mayor complejidad implicará mayor flexibilidad
- Mayor complejidad también implica menor control.
- Las secuencias que manifiestan simultáneamente orden y aleatoriedad tienen la máxima significación y, por tanto, la máxima complejidad efectiva (a pesar de su complejidad intermedia).(Allen Paulos, 2009)
- Cuanto mayor es la masa, mejor es la predicción alcanzable.

Por lo tanto tenemos que entre más complejo, más adaptable o transformable, más universal= sistema más fuerte con capacidad de permanecer. Lo que también implica mayor dificultad de control.

### 7.3. Propuesta de diagrama metodológico para el diseño del OA

Se proponen dos diagramas metodológicos para el diseño de los OA, uno representa los pasos a seguir si el diseño pretende transformar, es decir, la intervención a un OA ya existente, un sistema que ya está creado naturalmente como las comunidades o entidades biológicas, y el otro diagrama sigue los pasos para la creación tecnológica de un OA del tipo artificial, creado y concebido desde su inicio por el hombre.

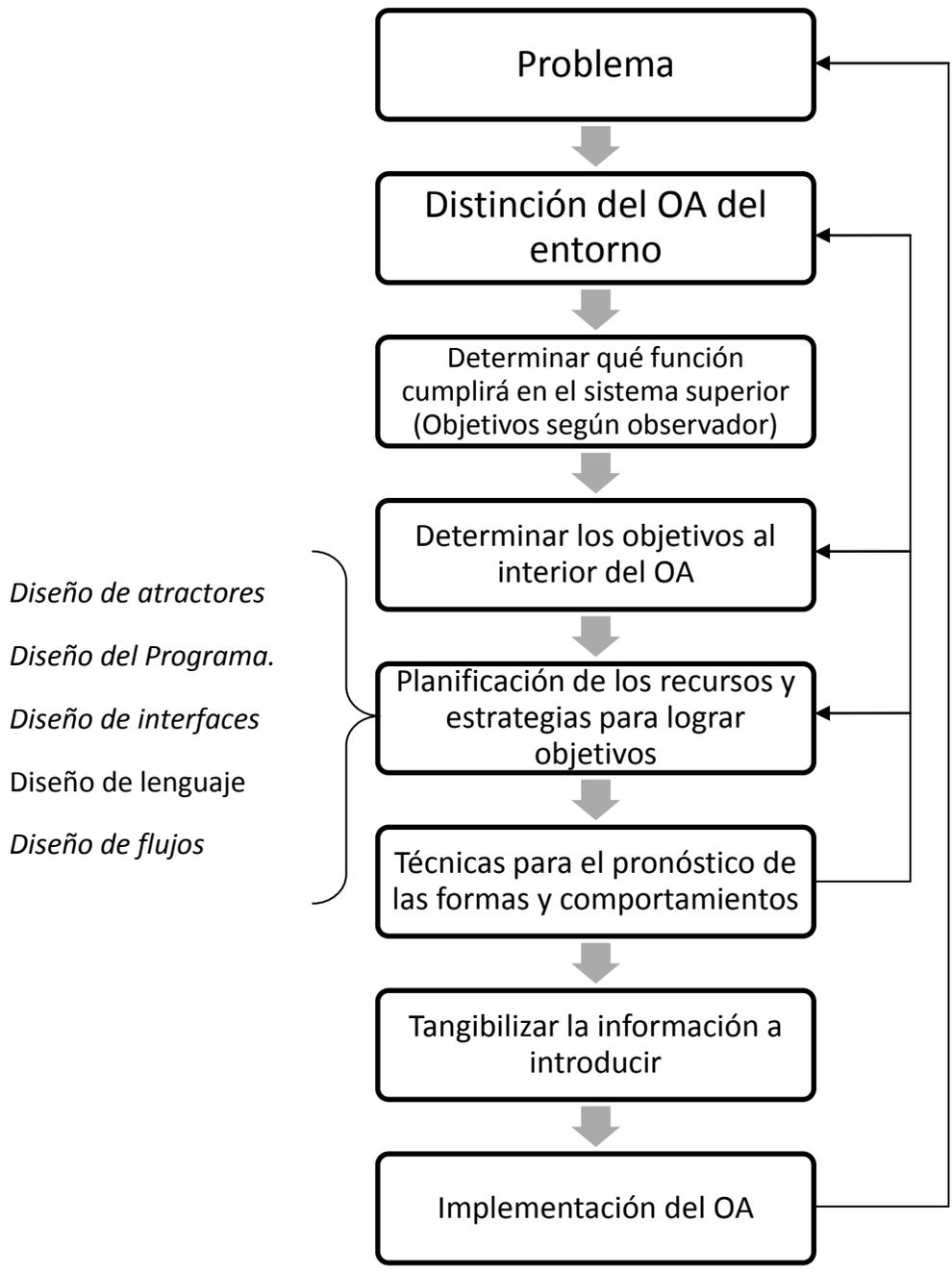


Ilustración 45: Diagrama metodológico para el rediseño de OA de naturaleza social-biológica

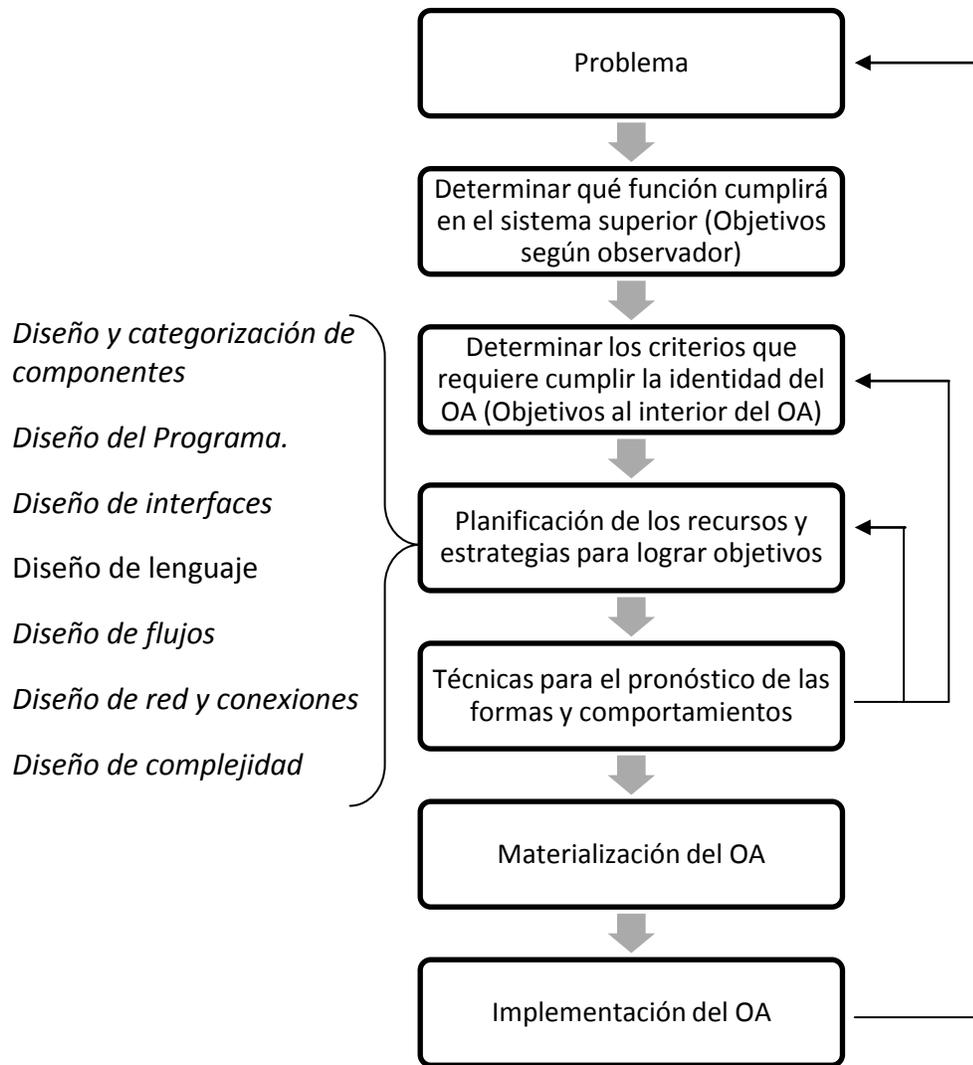


Ilustración 46: Diagrama metodológico para el diseño y creación de OA del tipo artificial.

Si bien éstos diagramas son una guía para la práctica del diseño, no representan una receta exacta debido a que diseñar no es una actividad estática, las adaptaciones son válidas dependiendo de los contextos a enfrentar.

## 8. COMENTARIOS FINALES

Se deduce que es posible direccionar a los sistemas autorreferentes, se deberán conocer los términos de su complejidad, sus procesos y organización, su estructura y programas, así como las formas o patrones que emergen de ello. Así mismo es posible diseñar objetos autorreferentes basándose en estos conceptos.

La opción más viable es entender a los sistemas como de naturaleza biológica. La mayoría de las fracciones de un sistema que se estudian como ecosistemas son también parte de otros ecosistemas mayores y, al mismo tiempo, contienen partes más pequeñas que se pueden estudiar como ecosistemas.

El diseño bajo este enfoque no se concentra sólo en formas discretas y estáticas, sino en la programación, procesos, dinámicas, flujos e interacciones y todo está basado en la información.

Con esto no se quiere decir que otros paradigmas o disciplinas que involucran la acción de diseñar dejen su práctica a un lado, este enfoque representa una perspectiva a un nivel mayor que permite hacer propuestas estratégicas integrales, apegadas a los contextos involucrando espacio y tiempo.

El paradigma del diseño en los objetos autorreferentes se centra en programación, perturbaciones, atractores y comunicación. Reconocer patrones de experiencia del sistema. Tener empatía con el sistema que perturbará. Y como dijimos si se pretende

direccionar a los sistemas autorreferentes, se deberán conocer los términos de su complejidad, sus procesos y organización, su estructura y programas, así como las formas o patrones que emergen de ello.

Surge también el reto de plantear criterios para las presentaciones documentales o formales de los proyectos en donde se ve al diseño desde este enfoque.

Apenas van surgiendo proyectos que abarcan más que la solución formal de un objeto, la solución de un problema con un sistema de objetos, un ejemplo es el siguiente proyecto que un tesista de la carrera de diseño industrial de la UANL al cual denominó “museo vivo” en donde plantea una solución al problema de *grafitti* en el sentido de ser percibido como daño a propiedad, replanteando su percepción basándose el objeto de la matriz social urbana y comunidad de ‘*grafitteros*’; en donde se propone desde la ruta urbana en donde se desarrollara el museo, los signos visuales que le darán identidad, dinámicas de uso que se irán autoajustando, así como las estructuras o artefactos en donde se pintarán, así como la ubicación estratégica de cada uno de los elementos (ver anexos).

El estudio y análisis de los sistemas complejos adaptativos biológicos, sociales y artificiales nos aclaró cómo es la dinámica subyacente general que se da a partir de leyes generales, y cuyas pautas son aplicables al diseño.

El diseño desde nuestro punto de vista es una transdisciplina que implica la integración sinérgica de áreas enfocadas a la condición del ser humano, sociología,

ingenierías e informática y sistemas. Y se puede practicar proponiendo conceptos estratégicos cuya materialización se da por las especializaciones.

## ANEXOS



## Distribución en la Ciudad

MUSEO VIVO SISTEMA REORIENTACION GRAFFITI



- Mercado Fundadores
- Macroplaza
- Parque Fundidora
- Calles 5 y 15 de Mayo
- Paseo Santa Lucia

## Señalización

MUSEO VIVO SISTEMA REORIENTACION GRAFFITI



### Logotipo



Creo conveniente la propuesta de un logotipo para que el lugar o los elementos dispersos por el área urbana sea de mas rápida identificación y vinculación con la propuesta.

El logotipo tiene un estilo comparable a un tag, esto con la intención de que se aprecie desde el primer momento su naturaleza. El significado es Museo Vivo que es nombre de la propuesta que realizo, para que las personas en el movimiento sepan que es un apoyo parellas.

### Colores



### Señales



Estas imágenes representan algunas señales que podríamos ubicar en la ciudad para dirigir, la atención y hacerlas destacar dentro de las mismas calles.

Colocadas directamente sobre algún muro o bien soportarlas, sobre un poste como señales de trafico, pero para este caso se cambiaron los colores a las que regularmente se usan en las señales de trafico, para evitar confusiones y accidentes.

La imagen que representa una flecha con el logo, su principal función es la de indicar el camino hacia el Museo Vivo. Traza la ruta para concentrar a los peatones interesados en visitarla.

Las otras dos señales corresponderían a ser puestas en lugares que aunque no estén dentro del museo vivo sean afiladas a esta.

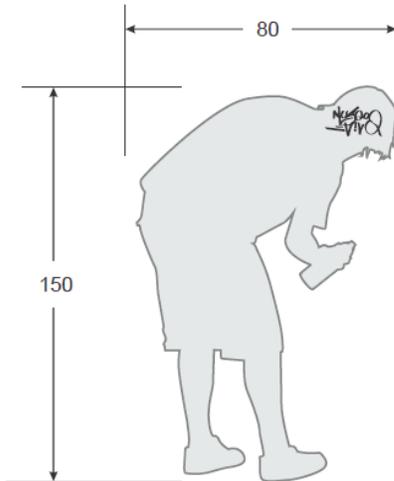
Si alguna empresa desea prestar algún muro o cualquier espacio para ser utilizado por algún writer, se le colocaría una señal como las de color naranja para indicar que esta apoya al movimiento, el arte y la cultura de la ciudad.

Estas señales tendrían un longitud total de 40 cm aproximadamente para que puedan ser cómodamente visibles, al peatón.

# Estructuras Semi fijas

MUSEO VIVO SISTEMA DE ORIENTACION GRAFFITI

## “Yo Soy Tag”



### Descripción

Elemento que tiene la silueta de una persona pintando, que debido a su tamaño puede ser ubicado en la calle y en diferentes puntos.

Este objeto está hecho de una lámina de policarbonato celular o Estireno de 8 a 10 mm, y por su tamaño va ubicado en el piso.

Este elemento se puede fijar al piso por medio de piezas ubicadas en lo que sería los pies de la silueta y estas a su vez fijadas a la placa de policarbonato o Estireno.

La idea es que cualquier artista, writer o persona ajena al movimiento pueda usar este objeto pintando lo que la persona quiera en ese momento.

Otra de las cosas que busco es que alguien pueda crear algún motivo o diseño realmente interesante con la silueta, algún dibujo, formas etc, que cambien realmente la perspectiva del objeto. Esto con la intención de que si llegara a suceder esto, la pieza se vendiera en alguna exposición y así el Museo Vivo obtenga algunas ganancias para continuar implementando y mejorando las condiciones para los elementos para al mejor y más completa expresión del artista.



Ilustración 47: Imágenes del proyecto "museo vivo" tesista: Esau Sánchez C.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abrams, Z. S. (2006). *Caos para todos*. Barcelona, España: Ediciones Paidós Ibérica.
- Aburto Morales, S. (2007). *Psicología del arte*. Monterrey: Universidad autónoma De N.L.
- Alcaide, J. (2004). *Diseño de productos, métodos y Técnicas*. Valencia: Alfaomega.
- Allen Paulos, J. (2009). *Érase una vez un número*. (3era ed.). Barcelona: Tusquets editores.
- Andrade, Eugenio. (2006). "Genotipo-Fenotipo" complejidad y autorreferencia. *LUDUS VITALIS / vol. XIV / núm. 25 /*.
- Aranda Anzaldo, A. (1997). *La complejidad y la forma*. México D.F.: Fondo de Cultura Económica.
- Augé, M. (1998). *Dios como objeto*. Barcelona, España: Editorial Gedisa.
- Baudrillard, J. (1969). *El sistema de los objetos*. México DF: Siglo XXI.
- Béjar, H. (2007). *Identidades inciertas: Zygmunt Bauman*. Barcelona, España: Herder Editorial.
- Bickford, D. (13 de Abril de 2008). Intriga rana de Borneo a científicos. *El Norte*, pág. 2.
- Bohm David, P. D. (2007). *Ciencia, orden y creatividad*. Barcelona, España: Editorial Kairós.
- Bohm, D. (1998). *La totalidad y el orden implicado*. Barcelona: Kairos.
- Brownell, B. (s.f.). *Catalogo. Transmaterial*.
- Bürdek, B. E. (2007). *Diseño: Historia, teoría y práctica del Diseño Industrial*. Barcelona, España: Editorial Gustavo Gili.
- Cancels, D. A. (s.f.). Obtenido de Departamento de Lengua y Literatura Inglesas.
- Cassirer, E. (1985). *Filosofía de las formas simbólicas*. México, D.F: Fondo de cultura económica.
- Cesar Galeano, E. (s.f.). *Modelos de comunicación*. Obtenido de [http://www.oficinappc.ucr.ac.cr/HA2073/Modelos\\_Comunicacin\\_Humana.pdf](http://www.oficinappc.ucr.ac.cr/HA2073/Modelos_Comunicacin_Humana.pdf)
- Challoner, J. (2004). *Inteligencia artificial*. México D.F.: Planeta.
- Chávez, N. (s.f.). *El diseño invisible*. Paidós.
- Chimal, C. (2007). *La cibernética*. México D.F.: Tercer Milenio.
- Cornejo Portugal, I. (2007). *El lugar de los encuentros: comunicación y cultura en un centro comercial*. México, D.F.: Universidad Iberoamericana.

- Dawkins, R. (1982). *El Fenotipo Extendido*.
- De la Calle, R. (2006). SEIS CONSIDERACIONES EN FAVOR DE LA ESTÉTICA NATURAL. *Quaderns de filosofia i ciència, Universitat de València-Estudi General*(36), 85-92.
- De Saussure, f. (1949). *curso de lingüística general*. París: Rayot.
- de Waal, F. (2007). *Primates y filósofos*. Barcelona, España: Ediciones Paidós Ibérica.
- Elster, J. (2006). *El cambio tecnológico*. Barcelona, España: Editorial Gedisa, S.A.
- Esté, A. (1997). *Cultura replicante*. Barcelona, España: Editorial Gedisa.
- Fleur, M. D. (1993). *Teorías de la comunicación de Masas*. Barcelona: Paidós.
- Flusser, V. (2002). *Filosofía del diseño*.
- Friedman, J. (1994). *Identidad cultural y proceso global*. Buenos Aires, Argentina: Amorrortu editores.
- García Melón, M., Alcaide Marzal, J., Gómez Navarro, T., Collado-Ruiz, D., Peris Blanes, J., Monterde Díaz, R., . . . Gómez-Senent Martínez, E. (2010). *Fundamentos del diseño en la ingeniería*. México, D.F.: Limusa.
- Goldstein, J. (1999). *Journal of Complexity Issues in Organizations and Management*. Recuperado el 21 de 11 de 2007, de [http://www.wu-wien.ac.at/am/Download/ae/Issue\\_1-1.pdf#page=50](http://www.wu-wien.ac.at/am/Download/ae/Issue_1-1.pdf#page=50)
- González Ochoa, C. (2007). *El significado del diseño y la construcción del entorno*. México D.F.: Editorial Designio.
- Guiraud, P. (2006). *La semiología*. México.DF: siglo XXI.
- Guyau, J. (1931). *El arte desde el punto de vista sociológico*. madrid.
- Hofstadter, D. R. (2009). *Yo soy un extraño bucle* (1a ed.). México ,D.F.: Tusquets editores.
- Holland, J. (2004). *El orden de lo oculto*. México, D.F: Fondo de cultura económica.
- Jack, C. (2004). *Inteligencia artificial*. México D.F.: Editorial Planeta.
- Jacob, F. (1999). *La lógica de lo viviente*. Barcelona: Tusquets.
- James., C. M. (2004). Aesthetics as an aid to understanding complex systems and decision judgement in operating complex systems. *ECO Special*, 6, 32-39.
- Johnson, S. (2001). *Sistemas emergentes o que tienen en común hormigas, neuronas, ciudades y software*. Madrid: turner.

- Kandinsky, W. (1994). *Punto y línea sobre el plano*. México. DF: Ediciones Coyoacán.
- Kauffman, S. (2003). *Investigaciones: complejidad, autoorganización y nuevas leyes para una biología general*. Barcelona: Tusquets.
- Las fronteras físicas entre personas y ordenadores desaparecerán en 2020* . (s.f.). Recuperado el junio de 2008, de [http://www.tendencias21.net/Las-fronteras-fisicas-entre-personas-y-ordenadores-desapareceran-en-2020\\_a2191.html](http://www.tendencias21.net/Las-fronteras-fisicas-entre-personas-y-ordenadores-desapareceran-en-2020_a2191.html)
- Lederman Leon M., H. C. (2006). *La simetría y la belleza del universo*. Barcelona, España: Tusquets Editores.
- Letelier Guzmán, G. (18 de junio de 2011). *Apuntes de teología emergentista*. Obtenido de La idea de la emergencia: <http://galetel.webcindario.com/id33.htm>
- Lévi-Strauss, C. (1958). *Antropología estructural*. París.
- López Aguilar, F. (2007). *Antropología fractal*. Sociedad Matemática de México: CIMAT.
- Luhmann, N. (1990). *Sociedad y sistema: la ambición de la teoría*. Barcelona, España: Ediciones Paidós Ibérica.
- Luhmann, N. (2007). *Introducción a la teoría de sistemas*. México D.F.: Universidad Iberoamericana.
- Luhmann, N. R. (1997). *Organización y decisión, autopoiesis y entendimiento comunicativo*. Barcelona: Anthropos.
- Mandoki, K. (2006). *Prácticas estéticas e identidades sociales: prosáica II (1a ed.)*. México: siglo XXI.
- Manzini, E. (1986). *La materia de la invención*. España: Cecac.
- Margalef, R. (2002). *Teoría de los sistemas tecnológicos*. Distrito Federal, México: Alfaomega Grupo Editores.
- Margolin, R. M. (2001). *Antología de diseño (Vol. 1)*. México D.F.: Editorial Designio.
- Martín Juez, F. (2002). *Contribuciones para una antropología del diseño*. Barcelona: Gedisa.
- Maturana Romesín, H. (2004). *Desde la Biología a la Psicología*. Buenos Aires, Argentina: Grupo Editorial Lumen.
- Maturana, H. ,. (2003). *De máquinas y seres vivos, autopoiesis: la organización de lo vivo (1a ed.)*. Buenos Aires: Lumen.
- Mauricio y SOLIS, R. (sep. de 2005). Geometría de los sistemas vivos y su importancia en Medicina. *Rev. méd. CANALS L*, 133 (9), p.1097-1107.

- mecatronica*. (s.f.). Recuperado el junio de 2008, de <http://mck-tronic.wikispaces.com/Historia+de+la+Mecatr%C3%B3nica>
- Mercado, M., & Sosa, L. (2008). El objeto significante. *AEDIFICARE*.
- Moles, A. A., & Rohmer, E. (1983). *Teoría estructural de la comunicación y sociedad*. México D.F.: Trillas.
- monografías*. (25 de 03 de 2012). Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos27/analogico-y-digital/analogico-y-digital.shtml>
- Morín, E. (1994). *Introducción al pensamiento complejo*. (Gedisa Editorial.) .
- Morin, E. (2009). *El método2, la vida de la vida*. Madrid: Cátedra.
- Morris, C. (1938). *Foundations of the Theory of Signs*. Chicago: University of Chicago.
- Narváz Tijerina, A. B. (2004). *Teoría de la arquitectura*. México D.F.: Editorial trillas.
- Norman, D. A. (2005). *El diseño emocional*. Barcelona, España: Ediciones Paidós Ibérica.
- Pérez, H. (1995). *En pos del signo*. Michoacán: el colegio de Michoacán.
- Pérez-Taylor, R. (2002). *Antropología y complejidad*. Barcelona, España: Editorial Gedisa.
- Philippe Wallon, A. C. (1999). *El dibujo del niño*. Distrito Federal, México: Siglo Veintiuno Editores.
- Plazaola, J. (1999). *Introducción a la estética*. Bilbao: Universidad de Deusto.
- Prigogine, I. (1997). *¿Tan solo una ilusión? Una exploración del caos al orden*. Barcelona España: Tusquets Editores.
- Ramírez, J. I. (abril de 1997). *Scripta Vetera*. (c. d. Astralago, Editor) Recuperado el 21 de octubre de 2007, de La teoría del diseño y el diseño de la teoría: [www.ub.es/geocrit/disenho.htm](http://www.ub.es/geocrit/disenho.htm)
- Rodríguez Morales, L. (2000). *El tiempo del diseño. Después de la modernidad*. México: Universidad Iberoamericana.
- Rodríguez Morales, L. (2006). *Diseño estrategia y táctica* (2a ed.). México: siglo XXI.
- Romero Morales, C., Vázquez Serrano, F., & De Castro Lozano, C. (2007). *Domótica e Inmótica*. México D.F.: Alfaomega.
- Rueda, J. (1995). *"Sistema: Conceptualización y Metodología"*. Barcelona: (Diputació de Barcelona. Servei de Serveis.) .

- Rueda, S. (s.f.). *Metabolismo y complejidad del sistema urbano a la luz de la ecología*. Recuperado el 1 de diciembre de 2007, de Ciudades para un futuro más sostenible: <http://habitat.aq.upm.es/cs/p2/a008.html>
- Sapolsky, R. M. (2005). *El mono enamorado*. Barcelona: Paidós.
- Sapolsky, R. M. (2007). *El mono enamorado*. Barcelona, España: Editoriales Paidós Ibérica.
- Schneider, E. D. (2005). *La termodinámica de la vida*. México D.F.: Tusquets Editores.
- Schrödinger, E. (2007). *Mente y materia*. Barcelona, España: Tusquets Editores.
- Sheldrake, R. (1990). *Una nueva ciencia de la vida* (primera edición ed.). Barcelona: Kairós.
- Silva, A. (2006). *Imaginario Urbanos*. Medellín Colombia: Arango.
- Simon, H. A. (1973). *Las ciencias de lo artificial*. Barcelona: A.T.E.
- Solé, R. (2009). *Redes complejas*. Barcelona, España: Tusquets Editores.
- Talanquer, V. (1996). *Fractus, fracta, fractal, fractales, de laberintos y espejos*. México, D.F.: Fondo de Cultura económica.
- Tamayo, S. y. (2005). *Identidades urbanas*. México D.F.: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Tejera Gaona, H. (2002). *La antropología*. México D.F.: Tercer Milenio.
- Toro, N. (julio de 2005). *Komplexblog*. Recuperado el 1 de abril de 2008, de notas y comentarios sobre complejidad: <http://komplexblog.blogspot.com/2005/07/la-esttica-como-ayuda-para-entender.html>
- Varela, F. J. (1973). *De Máquinas y Seres Vivos: Una teoría sobre la organización biológica*. : Santiago de Chile: Editorial Universitaria.
- Wagensberg, J. (2004). *La rebelión de las formas* (1 ed.). España: Mtatemas.
- Wiener, N. (1998). *Cibernética o El control y comunicación en animales y máquinas*. Barcelona, España: Tusquets Editores.
- Wright, R. (2005). *Nadie pierde*. Barcelona: Tusquets editores.
- Zamudio Mata, M. (9 de mayo de 2006). *Teoría de Sistemas*. Recuperado el 29 de noviembre de 2007, de Monografía: [http://www.wikilearning.com/modelos\\_de\\_organizacion-wkccp-12557-6.htm](http://www.wikilearning.com/modelos_de_organizacion-wkccp-12557-6.htm)
- Zizek, S. (1999). *el acoso de las fantasías*. México, DF.: Siglo XXI.