

Teoría general de sistemas aplicada al
DISEÑO ARQUITECTÓNICO
Sustentable

DR. EN ARQ. SILVERIO HERNÁNDEZ MORENO

Profesor Investigador de la Facultad de Arquitectura y Diseño, UAEM.
Integrante del SNI. Docente de la Licenciatura en Arquitectura y
de la Maestría en Diseño de la FAD. Sus ámbitos de estudio se relacionan
con Arquitectura Sustentable y Ecotecnias.
silverhm2002@yahoo.com.mx

RESUMEN

En este artículo se presentan los conceptos básicos de la Teoría de Sistemas Complejos y Dinámicos aplicados a los métodos y modelos cuantitativos que, a su vez, apoyan a los métodos de diseño arquitectónico sustentable. La Teoría de Sistemas Complejos y Dinámicos se originó en la Biología teórica, pero tiene aplicaciones en diversas ciencias, tanto básicas como aplicadas. En la arquitectura intervienen varios factores y fenómenos que deben ser tratados en un diagrama general, de manera deductiva, partiendo de lo general a lo particular, que da como resultado una estructuración previa y que, a su vez, es una herramienta integradora de varios aspectos y factores que intervienen en los trabajos de arquitectura, particularmente del diseño arquitectónico. Estos aspectos y factores se traducen en subsistemas, que para nuestro caso son: subsistema urbano, ecológico y cultural, de los cuales se pueden derivar otros aspectos y otros subsistemas. Se plantea el uso de grafos y matrices para definir espacios construidos que indican una estructura lógica de cada local, elemento o componente volumétrico como parte del edificio. Nos valemos también de patrones de diseño arquitectónico bien definidos por la forma y la función de los espacios requeridos en cualquier edificio. Finalmente, con ayuda de modelos (maquetas y planos) definimos nuestro diseño y nuestro proyecto arquitectónico, basado en la TGS.

ABSTRACT

This article presents basic concepts about Dynamic Complex Systems Theory used in methods and quantitative models, which are used in architectonic design methodologies too, and in this case, sustainable architecture design. Dynamic Complex Systems Theory had its origin from biology theory, but it has applications in several activities of science. In architecture, several factors and circumstances have to be treated in a general structure, using a deductive method, it means, from general cases to particular cases. The result is an integrated structure of several factors and activities of architecture works, specifically of design works. These factors are called subsystems, subsystems that integrate the general system: urban subsystem, ecological subsystem and cultural subsystem, from which ones could be derived another factors and subsystems. In design architecture, pictures and graphics are used to define built spaces that indicate logical structures of each element, local or space like part of the building. In design architecture, we used architectonic patrols defined by the form and the function of the required spaces in any building. Finally we define our project, using plans and others models, based in the Systems General Theory.

Palabras clave: Diseño Arquitectónico, Patrones de Diseño, Sistemas, Modelos, Sustentabilidad

La Teoría General de Sistemas (TGS) comprende la manera de estudiar los fenómenos y el conocimiento científico desde un enfoque multidisciplinario y amplio, el cual maneja una estructura general que a su vez se divide en subsistemas [Von Bertalanffy L., 1975]. La TGS surge a partir de estudios en el área de la biología realizados por el Doctor alemán Ludwig Von Bertalanffy, y publicados entre 1950 y 1968. La TGS no busca solucionar problemas o intentar soluciones prácticas, pero sí producir teorías y formulaciones conceptuales que puedan crear condiciones de aplicación en la realidad empírica.

En las ciencias tanto exactas como aplicadas utilizamos el método deductivo en muchas de nuestras actividades; esto da como resultado la estructuración de todo fenómeno, y ésta a su vez trae consigo la formación de *modelos*. La *estructura o sistema general* se integra por varios subsistemas con sus respectivas matrices cuantitativas, por lo tanto el universo se vuelve medible, comprensible, calculable, evaluable y clasificable [Sánchez G. A., 2002]. Lo anterior trae como consecuencia la generación de modelos cuantitativos que, particularmente en la arquitectura, se avocan tanto al diseño como a cualquier proceso arquitectónico, desde el inicio y hasta el final de los trabajos de arquitectura, en donde el modelo trata de sistematizar la información y hacerla verosímil y objetiva para cualquiera que participe en los procesos o actividades de determinado trabajo arquitectónico, a diferencia del conocimiento empírico o no racionalizado que tiene diversas interpretaciones y genera errores en los procesos y malos resultados; por lo tanto, los *modelos cuantitativos* basados en la Teoría de Sistemas, permiten acercar los procesos heurísticos de la arquitectura a la veracidad del conocimiento científico.

Debido a la creciente globalización y homogenización de las actividades humanas actuales, y particularmente a los enfoques y esquemas de diseño, se vuelve factible sistematizar, homologar y estandarizar dichos procesos en todo el mundo.

EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO CON ENFOQUE SISTÉMICO

El diseño arquitectónico comprende la actividad principal del arquitecto, es en donde se determinan los espacios que serán resueltos físicamente en una edificación. Dentro de los trabajos de arquitectura, tanto al inicio como hasta el final, intervienen muchos factores que propician un buen diseño; para ello, debemos utilizar métodos de diseño apropiados con los cuales podamos controlar los aspectos cuantitativos y cualitativos que intervengan.

La TGS apoya directamente los métodos cuantitativos de diseño; esta teoría, como ya se había comentado, surge a raíz de los estudios del doctor alemán Ludwig Von Bertalanffy, y además se tiene otra referencia básica para los métodos cuantitativos en arquitectura propuesta por Christopher Alexander y expuesta en su tesis de Doctorado en Matemáticas: *Notas sobre la síntesis de la forma*. En México, la Facultad de Arquitectura de la UNAM ha aplicado los métodos cuantitativos como una alternativa pedagógica en los procesos de *enseñanza- aprendizaje* en sus talleres de proyectos en licenciatura, seminarios y cursos del Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura. Este enfoque sistémico ha sido adoptado por el autogobierno y los talleres de los programas de licenciatura; en posgrado ha sido implementado por el Doctor Álvaro Sánchez González dentro de sus cátedras. Se considera que en la actualidad los métodos tradicionales de enseñanza deben ser complementados con modelos sistémicos.

MODELOS SISTÉMICOS EN ARQUITECTURA

Modelos

Los modelos se definen como estructuras que nos permiten plantear regularidad en alguna actividad humana o fenómeno en la naturaleza. Dichas estructuras se pueden definir también como sistemas y el mayor valor de los modelos es su capacidad de adaptación a cualquier condición o circunstancia, partiendo de un buen planteamiento. En el caso particular de los modelos científicos, la mayor parte de su aplicación se encuentra en la reglamentación de los procesos, es decir, que depende directamente de los métodos estudiados y definidos en normas y reglamentos previamente comprobados, y que se pueden utilizar como parte de la estructura general; por lo que básicamente un modelo es un sistema restrictivo, limitativo y circunstancial basado en la organización del razonamiento; ya que organiza la información resultado de un procedimiento, ya sea intelectual o físico, y la base del pensamiento es la adecuación de modelos establecidos o preconcebidos [Sánchez G. A., 2002]. Los modelos se manejan de acuerdo con la información o datos clasificables y evaluables que se tengan, de manera deductiva e inductiva, aunque el manejo de información con el método deductivo es mucho mayor, es decir de lo general a lo particular. Cabe señalar que la TGS de sirve de muchas herramientas y apoyos, entre ellos los modelos científicos, que son de gran utilidad para la solución de problemas en cualquier actividad o fenómeno a estudiar.

Mediante la utilización de modelos cuantitativos con enfoque sistémico podemos generar distintas y variadas condiciones dependiendo del caso de estudio, pero siempre los modelos nos van a ayudar a singularizar y homogenizar los fenómenos aunque éstos sean multidisciplinarios, es decir, nos van a organizar el universo de casos. Con el uso de sistemas tenemos la necesidad de organización. La sistematización de los fenómenos se da con el uso de los modelos.

Un ejemplo de modelo en arquitectura sería la utilización de diagramas de diseño, planos y maquetas de proyectos de arquitectura, patrones de diseño arquitectónico previamente definidos por la función y la forma requerida, utilización de gráficas y modelos de construcción y estructuras de edificios, como los detalles constructivos y las especificaciones, que nos permiten la correcta construcción física en la obra de dichos proyectos.

SISTEMAS

En concreto, los sistemas son conjuntos de elementos organizados y dinámicamente relacionados que tienen un objetivo en común y que operan de manera global, que permiten trabajar sobre datos y obtener información integral. Algo similar pasa con la actividad de los trabajos de arquitectura, porque se trata de un fenómeno que se conforma a su vez de varios fenómenos, tales como el urbanismo, la ecología y la cultura; por lo que se dice que la arquitectura constituye un elemento integrador de los otros tres de acuerdo con el siguiente diagrama o estructura general.

Esta figura representa una estructura global integradora de varios aspectos que se resumen en subsistemas del sistema arquitectónico, que para este caso son tres subsistemas: el urbano, el cultural y el ecológico; y de los cuales se derivan más aspectos. Esta visión o enfoque sistémico nos ayuda a articular de mejor manera el proceso de diseño arquitectónico porque permite contemplar todos los factores que intervienen en los trabajos de diseño arquitectónico, inclusive, esta estructura general nos permite realizar posteriormente otros trabajos relacionados con la arquitectura, como por ejemplo: procedimientos de edificación, determinación de costos y selección de materiales, por citar sólo algunos. Lo anterior nos recuerda el precepto “piensa global, actúa local”, lo que tiene como consecuencia acercar los fenómenos de globalización a una realidad factible [Chiavenato I., 1992].

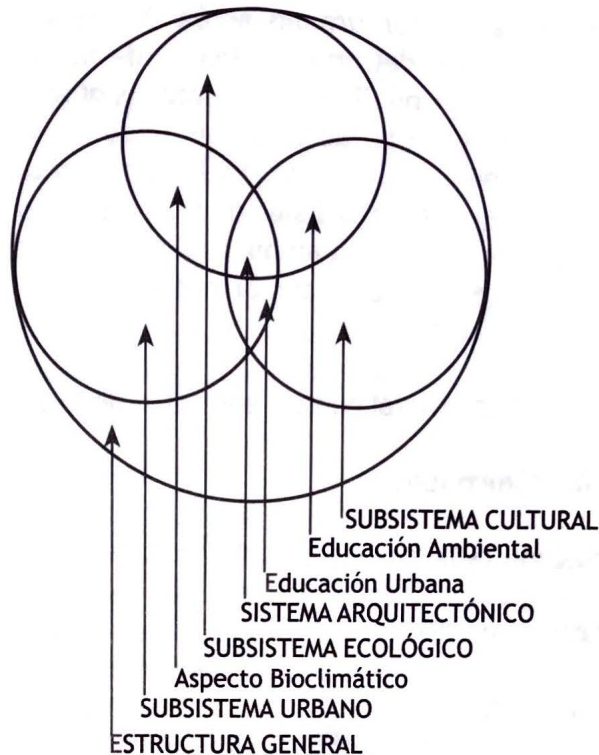


FIGURA 1
Estructura general del sistema arquitectónico

En la figura 1 también se denotan los factores característicos que intervienen en el proceso de diseño arquitectónico: lo urbano, ecológico y cultural, del cual destaca el aspecto o subsistema ecológico, que viene relacionado con el precepto de *Desarrollo Sustentable*, fenómeno que ha tocado a todos los rincones de las actividades humanas, y en materia de arquitectura no es la excepción. La arquitectura va íntimamente ligada con la modificación del entorno, por lo tanto, en nuestro modelo formal o Diagrama General del Sistema este concepto entra dentro de los tres subsistemas principales de la estructura general como elemento integrador de los aspectos ambientales.

SUBSISTEMAS DE LA **M**ETODOLOGÍA CUANTITATIVA EN **A**RQUITECTURA

Estructura general

En la estructura general se encuentran incluidos todos los sistemas y subsistemas que conforman el modelo esquemático, es decir, es nuestro universo. Los subsistemas para nuestro caso son: cultural, urbano y ecológico, que a su vez conforman el sistema arquitectónico. En el proceso de diseño interviene el *factor cultural* con base en las características del lugar en materia de educación, costumbres

y aspectos sociales; el *factor urbano* actúa dentro del proceso de diseño como determinante del entorno físico, de la infraestructura, economía y de los servicios públicos; y el *factor ecológico* actúa como regulador del ambiente y del espacio natural en donde se desarrollará el producto final, es decir, el edificio. Es importante señalar que el aspecto ecológico recientemente ha sido de gran interés para todos, en el sentido de disminuir el impacto ambiental y promover el ahorro de los recursos naturales, entrando así al marco del desarrollo sustentable a nivel local y a nivel global.

La estructura o diagrama general consta, entonces, de lo siguiente:

- Sistema arquitectónico (SA)
- Subsistema cultural (SC)
- Subsistema ecológico (SE)
- Subsistema urbano (SU)

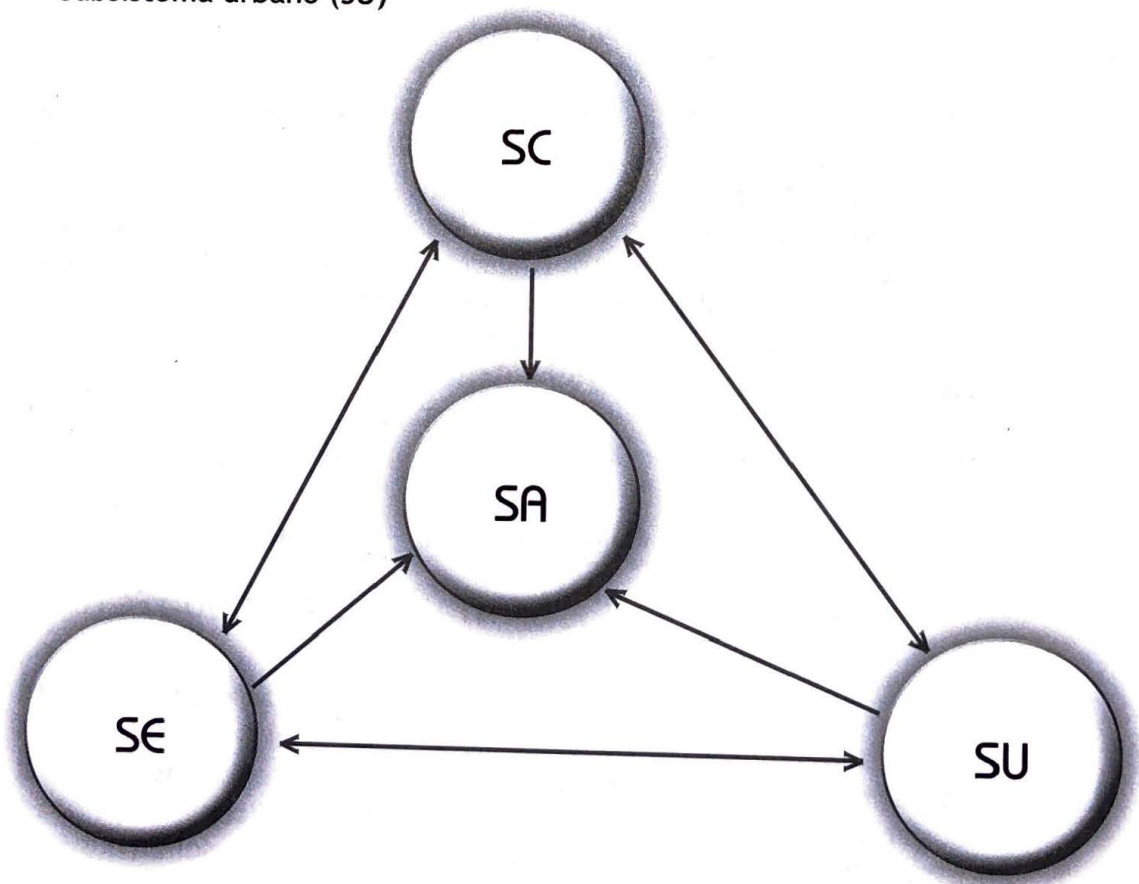


FIGURA 2
Subsistemas de la
metodología cuantitativa en
los trabajos de arquitectura

Subsistema cultural

En este subsistema se estudia y se determina el valor cultural de un producto del diseño arquitectónico, como ya lo habíamos planteado, el edificio, dependiendo de su ubicación y de las actividades que se desarrollen dentro y fuera de él. En cuanto a las costumbres sociales, la educación, los quehaceres artísticos y científicos que alrededor del edificio y del lugar se desarrollen, deben analizarse para saber hasta qué punto se relacionan con el edificio y con los otros subsistemas, pues éstos conforman aspectos culturales.

Subsistema ecológico

Para lograr un diseño apropiado a las necesidades actuales, los factores ecológicos deben ser tomados en cuenta en los procesos de diseño y construcción de edificios. En este subsistema se deben controlar los aspectos de suelo, aire, agua, energía, materiales y desperdicios de construcción para hacer más confortable, económico y seguro al edificio, lo que permitirá respetar el entorno y los recursos naturales que intervienen en todo el *ciclo de vida de los edificios* [Hernández M. S., 2004], es decir, desde el prediseño, pasando por la construcción, hasta la ocupación, mantenimiento y fin de la vida útil del edificio. Con base en esto, estaremos cumpliendo con la tendencia actual del manejo y desarrollo sustentable de las actividades humanas, desde un nivel local o regional hasta un nivel macro o global; con base también al cumplimiento de las normas y leyes que en materia ambiental se han dispuesto desde hace años. Los aspectos ecológicos que debemos controlar dentro del proceso de diseño de edificios, son: el sitio y suelo, el agua, la energía y el sol, el aire y la ventilación y los materiales y sus desperdicios de construcción.

Subsistema urbano

Este subsistema es quizá el que mejor se identifica con el sistema arquitectónico, ya que ambos parten de las mismas premisas y de actividades que van estrechamente ligadas, debido a que se complementan de forma directa. Para que haya un buen diseño arquitectónico, de manera previa debe haber un buen manejo y planeación urbana en donde los factores que intervienen en una buena planeación urbana son: aspectos demográficos, infraestructura y equipamiento. Cada aspecto se puede derivar a su vez en otros subsistemas y cada uno es tratado por separado, pero integrado en

el subsistema urbano y en el sistema arquitectónico, es decir, son elementos o aspectos integradores dentro del modelo o estructura general. El primer aspecto a definir es el aspecto demográfico, el cual abarca toda la información y datos de la población para la cual se va a generar un producto o edificio; estos parámetros van de la mano con los reglamentos de uso de suelo, obra pública, asentamientos humanos y reglamentos de construcción. El segundo aspecto es la infraestructura, que depende directamente de la ubicación y localización del edificio, y de los servicios que consta el lugar o el sitio, los cuales van desde vías de acceso, servicio público de drenaje, agua, electricidad, alumbrado, manejo de desechos municipales y otros similares. El tercer aspecto se refiere al equipamiento urbano del lugar, es decir, el establecimiento que da servicio y apoyo directo a los pobladores de escuelas, hospitales, centro de bomberos, policía municipal, canchas deportivas, centros comerciales, plazas y parques públicos, paraderos y otros servicios básicos para la población. Los aspectos urbanos principales son: demografía, infraestructura urbana y equipamiento urbano.

UTILIZACIÓN DE HERRAMIENTAS EN LOS SISTEMAS DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO

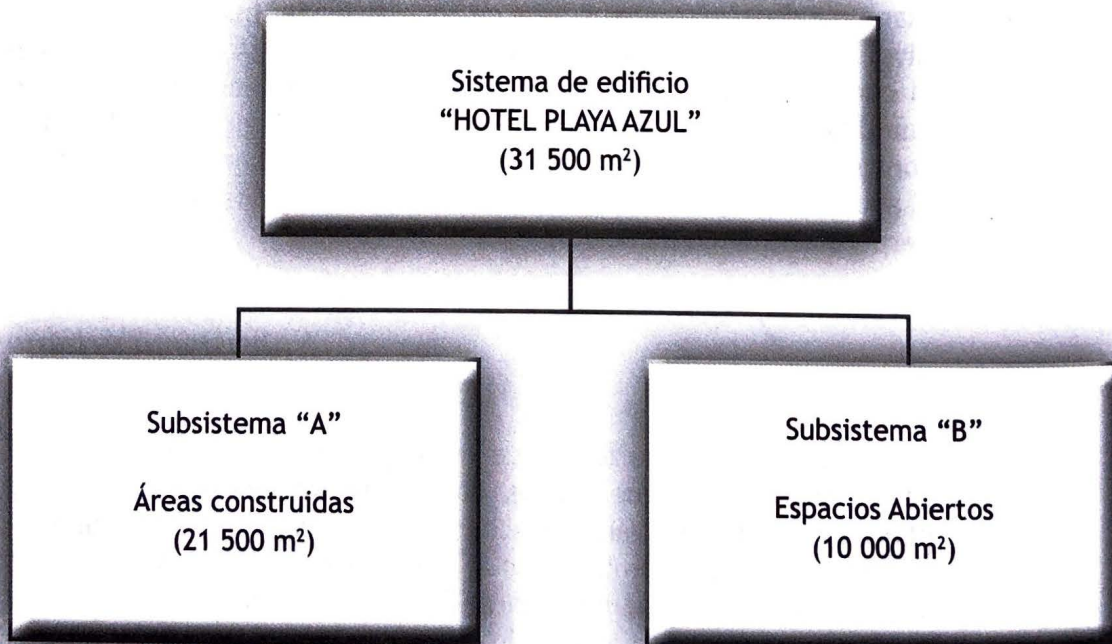


FIGURA 3
Árbol jerárquico
de un sistema de edificio

Árboles jerárquicos de espacios construidos y abiertos

Son grafos que representan edificios una estructura lógica de los espacios del edificio en los que se realizan las actividades productivas que caracterizan al edificio. Cada zona o subsistema y cada local o componente tiene una clave numérica asignada y también se anotan nombres y superficies construidas. La siguiente figura muestra un ejemplo de un árbol jerárquico.

Grafos de interacciones entre los espacios

Para los grafos se pueden usar flechas bi-direccionales entre nodos con las claves de zonas y locales, las flechas indican flujos de información, de personas, materiales, etc. Los flujos se ponderan en básicos o esenciales (1.0), secundarios o intermedios (0.5) y nulos o inexistentes (0.0). La figura 4 muestra un ejemplo de un grafo de interacción entre locales o componentes de edificios que la mayoría de los arquitectos usan para diseñar diagramas de interrelaciones en las primeras etapas de diseño de cualquier proyecto. Aquí la innovación se trata de realizar la ponderación arriba descrita.

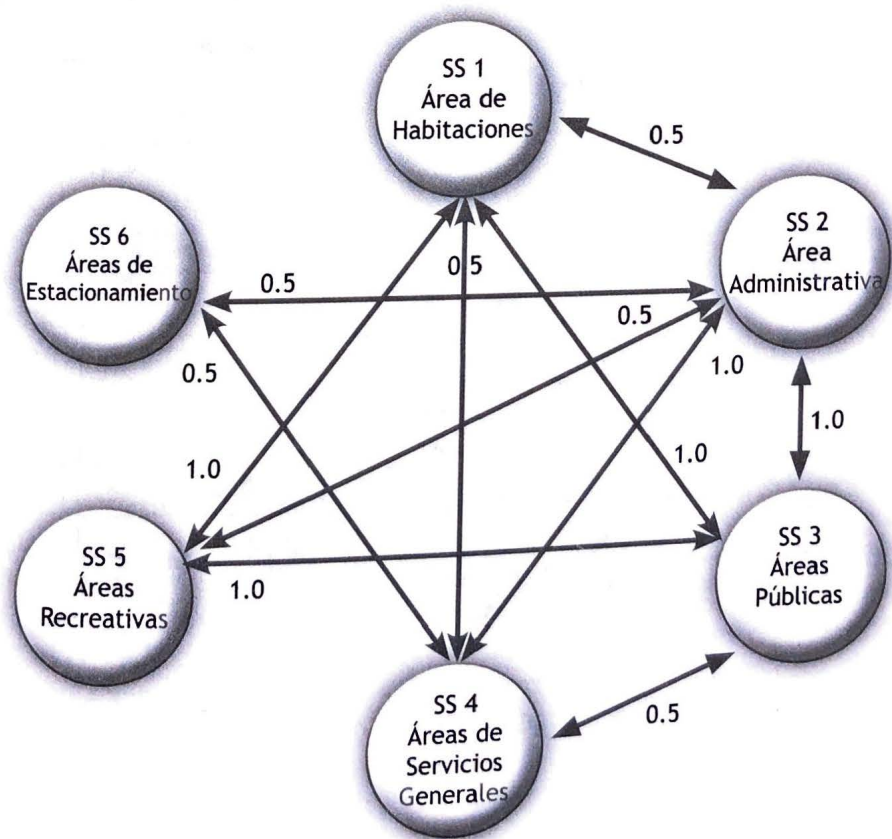
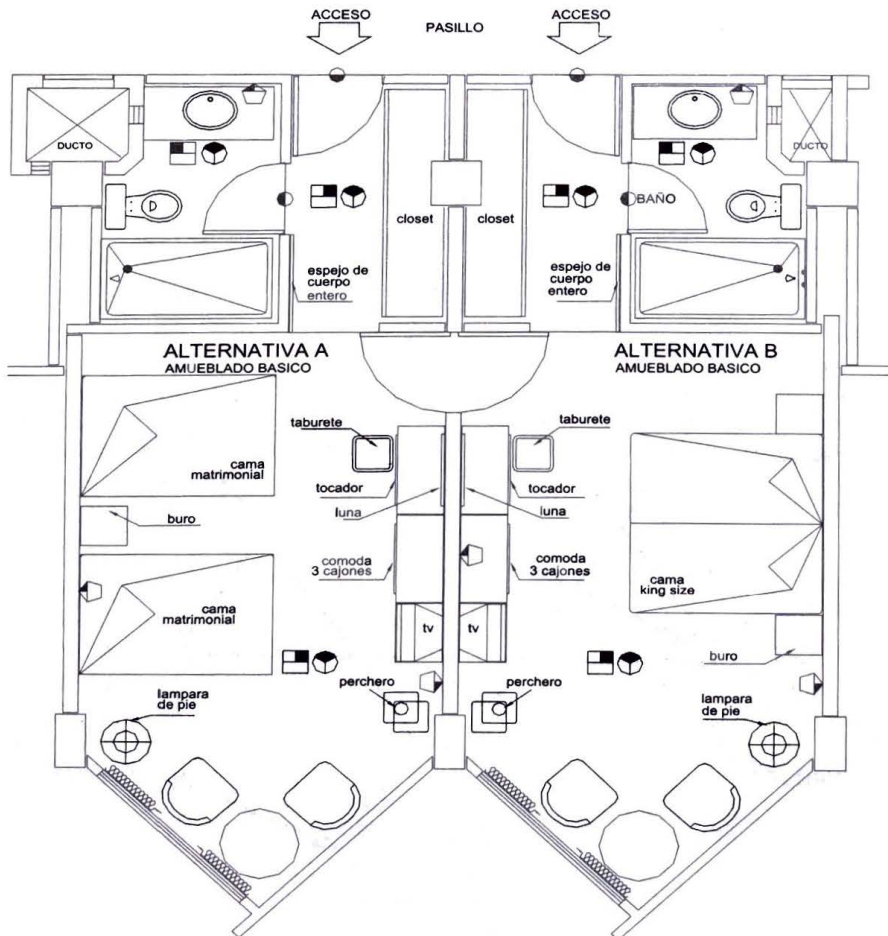


FIGURA 4
Ejemplo de grafo de
interacción entre locales
(componentes) de un
edificio (sistema)

Patrones de diseño arquitectónico por local o componente

Los patrones de diseño arquitectónico contarán con una clave numérica asignada, pero no tendrán escala, pues tienen como objetivo determinar la distribución y proporción ideal de los espacios arquitectónicos dentro del edificio, siendo de gran ayuda en el proceso de diseño de los espacios en relación con la función y forma requerida. Los patrones de diseño son modelos típicos a seguir en la conformación de espacios arquitectónicos que no necesariamente deben ser copiados tal cual, sino que sirve de referencia en su distribución, forma y función, pudiendo utilizar distintas y variadas dimensiones para la conformación de determinado espacio. La figura 5 ilustra un ejemplo de un patrón de diseño que se usa para el diseño y proyección de hoteles. Cabe recordar que como patrón de diseño es obligación del arquitecto adaptarlo, mejorarlo y utilizarlo de manera coherente en el proyecto en curso, es decir, se vale que lo use solo como referencia dentro del proceso de diseño arquitectónico hipotético de un hotel, en este caso.



*FIGURA 5:
Patrón de diseño
arquitectónico, ejemplo
para la habitación
tipo de un hotel*

Tanto los árboles jerárquicos, los grafos, las matrices y los patrones de diseño son diagramas que sirven en la generación de un prediseño arquitectónico llamado también anteproyecto. Estas herramientas obedecen a un modelo generado de manera sistémica y mediante el manejo y tratamiento de aspectos derivados de los subsistemas urbano, ecológico y cultural. A partir de la figura 5 muestra un patrón de diseño de un espacio arquitectónico para una habitación tipo de un hotel, donde se puede deducir el valor cultural que representa ese patrón, por ejemplo podemos advertir que se trata de un hotel mínimo de 4 estrellas; el valor urbano lo encontramos directamente en lo que este patrón representa, es decir, un espacio habitable que forma parte de un sistema más grande que es el edificio, con todo lo que esto conlleva, como las instalaciones, los materiales con que está hecho, el mobiliario, etc.; finalmente, el valor ecológico lo podemos encontrar, en este mismo ejemplo del cuarto de hotel, en el tratamiento de la iluminación y ventilación natural que se hace al espacio interior, desviando la luz y el viento a una inclinación de 45° , lo que permite la iluminación directa de la zona de la habitación en donde se requiere, además permite la ventilación natural sin ningún problema. Esta simple orientación de luz y viento apoya el ahorro de energía por iluminación y por acondicionamiento de aire, lo cual genera de manera global el mejoramiento de todo el sistema arquitectónico ya descrito, y se crea un buen trabajo desde el punto de vista sustentable.

CONCLUSIONES

Se concluye que la TGS es una herramienta muy útil en la realización de modelos aplicados a las ciencias tanto exactas como aplicadas. La arquitectura se puede clasificar como una ciencia aplicada, es decir, una práctica profesional probabilística; por tanto, los modelos sistémicos en los edificios permiten, pues los modelos sistémicos tienen una certeza limitada y están sujetos a certidumbre, por tanto son perfectibles tanto cuantitativa como cualitativamente.

La TGS genera básicamente metodologías que ayudan a ofrecer mejores soluciones a diversos planteamientos de problemas, en el ámbito de la arquitectura y el diseño, el planteamiento del problema se basa sobre todo en las necesidades del edificio y de los usuarios de los mismos. Por lo tanto, en el diseño de edificios los modelos constituyen los criterios de corrección y evaluación de las propuestas de diseño. Sin duda alguna, el proyecto que incluya los espacios del árbol jerárquico y las interacciones entre ellos indicadas en los grafos y matrices, así como en los patrones de diseño y sus propios requerimientos, será una propuesta integral de calidad.

FUENTES DE CONSULTA

1. Chiavenatto Idalberto, *Introducción a la Teoría General de la Administración*, 3ra. edición McGraw-Hill, México, 1992.
2. Hernández Moreno Silverio, *Introducción a la aplicación de nuevos materiales en arquitectura y construcción*, UNAM, 2004.
3. Sánchez González Álvaro, *Modelos cuantitativos de edificios y reportes tecnológicos*, *Arquitectura*, UNAM, Rept. 02 Tecnolog., México, Octubre 2002.
4. Von Bertalanffy Ludwig, *TGS*, Petrópolis, Vozes, Venezuela, 1975.