

## **DISEÑO DE CIUDADES BASADO EN LOS SISTEMAS COMPLEJOS ADAPTATIVOS**

Contacto por e-mail:

Ponente: Liliana B. Sosa Compeán

Correo electrónico: lilisosa@hotmail.com

Institución de procedencia: Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

### **Resumen:**

Dada la eficacia que los modelos naturales han demostrado para solucionar problemas de diseño, y estando ésta organizada en Sistemas Complejos Adaptativos (SCA), podemos basarnos en sus dinámicas y procesos para enfrentar los retos que se presentan en los campos de esta disciplina. Los objetos susceptibles a diseñarse bajo este enfoque presentan autorreferencia, un ejemplo de ellos son las ciudades, las cuales que se autoorganizan y construyen su identidad a partir de sus propias dinámicas. Describir a una ciudad en términos de sistemas y conociendo las condiciones de su complejidad, sus procesos y organización, su estructura y programas, así como las formas o patrones que emergen de ello, podría ser posible diseñarla y direccionarla en cierta medida hacia un fin específico.

*Palabras clave:* Diseño Sistemas Complejos Dinámicas

### **Abstract:**

Because the effectiveness that natural models have shown to solve design problems, and being found organized in complex adaptive systems (ACS), we can draw on its dynamics and processes to face the challenges presented in the discipline fields. The objects susceptible to be designed under this approach, presents self-reference, an example of

these are the cities that organize themselves and build their identity from its own dynamics. Describe a city in terms of systems and knowing the conditions of its complexity, its processes and organization, its structure and programs, as well as forms and patterns that emerge from it, it may be possible to design it and direct it to a certain extent for a specific purpose.

*Keywords:* Dynamic Complex Systems Design

### **Introducción**

Debido al surgimiento de nuevas formas de comunicarse, relacionarse e interactuar en las sociedades, los cambios tecnológicos en conjunto con la aparición de nuevas disciplinas y conocimientos desde principios del siglo XX y que han evolucionado hasta este siglo XXI, se da este contexto llamado por algunos autores modernidad líquida y posmodernidad, en donde se refleja lo dinámico y efímero de las pautas sociales y de comportamiento en estos tiempos. Dentro de las disciplinas que involucran el proceso de diseño como parte de su quehacer (tales como la arquitectura, diseño industrial y urbanismo entre otras), surgen proyectos en donde ya se funden conocimientos de diversas áreas y aparece con especial poder la multifuncionalidad, autonomía, interactividad y personalización de los objetos y espacios, además de proyectos de diseño tales como los edificios inteligentes, cyborgs, redes sociales, objetos dinámicos que reaccionan al entorno, ciudades orientadas hacia un fin (como el turismo) 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 que se utilizan hasta ahora aún no han alcanzado una flexibilidad que

permita adaptarse a estos nuevos paradigmas en estos campos 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 ya no son consideradas estáticas ni libres de sus contextos.

Por otro lado los modelos naturales han demostrado su eficacia en adaptabilidad a lo largo de la historia del planeta, los organismos colectivamente por ejemplo, han logrado convertir su medio y a ellos mismos para favorecer a la vida. Los diseños de la naturaleza son increíblemente eficaces, (ojos, caparazones, pieles, cerebros, corazones etc) y los mecanismos que utiliza son eficientes (fotosíntesis, auto ensamblaje, selección natural etc.). (Benyus, 2012) La manera en que la naturaleza trabaja, se distribuye y organiza es en sistemas complejos adaptativos, estos representan las unidades en donde tienen lugar los procesos que se dan en la naturaleza, lo que podría dar pautas de referencia para diseñar entidades dinámicas, las cuales se considerarán el objeto del diseño, acepción que da un sentido amplio al concepto y que no lo limita a una sola cosa.

Surgen de esto preguntas para analizar:

- ¿Cómo diseñar objetos que se transforman de acuerdo a su entorno de manera autónoma y autoorganizada?
- ¿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?

Ante estas cuestiones, se abordó el estudio y partiendo del tema, se construyó un marco teórico de las variables, es decir, los Sistemas Complejos Adaptativos (SCA) y el diseño, lo que nos arrojó posturas teóricas, epistemológicas y explicativas en los casos de estudio de los sistemas complejos adaptativos, entre los autores principales que se fundamenta el análisis podemos mencionar a Allen Paulos (2009), Andrade (2006), Hofstadter (2009), Johnson (2001), Kauffman (2003), Maturana y Varela (2003) Morín (2009), Wagensberg (2004), Wright (2005); por mencionar algunos.

Desde estas perspectivas se analizaron distintos tipos de SCA: los biológicos, como principal modelo, los sociales y los artificiales por estar involucrados con el diseño en distintas dimensiones y niveles. Una vez realizados los análisis y estudios de los tipos de SCA, 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 objetos autorreferentes.

En este trabajo en particular, se puntualizó en las ciudades como objetos de diseño y se describen sus dinámicas, así como una aproximación de la aplicación de un modelo de diseño basado en los SCA para orientarlas hacia un fin.

**Sistemas complejos adaptativos para el diseño.**

Se debe comenzar por conocer a estos sistemas y sus factores relevantes al diseño, básicamente este tipo de sistemas genera comportamiento global coordinado a partir de interacciones locales. (Johnson, 2001) p.79 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. Puntualizando sobre sus características y dinámicas tenemos que:

- Entra en intercambio con el ambiente, este intercambio es esencial para mantener 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-medio sistema constituye el fenómeno más importante. (Rueda J. , 1995)

Para entender la complejidad debemos tener en cuenta que ésta “no comprende solamente cantidades de unidades e interacciones, comprende también incertidumbres, indeterminaciones, fenómenos aleatorios.” (Morín, 1994). Por otro lado, nos podemos orientar también acerca de los orígenes y epistemología de los sistemas en términos de la

biología, en donde las nociones evolutivas y genéticas han tenido éxito en explicar o justificar el comportamiento en la historia de las sociedades, no obstante se debe tomar en cuenta que 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<sup>i</sup> y puede aportar otras implicaciones sociológicas por la dependencia de la fenomenología biológica respecto de la organización del individuo.

### **Emergencia y autorreferencia**

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 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.

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

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.

Esta es la autorreferencia de la que habla Edgar Morín (2009). Los sistemas emergentes pueden ser de distinta naturaleza, pero todos ellos presentan este fenómeno que se da de una manera particular en cada tipo de SCA, diferenciando así por ejemplo un ser vivo de una sociedad.

La autorreferencia se da en varias acepciones dependiendo del tipo de sistemas pero engloba, aunque no integra necesariamente cada uno de ellos. Así un sistema biológico se autoproduce, y uno social se autoorganiza.

“Las nociones de auto-organización, auto-reorganización, auto-producción, autorreferencia emergen por separado...La idea de autorreferencia, en su elaboración necesariamente formalizada, sigue planeando por encima de la vida sin saber encarnarse en ella.” (Morin, 2009) P134-136.

Por esto denominamos *objeto autorreferente* al objeto de diseño bajo el enfoque este enfoque sistémico. 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.

La esencia para usar como modelo de diseño a los SCA es describir a los sistemas u objetos de diseño (objetos autorreferentes) en términos de sistemas, en donde cada componente, independientemente de sus características, tendrá un rol o función en éste, y a partir de ello se podrán establecer estrategias para que emerjan las formas o comportamientos intencionales.

### **Redes y Juegos.**

Las teorías acerca de redes y juegos toman especial relevancia para diseñar objetos autorreferentes debido a que explican muchos de los fenómenos dados en las dinámicas de los sistemas y tienen que ver con la programación y las condiciones que hacen emerger formas y comportamientos en los SCA y que se podrían manipular en los objetos autorreferentes.

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. Hay muchos sucesos que ocurren de acuerdo a cómo están interconectados los componentes de un sistema, “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” (Romero Morales, Vázquez Serrano, & De Castro Lozano, 2007).

La red de los SCA se denomina red compleja, y 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: mundo pequeño, heterogeneidad, modularidad. (Solé, 2009)



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.

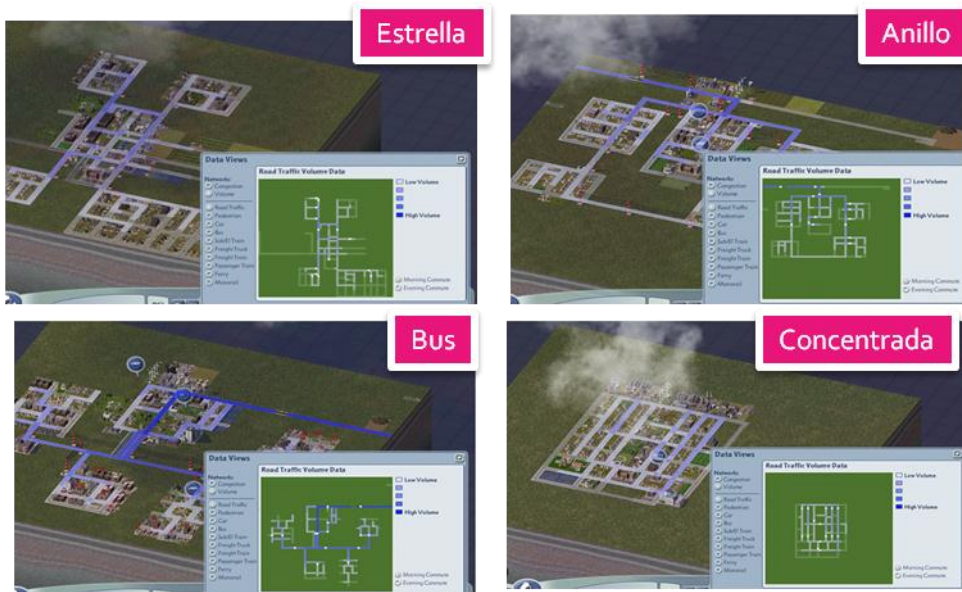
El grado de heterogeneidad de una red, se refiere a la medición de la conectividad de los elementos de un sistema, en el caso de internet, y en general los sistemas con semejante estructura, hay un gran número de elementos con una o pocas conexiones y muy pocos están conectados a un gran número de nodos. “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 el estudio de las redes que hizo el autor, menciona que 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.

En cuanto a **Modularidad** Solé menciona que “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) p. 150. 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.

Toda esta teoría de redes puede guiar para el diseño de un objeto autorreferente ya que permite predecir ciertos fenómenos que se originaran a partir de la manipulación de los factores involucrados en la estructura del objeto. En un estudio en un software de simulación de ciudades (sim city)<sup>ii</sup>, en donde se manipulaba la tipología de red de las ciudades para comparar los ritmos de desarrollo y calidad de vida, de acuerdo a la distribución de nodos centrales, algunos de los hallazgos fueron que entre más frontera e interconexiones de vías de comunicación, el desarrollo es más rápido y que aunque el flujo de información sea óptimo, si no hay apertura a nodos satélites, el desarrollo se estanca.



**Ilustración 1: ejemplos de tipologías de red en el simulador de ciudades sim city**

Otra teoría de los sistemas útil para proponer estrategias de diseño para sistemas autorreferentes es la teoría de juegos abordada por Wright (2005), 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”<sup>iii</sup> y “suma no nula” que es el epifenómeno que los hace emerger. Dentro del marco teórico que provee esta teoría

destacan aspectos que siguieren 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 “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). En otras palabras, y como señala Wright en el título de su obra, en un juego de suma no nula que da origen al desarrollo, complejidad, adaptación, evolución de un sistema: nadie pierde.

Como podemos observar, en el diseño se pueden manipular muchas características para dar propiedades que orienten hacia un fin, no sólo es la programación de cada componente lo que se puede determinar con diseño para generar emergencia con intencionalidad, intervienen muchos elementos intangibles que tal vez el profesional de diseño no pueda plasmar en un plano, pero sí proponer en un plan estratégico de enfoque sistémico.

### **Las dinámicas sistémicas de las ciudades**

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 están apoyadas 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 serían 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

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 en matrices sociales. La ilustración 2 muestra este proceso circular y recursivo, en donde interviene la información y datos como motor de la dinámica.



**Ilustración 2:** 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 una matriz.

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 (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, así mismo influye también la cantidad de individuos que se agrupan en densidades altas y aunque esto 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) p40

Hablando a nivel de un “yo colectivo”, las materialidades físicas y geográficas son como la tierra fértil que determina a la entidad. En un estudio realizado en una matriz social<sup>iv</sup> el espacio físico en sí mismo, 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) p330



**Las ciudades como Objetos Autorreferentes sociales**

Los mecanismos generales del comportamiento de las sociedades se pueden 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: 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. La organización fractal con nodos centrales ayuda en términos organizacionales para una fina especialización en ciertas tareas.

Podemos condensar la comparación en rubros que nos permitirán la mejor visualización de las similitudes y analogías principales que se pueden hacer entre los elementos de los distintos tipos de sistemas complejos (biológicos, sociales y artificiales:

- a) *Tipo de organización y estructura*: 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*
- b) *Morfogénesis y procesos*: 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. se utilizan los elementos disponibles, se combinan y se generan cambios por la retroalimentación al sistema.
- c) *Comunicación e información* en la sociedad podemos leer información a través de palabras, símbolos, signos, objetos, edificios, etc. “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.” (Wright, 2005)

- d) *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. 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.
- e) *Identidad y Formas*: 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.
- f) *Estructura de la red y componentes*: 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.

Observemos también algunas de las características que poseen las urbes, generalizando sus rasgos y describiéndolas en conceptos y términos 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, está 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.

### **Conclusiones para el diseño de las urbes**

En la investigación realizada para determinar un modelo de diseño basado en los sistemas complejos adaptativos <sup>v</sup> Estos son los aspectos que se proponen considerar del diseño de los objetos autorreferentes:

Diseñando un objeto  
autorreferente

- *La distinción del objeto.*
- *Categorización de componentes.*
- *Prospectiva del objeto.*
- *Diseño de atractores.*
- *Diseño del Programa.*
- *El diseño tangible/Interfaces*
- *Diseño de la red y conexión.*
- *Diseño de estructura.*
- *Diseño de flujos.*
- *Diseño de lenguaje.*
- *Diseño de la complejidad.*

**Ilustración 3:** aspectos que se proponen considerar del diseño de los objetos autorreferentes. Los aspectos en rojo tienen que ver con la distinción y determinación del objeto. En azul con las metodologías para predecir dinámicas y formas. En negro en donde se puede inferir para diseñar y proponer soluciones.

Para cada uno de ellos se establecen como propuestas, lineamientos basados en el estudio que se realizó de la autorreferencia en los 3 ejemplos de sistemas complejos. Así como la sugerencia de un método de diseño.

Como directrices para el diseño o rediseño de un objeto autorreferente consideremos las siguientes:

1. Observarlo desde una perspectiva de segundo orden.
2. 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)
3. Determinar cuáles son o serán los componentes y que funciones cumplen o cumplirán dentro del sistema del objeto (procesador, información, interface).
4. Determinar el entorno directo en que se desarrolla el objeto.
5. Observar y determinar los patrones de flujos de información.
6. Determinar las redes de flujo y sus 'ancho de banda'. Calidad y capacidad de los "camino".
7. Determinar cómo se dan o darán las relaciones entre todo el sistema.
8. Conocer como se interioriza la información del entorno.
9. 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.

Particularmente para el diseño de una ciudad tendremos como principal actor a las sociedades y 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.

De los aspectos antes mencionados para diseñar objetos autorreferentes, a continuación se presentan lineamientos y estrategias de los que se consideran relevantes para el

diseño de una ciudad, siguiendo el modelo de diseño basado en los SCA (Sosa Compeán, 2012):

### ***La distinción del objeto***

La distinción del objeto tendrá que ver con el tipo de objeto autorreferente que es y el enfoque o perspectiva en que se está practicando el diseño. 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 un 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.

### ***Prospectiva del objeto***

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.

### ***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. En la siguiente tabla se muestra un ejemplo de cómo se pueden considerar los elementos y componentes en distintos tipos de sistemas, las ciudades caen en el rubro de matriz social, ya que son equiparables a éstas a gran escala.

Ejemplos de OA ----->	<b>Matriz Social (fraccionamiento en un sector ciudadano)</b>	<b>Automóvil o edificio inteligente</b>	<b>Cobertizo hecho de arbustos</b>
<i>Componentes / elementos</i>			
Tipo	Social, artificial complejo	Artificial complejo	Biológico
Procesador	Imaginarios colectivos, memes	Computadora	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 infieren en la forma	Habitación de espacios y su uso	Manejo constante/ uso	Guías de crecimiento a base de tutores

**Ilustración 4:** ejemplo de categorización de componentes en distintos tipos de objetos autorreferentes.

***Dirigir los sistemas/Diseño de atractores***

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:

- La cantidad de elementos intervenidos como portadores de información es directamente proporcional a la velocidad de los cambios o transformaciones.
- 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.
- 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.
- El tiempo de exposición y las repeticiones de los perturbadores también influyen como perpetradores del cambio y la rapidez del mismo.

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

Recordemos también que para los sistemas biológicos y sociales los programas y procesos generales están determinados por su propia naturaleza y consisten en:

Elegir: interminable toma de decisiones y procesar información

Aumentar la complejidad: Permanecer y fortalecerse.

Promover un intercambio beneficioso con otros: Estrategia o mecanismo para aumentar complejidad.

### ***El diseño tangible/ Interfaces***

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 objeto autorreferente (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.

### ***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) eficientizan 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 resultaría 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.

### ***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 las teorías de juegos descritas por Wright (2005):

- 1) Los costos de intercambio de datos son inversamente proporcionales a los beneficios obtenidos
- 2) Las distancias, velocidades y calidades de las vías del flujo de datos están directamente relacionadas con los costos de intercambio de información.
- 3) La información puede pasar de individuo a individuo, pero también de sistema a sistema.
- 4) la dinámica de suma no nula es el motivo de que la información empiece a transmitirse.
- 5) La modularidad fractal de la estructura de los subsistemas, permite que los sistemas se repliquen con rapidez
- 6) Cuando las vías de conexión y de comunicación son deficientes. descentralizar el sistema es una buena opción.
- 7) La retroacción positiva, es la que permite la autoorganización del sistema.

- 8) La interdependencia entre componentes genera un comportamiento condescendiente entre las partes.
- 9) Una percepción eficaz sirve de poco sin un procesamiento veloz de los datos.
- 10) Fomentar simbiosis entre los componentes o individuos da mejores resultados para el sistema.
- 11) 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.

***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.

### **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.

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 dinámicas de la información. Reconocer patrones de experiencia del sistema. Tener empatía con el sistema que perturbará.

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, informática y sistemas. Y se puede practicar proponiendo conceptos estratégicos cuya materialización se da por las especializaciones en distintas áreas de conocimiento.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Allen Paulos, J. (2009). *Érase una vez un número*. (3era ed.). Barcelona: Tusquets editores.

Benyus, J. M. (2012). *Biomímesis*. México DF: Tusquets.

- Hofstadter, D. R. (2009). *Yo soy un extraño bucle* (1a ed.). México ,D.F.: Tusquets editores.
- Johnson, S. (2001). *Sistemas emergentes o que tienen en común hormigas, neuronas, ciudades y softare*. Madrid: turner.
- Mandoki, K. (2006). *Prácticas estéticas e identidades sociales: prosáica II* (1a ed.). México: siglo XXI.
- Maturana, H. ,. (2003). *De máquinas y seres vivos, autopoiesis: la organización de lo vivo* (1a ed.). Buenos Aires: Lumen.
- Mercado, M., & Sosa, L. (2008). El objeto significativo. *AEDIFICARE*.
- Morín, E. (1994). *Introducción al pensamiento complejo*. (Gedisa Editorial.) .
- Morin, E. (2009). *El método2, la vida de la vida*. Madrid: Cátedra.
- Narváez Tijerina, A. B. (2004). *Teoría de la arquitectura*. México D.F.: Editorial trillas.
- 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>
- Solé, R. (2009). *Redes complejas*. Barcelona, España: Tusquets Editores.
- Sosa Compeán, L. B. (junio de 2012). Tesis Doctoral. *Diseño basado en los sistemas complejos adaptativos: el diseño de objetos autorreferentes*. Monterrey, Nuevo León, México: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Wright, R. (2005). *Nadie pierde*. Barcelona: Tusquets editores.

---

<sup>i</sup> Autopoiesis: tipo de organización de los sistemas vivos. Se define a grandes rasgos como la capacidad de los sistemas de producirse a sí mismos. (Maturana, 2003)

<sup>ii</sup> Sim city: videojuego simulador de ciudades que se enfoca en su creación, gestión y evolución, publicado por Maxis y desarrollado por Will Wright.

<sup>iii</sup> Suma cero y suma no nula: "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).



---

<sup>iv</sup> Matriz social: Durante la investigación que se hizo del tema se observaron varios sistemas, este fue uno de ellos el cual consistió en la observación de las dinámicas durante un semestre, en una clase de dibujo técnico. Se pretendía observar su autoorganización y procesos de apropiación de los espacios objetos e interacciones entre las personas. Así mismo se pretendía introducir un elemento con alto contenido estético sensorial ajeno a la matriz pero a final de cuentas, esto no prospero por no estar dentro del imaginario.

<sup>v</sup> (Sosa Compeán, 2012)