

A method to develop skills using digital techniques in architectural and design fields is proposed. Recursive procedures in successive cycles of abstraction are used applied for the urban layout design process. Each configurational cycle (master plan, urban modules, buildings, habitational units) is separated and exaggerated to face the process with pedagogical goals.

Urban factors that conform the city are identified in order to classify repetitive urban problems. A patch of the city, in which a master plan is developed, is isolated and is submitted the measurable tests related to the Architectural and Design projecting process, enfatizing the following aspects: its systemic structures, its geometry and its growing. Allometric concepts and growing form analogies are used as scale control method in transformations and in recursive cycles.

Based in two potentially recursive theories, fractals and tessellation's theories, a pedagogic procedure oriented to the use of tessellations is proposed using CAD systems tools.

## **Configuraciones urbanas recursivas Procedimientos de Aplicación en la Enseñanza–Aprendizaje de la Arquitectura y el Diseño**

---

### **Arq. Carlos Miguel Angel Prieto**

Profesor Titular Taller de Arquitectura  
Facultad de Arquitectura  
Universidad Nacional de Tucumán  
labsist@herrera.unt-edu.ar

### **Arq. Roberto H. Serrentino**

Profesor Adjunto Laboratorio de Sistemas de Diseño  
Facultad de Arquitectura  
Universidad Nacional de Tucumán. Argentina.  
labsist @ herrera.unt.edu.ar

Se propone un método para desarrollar capacidades, destrezas y habilidades en el campo de la arquitectura y el diseño mediante técnicas digitales. Se utilizan procedimientos recursivos en ciclos sucesivos de abstracción (diferentes escalas) aplicados en el proceso proyectual de una configuración urbana. En cada ciclo configuracional (plan maestro, módulos urbanos, edificios, unidades habitacionales) se separan y enfatizan algunos aspectos del proceso con fines pedagógicos.

Se identifican y se acotan factores que conforman la ciudad, ordenando algunos problemas que se repiten en áreas urbanas. Se aísla un sector de la ciudad en el que se desarrolla un plan maestro y se lo somete a pruebas mensurables en relación con el proceso proyectual de la Arquitectura y el Diseño, poniendo énfasis en tres aspectos: sus estructuras sistémicas, su geometría y su crecimiento. Como método de control de las escalas en las transformaciones y en los ciclos recursivos de crecimiento, se utilizan analogías conceptuales alométricas y de crecimiento de las formas.

Tomando como base dos teorías potencialmente recursivas, la teoría de fractales y la teoría de teselados, se desarrolla un procedimiento pedagógico orientado al uso de teselados enfatizando los tres aspectos antes mencionados, utilizando herramientas provistas por sistemas CAD.

### **Ubicación de la Arquitectura respecto a los sistemas científicos y a las formas de pensamiento.**

El sistema científico reconoce tres campos: las Ciencias Exactas, las Ciencias Físico-Naturales y las Ciencias Humanas y Sociales. Por otra parte, la Arquitectura como saber y acción participa de tres formas de pensamiento: el filosófico, el artístico y el científico. La compleja realidad de nuestros días exige responder con acciones y conocimientos de máximo rigor, demostrando claramente las conclusiones en los distintos grados de abstracción requeridos en el proceso proyectual de urbanistas y arquitectos. La aplicación del pensamiento científico en la arquitectura, con rigor y creatividad, no presupone que el proceso proyectual debe ser científico, sino más bien someter los productos del diseño a un estudio científico.

### **Separar y enfatizar aspectos del proceso proyectual.**

Separando y enfatizando algunas de las partes del proceso proyectual, podremos analizar, definir y describir algunas de ellas exagerando su comportamiento con fines pedagógicos. Una de las grandes virtudes de las herramientas digitales es la desescalización (la no escala). Esto significa que es posible trabajar con las formas, sus estructuras y sus secuencias de crecimiento (dirección del proceso proyectual), independientemente del concepto de escala. Posteriormente, es posible utilizar por analogía, el concepto de alometría y el concepto de crecimiento de las formas como método de control de las transformaciones y ciclos recursivos de crecimiento. Cada organismo tiene su escala natural y puede crecer hasta lo que naturalmente le está permitido. Cuando excede el límite natural se genera un despropósito entre la función, la forma y la dimensión. Esta afirmación es válida también en los sistemas urbanos-arquitectónicos, aún reconociendo el peligro que implica el uso directo de las analogías biológicas. Cada nivel o "ciclo recursivo", soporta una carga conceptual y un grado de abstracción apropiados para ese nivel. Estas cargas conceptuales transformadas en datos mediante "códigos" propios de cada arquitecto, condicionan las configuraciones en los siguientes

aspectos:

- 1.- En lo sistémico - estructural
- 2.- En lo geométrico
- 3.- En su crecimiento (entendiendo por crecimiento el camino de las partes hacia el todo).

### **Con respecto a lo sistémico – estructural.**

Cualquier objeto (material o inmaterial) tiene una distribución de sus partes componentes, y para su mejor lectura y conceptualización requiere de un ordenamiento, de una estructura. Hablar de orden desde un punto de vista sistémico implica establecer jerarquías abstractas, que al principio no tienen medida, "no tienen escala". Por lo tanto ese objeto puede ser observado en diferentes grados de abstracción, y en todos ellos podría existir un sistema estructural idéntico.

### **Con respecto a la geometría.**

La geometría establece el resumen matemático abstracto de cualquier forma, permitiendo su descripción y operatividad, de manera independiente de "la escala". Esa es una de las características destacables de los sistemas gráficos digitales que, al operar con unidades de dibujo en lugar de unidades de medida, permiten manipular figuras y formas abstractas. Cuando en una etapa posterior, a las formas geométricas se les asigna propiedades tales como, dimensión, posición y albergar actividades, nos alejamos de la abstracción y nos acercamos al mundo material, asignándoles sentido y uso. Superficies, espacios y volúmenes que albergan distintas actividades, son susceptibles de adoptar "una escala". Todas las entidades materiales (cosas tangibles) pueden ser expresadas y representadas sintéticamente a través de la geometría. Esta síntesis permite su manipulación y operación, lo que se ve facilitado por las herramientas CAD. Pero esta tarea se hace difícil cuando se trata de ideas, conceptos o hechos arquitectónicos (no tangibles). Sin embargo, mediante códigos, es posible transformar ideas y conceptos en elementos figurativos (geométricos), o en números y por lo tanto operar con ellos, obteniendo como resultado un "modelo conceptual". La búsqueda de códigos significativos que materialicen geoméricamente algunos hechos arquitectónicos se torna indispensable para operar de manera digital en los distintos aspectos que

surgen en cada paso del proceso proyectual. En síntesis, la geometría provee un conjunto de relaciones y de magnitudes que permiten la descripción de la forma y de su transformación. El cálculo provee las operaciones para establecer las magnitudes. Operaciones de geometría y cálculo son las que con mayor destreza puede realizar un sistema gráfico digital.

### **Con respecto al crecimiento.**

El crecimiento entendido como proceso secuencial no tiene escala. Cualquier forma podría crecer en ciclos recursivos o no, hasta el infinito. Sin embargo, cada organismo tiene su “escala natural” y puede crecer hasta lo que naturalmente le está permitido. Cuando excede el límite natural se genera un despropósito en el organismo y en su entorno o contexto natural. Por analogía con el proceso proyectual inductivo-sintético (camino o secuencia que va desde las partes hacia el todo, desde las cosas hacia los conceptos), esta afirmación puede ser válida también en los organismos urbanos y arquitectónicos. En este sentido es posible utilizar el concepto de alometría y la teoría del crecimiento de las formas como método de control de las transformaciones y ciclos recursivos de crecimiento. (Principio de Similitud. La Relación entre las Partes y el Todo. Función y Forma. etc.). Desde un punto de vista didáctico las “configuraciones recursivas” tienen la ventaja de no tener escala, por lo tanto se pueden “aislar” adjudicando a cada ciclo, distintos grados de abstracción o escalas, siguiendo un camino desde la unidad habitacional, las distintas formas de agrupamiento (loteos individuales o edificios en propiedad horizontal), pasando por el módulo urbano y llegando al plan maestro, o viceversa.

### **Por qué usar procedimientos recursivos.**

Se dice que un objeto es recursivo cuando forma parte de sí mismo o se define en función de sí mismo. Desde un punto de vista didáctico, la aplicación de un sistema recursivo se vuelve prácticamente mecánica, lo cual permite operar con abstracciones sistémicas, geométricas y de crecimiento, posibilitando asignar separadamente un conjunto de cargas conceptuales. Estas cargas operan como condicionantes de las configuraciones en cada paso, ajustando pedagógicamente lo que

se quiere separar y exagerar. La potencia de la recursión reside evidentemente en la posibilidad de manipular un número no finito de objetos mediante un enunciado finito. Un procedimiento recursivo es apropiado principalmente cuando el problema a resolver ya está definido en forma recursiva. Los procedimientos recursivos pueden realizar procesos que no terminan (macro o micro infinito). De allí surge la necesidad de tener en cuenta el problema de cantidad de ciclos recursivos. Para culminar con el proceso es fundamental que exista una condición que en algún momento no se satisfaga. De acuerdo a lo que dijimos respecto a los aspectos alométricos, en cada grado de abstracción debe haber una o más condiciones alométricas. En las aplicaciones prácticas, el nivel máximo de recursión es no sólo finito, sino realmente pequeño. En el caso de una configuración urbana se puede demostrar que no va más allá de diez ciclos recursivos, y en no más de tres a cuatro niveles o escalas, según códigos de cada arquitecto. Es importante que un sistema recursivo no tenga escala puesto que esto permite luego asignarle cargas conceptuales apropiadas a diferentes niveles de abstracción y/o observación.

### **Ejercicios de Diseño Recursivos.**

Partiendo del concepto solidario Hombre-Tema-Ciudad, se intenta encontrar algunos factores que se repitan recursivamente en los distintos ciclos, permitiendo un control adecuado del crecimiento y transformación natural de las formas urbanas y arquitectónicas en las distintas escalas. El espacio privado y el espacio público por ejemplo, pueden ser definidos y descriptos en cada ciclo mediante un control “alométrico”, referido a algún aspecto conceptual relacionado con el sentido de propiedad, identidad, autocontrol, hacinamiento, homogeneidad de clases, etc. También es posible aplicar este control, relacionando medidas físicas - funcionales: FOS, FOT, densidad, jerarquías de las redes de circulación, distancias máximas a ciertas actividades (estacionamiento, lugares donde se deposita y recoge la basura, accesos de ambulancias, bomberos, paradas de transporte público, etc.). Para acordar el significado de términos que se usarán en el ejercicio, enunciaremos los siguientes conceptos:

1. Concepto de vivienda: es un espacio privado (cubierto y descubierto), donde se desarrollan distintas actividades o usos consagrados (hábitos) de la institución familiar: es el terreno y su contexto más lo "construido- cubierto".

2. Concepto de identidad (entendiéndolo como "parámetro alométrico" en las distintas escalas): es el conjunto de caracteres que diferencian o unen a las personas y a las cosas entre sí. Cuando dos o más personas o cosas diferentes se reconocen entre sí, y son reconocidas por terceros.

3. Concepto de Espacio Privado: es el ámbito en el que se desarrollan actividades de carácter individual o colectivo privadas.

4. Concepto de Espacio Público: es el ámbito en el que se desarrollan actividades compartidas en variadas escalas del cuerpo social.

No existen los espacios intermedios. Lo privado y lo público se manifiesta cíclicamente en las distintas escalas o ciclos recursivos, lo que en un ciclo es público, puede transformarse en privado en el próximo.

Se presenta un ejercicio pedagógico basado en la teoría de teselados (distribución cíclica de la superficie plana sin dejar intersticios entre los módulos y sin admitir superposiciones). Se pone énfasis en el proceso inductivo-sintético, y se va generando una configuración urbana desde las partes hacia el todo. Al analizar la ciudad tradicional con estructura cuadrícula es posible distinguir diferentes niveles de agrupamiento de unidades de vivienda teniendo en cuenta factores alométricos. Partiendo de una parcela de terreno aislada, considerada como un conjunto de actividades que se implementan dentro de sus límites (sin distinguir lo vacío de lo construido), se observan los siguientes niveles:

- |                           |                                      |
|---------------------------|--------------------------------------|
| (1) La unidad             | Parcela aislada                      |
| (2) Grupo menor           | Vecinos inmediatos<br>(grupo lineal) |
| (3) Grupo menor<br>(nodo) | Esquina<br>(grupo puntual)           |
| (4) Grupo mayor           | Cuadra                               |
| (5) Módulo urbano         | Manzana                              |
| (6) Plan maestro          | Barrio                               |

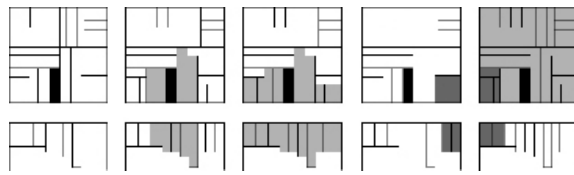


Fig. 1.  
1, 2, 3, 4, 5.

Se intenta generar agrupamientos de parcelas privadas, siguiendo la clasificación alométrica obtenida a partir de la ciudad cuadrícula, aunque liberando las configuraciones para que resulten sistemas no cuadrícula, aplicables a cualquier situación urbana cargada de tensiones y condicionantes particulares. Se utilizan procedimientos recursivos de generación de formas. Por ejemplo, adoptando como parcela mínima individual un rectángulo de proporciones 1 a 2½ (conocido como rectángulo áureo), se puede establecer una ley de crecimiento de la misma forma conservando sus proporciones, y asignar a cada ciclo de crecimiento una correspondencia con cada nivel de agrupamiento urbano. Para ejemplificar el crecimiento con dimensiones reales, se propone que las parcelas tengan 10 m por 14,14 m, como se ve en la figura.

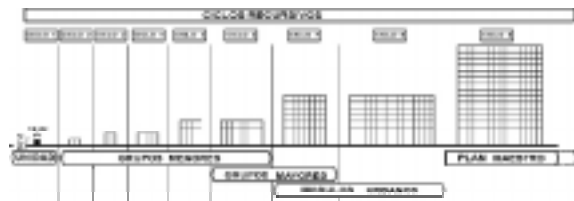


Fig 2

Dependiendo de la envergadura del plan maestro (conjunto urbano completo), es conveniente arrancar la generación de configuraciones a nivel de un grupo menor pequeño o más desarrollado. En nuestro ejemplo adoptaremos un grupo menor equivalente a 16 parcelas, con una ocupación territorial del 50 % con parcelas privadas. En este caso, separando y exagerando, en un extremo podríamos tener la situación de la fig. 3 (a) en la que se observa máxima compacidad, y en el otro extremo la situación de la fig. 3 (h) en la que se observa máxima dispersión. Toda otra situación intermedia entre estos extremos permite obtener

una gran diversidad de casos como los mostrados en las fig. 3 (b), (c), (d), (e), (f) y (g).



Fig.3  
 a, b, c, d, e, f, g, h.

Efectuando operaciones de simetría se generan alternativas de grupos mayores a partir del grupo menor adoptado, por ejemplo el de la fig. 3 (b). Descartando las alternativas repetidas por simetría, se obtienen, en este caso, 6 tipos diferentes de grupos mayores.



Fig. 4

Avanzando un ciclo recursivo con la configuración adoptada, se obtienen 16 nuevos agrupamientos, todos ellos con distintas características, que pueden ser evaluados mediante variables sistémicas, geométricas y de crecimiento.

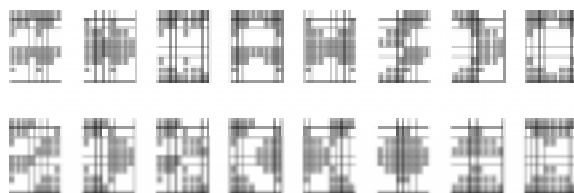


Fig. 5  
 a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n, o, p.

Supongamos que los rectángulos blancos representan eliminación de masa construída, es decir, son espacios destinados a usos públicos y comunitarios (espacios verdes, actividades al exterior, etc). Se puede observar cómo a partir de un mismo dibujo original obtenido en los primeros ciclos recursivos, se genera una gran variedad de configuraciones, con uno, dos, tres o cuatro espacios comunitarios. Estas configuraciones podrían ser aun grupos mayores, o módulos urbanos o ya un plan maestro, dependiendo del alcance del conjunto total.

Para realizar la evaluación se elige un ciclo recursivo y se compara elementos de la misma naturaleza, poniendo a consideración solamente algunas de las muchas variables que intervienen. A modo de ejemplo, una *variable sistémica* podría ser el **recorrido mínimo para acceder a todas las parcelas** desde el anillo perimetral al módulo urbano. Una *variable geométrica* podría ser el **mínimo perímetro de las configuraciones en cada ciclo recursivo**. Una *variable de crecimiento* sería la consideración de **espacios comunitarios apropiados a la identidad de grupos e individuos**. Todas las variables mencionadas no tienen escala si se las considera en abstracto. Pero son cuantificables en cada ciclo recursivo.

De las configuraciones obtenidas seleccionamos las de las figuras 5 (h), (i), (j), (k) para someterlas a comparación. Consideremos la posibilidad que se trate de módulos urbanos cuyo sistema estructurante prevé un anillo de circulación perimetral (indicado en negro), y líneas de circulación de llegada a cada parcela (indicada en trazos negros). Al evaluar la variable sistémica, la mejor configuración será aquella cuyo recorrido sea mínimo para acceder a todas las parcelas desde el anillo perimetral.

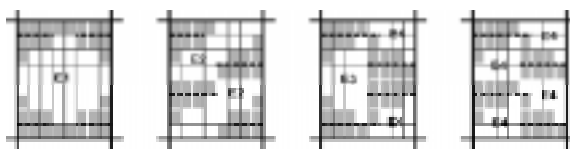


Fig. 6

R=120ml	R=140ml	R=180ml	R=180ml
P=848ml	P=848ml	P=818ml	P=859ml
E =4512m <sup>2</sup> <sub>1</sub>	E =2257m <sup>2</sup> <sub>2</sub>	E =2257m <sup>2</sup> <sub>3</sub>	E =1113m <sup>2</sup> <sub>4</sub>

**R = recorrido de acceso a todas las parcelas desde anillo perimetral**  
**P = perímetro de las parcelas ocupadas en cada módulo urbano**  
**E = espacios públicos correspondientes a grupos de parcelas**

Considerando que las líneas de circulación dividen a la configuración de parcelas generando más perímetro, hay que tener en cuenta la interdependencia entre variables. La mejor configuración será aquella cuyo recorrido circulatorio sea mínimo para acceder a todas las parcelas desde el anillo perimetral, pero simultáneamente el perímetro que sea el más económico, y los espacios públicos sean alométricamente compatibles con la identidad de cada grupo según condiciones de contexto. Con respecto al método pedagógico, podemos graficar la diferencia entre la modalidad inductiva-sintética y la deductiva-analítica, mediante otro ejemplo de configuración recursiva: el tromino en L que se muestra en la fig. 7.

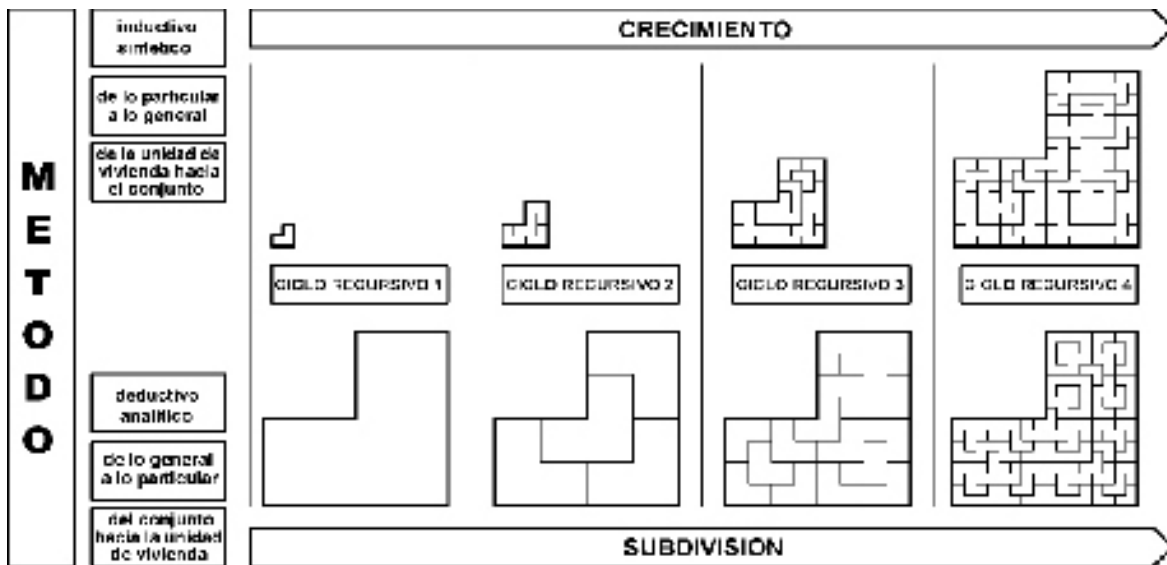


Fig. 7

La teoría de fractales puede constituirse en una fuente de inspiración para el diseño de configuraciones urbanas de generación recursiva. El término fractales fue inventado por Mandelbrot hacia 1975, proviene del verbo latino *frangere* que significa “romper”, y de su adjetivo *fractus*. El vocablo pretende sugerir el carácter roto, fragmentado de los objetos fractales, así como los números fraccionarios que proporcionan un grado fractal de aspereza y fragosidad. Algunos ejemplos son los siguientes:

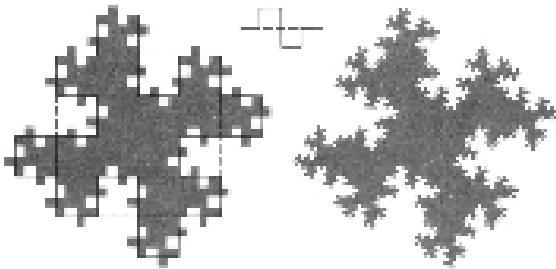


Fig.8 Curva copo de nieve cuadrado de B. Mandelbrot



Fig.9 Curva copo de nieve triangular de H. Von Koch.

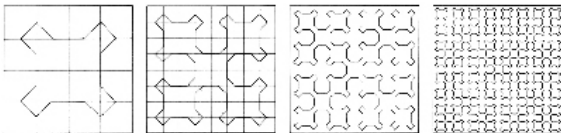


Fig.10 Curva cerrada de Peano, modificada por Sierpinski

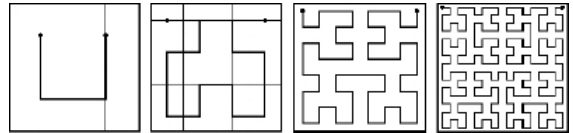


Fig.11 Curva abierta de Peano, modificada por Hilbert.

## Conclusión

Los conceptos expuestos en el presente artículo podrían resolverse mediante algoritmos de generación recursiva, como eje estructurante de los aspectos sistémico-estructural, geométrico y alométrico. Para ello deben establecerse códigos conceptuales que se transformen en códigos digitales, utilizando un lenguaje de programación del tipo Visual LISP, dentro de un entorno CAD.