



fractales

y formas arquitectónicas

inés moisset

i+p división editorial



Inés Moisset es **arquitecta** egresada de la facultad de arquitectura, urbanismo y diseño de la universidad nacional de córdoba en 1992, ha obtenido el grado de doctora en composición arquitectónica (Instituto Universitario de Venecia, 2000).

es investigadora (miembro activo del centro marina waisman, faud, unc, desde 1994) donde ha desarrollado temas relacionados a la composición.

en el período 1994/7 desarrolló, como becaria de conicor, una investigación que da origen a este libro. en el año 2002 ingresa a carrera de investigador de conice

ación
ómico

V
n Historia

05-2-2

arquitectónicas 2003

on editorial

Moisset y Omar Paris

Inés Moisset y Omar Paris

Magenta, VelezSarsfield 254,

a Ley 11723

cción total o parcial de este libro
to en un sistema informático o
co, fotocopia, registro u otros
o previo por escrito de los titulares

@faudi.unc.edu.ar

fractales

y formas arquitectónicas

inés moisset de espanes

i+p división editorial



índice

| | |
|--|------------|
| prólogo | 7 |
| agradecimientos | 10 |
| Introducción | 12 |
| los tres paradigmas | 16 |
| arquitectura/naturaleza | 22 |
| el tercer paradigma | 36 |
| la complejidad | 40 |
| la búsqueda de nuevos órdenes | 44 |
| el nuevo orden: los fractales | 66 |
| ¿qué es un fractal? | 86 |
| el orden fractal | 96 |
| ¿cómo generar los fractales? experiencias generativas | 98 |
| la traducción arquitectónica | 110 |
| formas de traducción: analogía y metáfora | 112 |
| las reglas del juego | 118 |
| el fractal como estructura - experiencias compositivas | 124 |
| las estrategias | 136 |
| ¿cómo aplica un arquitecto este orden? | |
| experiencias proyectuales | 140 |
| orden e idea | 168 |
| para finalizar... | 172 |

prólogo

Las certezas ya no son lo que eran antes

Benoît Mandelbrot, matemático belga, sacude en 1970 el núcleo determinista de las entonces ciertas ciencias exactas y físico-naturalistas y también al inasible discurso de las Artes, cuando demuestra que ciertos fenómenos de la Realidad reputados como imprevisibles y caóticos –en realidad místicos para la comprensión racional de su morfología– ocultaban un Orden preciso y alejado de toda entropía en su autoconstrucción infinita: los fractales.

Esta tormenta académica termina hoy por proponer nuevos dominios de exploración, imprecisos y borrosos para la Ciencia, y matemáticas insólitas para el Arte. Inés Moisset de Espanés habla de esto enmarcándose en el campo de estudio de la transferencia del comportamiento interno de la Realidad al Diseño Arquitectónico, optando por tratar algunas de las singularidades no lineales de aquélla, tales como las expresiones del Caos, esa manifestación energética actualmente revalorizada en la ciencia de vanguardia¹.

¹ No puede dejarse de señalar que el Premio Nobel de Química 1975, Ilya Prigogine, con su teoría de las estructuras disipativas y de las bifurcaciones inesperadas cuando fluctúan los estados materiales alejados del equilibrio y que René Thom, autor de la teoría de las catástrofes contribuyen, entre otros también y en su medida a configurar el pensamiento que admite al Caos como otro Orden, dominante en el Nuevo Paradigma de Conocimiento, La Complejidad.

El libro glosa la intervención histórica de este fenómeno en la construcción de objetos culturales, específicamente en la Arquitectura, defendiendo su liberación de las rígidas normas de la composición racionalista, ordenada por mecanismos previsibles y proponiendo un libre e inesperado flujo de la Invención conformadora intuitiva para el Diseño.

En este sentido el texto de Inés Moisset de Espanés es en sí un objeto creativo curioso para esta postura tan claramente manifestada: aparece construido con una escritura y una composición de ordenada lógica y de rigurosidad sistemática, que implica un proceso de lectura único.

Esta aparente y tal vez sutil diversidad entre contenido y forma literaria, creemos que no es sino una manifestación más del contexto de esa realidad compleja que la autora propone como base de un nuevo pensamiento arquitectural, y en la cual inscribe su libro: imbricación de Orden, Proceso y Complejidad en una conjugación total y asible, perceptual y emocionalmente.

La cuidadosa y sintética estructura del libro no permite un prólogo analítico de sus contenidos –ya lo hace su autora en la Introducción– y sí permite algunos comentarios crítico-valorativos: La primera sección del libro, titulada «Los tres Paradigmas», encierra como una potencialidad muy valiosa para la Historia de la Arquitectura, la

idea de mirarla como el producto de la intersección –en el seno de la materia– de tres fuerzas creativas, que se intuyen insertas en lo profundo de toda la Realidad: Orden, Proceso y Complejidad².

Los fractales como un nuevo Orden que pueda resolver la articulación de estos tres términos en una totalidad subyacente a los múltiples rasgos de la Realidad, es el cierre de esta interpretación de la Historia. Inés Moisset de Espanés propone que la traducción de esta articulación en términos de lenguaje perceptual, puede resolver una nueva proyectualidad para la Arquitectura más acorde con la también nueva lectura del Mundo que –parafraseando a Edgard Morin– parte de «la naturaleza de la naturaleza».

Un futuro texto que agote con su desarrollo este desafío historiográfico, es la intuición que se sigue de esta constatación.

Antes de introducir el tema final del libro, donde hipotetiza el problema de los mecanismos de la traducción al diseño de la tríada Orden–Proceso–Complejidad, la autora condensa en el núcleo central del texto su larga, interdisciplinaria y profunda investigación sobre los fractales, después

2 O bien, como dice Edgard Morin: Orden, Desorden y Organización. «El Método, Tomo I: La Naturaleza de la Naturaleza» / Ediciones Cátedra /

de plantear y ejemplificar una original tipología de la exploración instrumental del Orden en la proyectualidad contemporánea.

La constitución íntima de los objetos fractales –abstracción matemática y forma energética a la vez– se explica convocando a la curiosidad del lector para experimentar sus arcanos, tal como lo ha hecho Inés partiendo de una epistemología fenomenológica y por lo tanto pragmática. La oferta de sus experiencias compositivo–proyectuales tanto en diseños arquitectónicos como en objetos que son sus análogos experimentales –de gran valor plástico y creativo– permite al lector introducirse en la búsqueda exploratoria mediante el uso de la metáfora y de la analogía como instrumento dentro de las reglas y estrategias de juego que componen las bases de un proceso de diseño fundado en la morfología fractal.

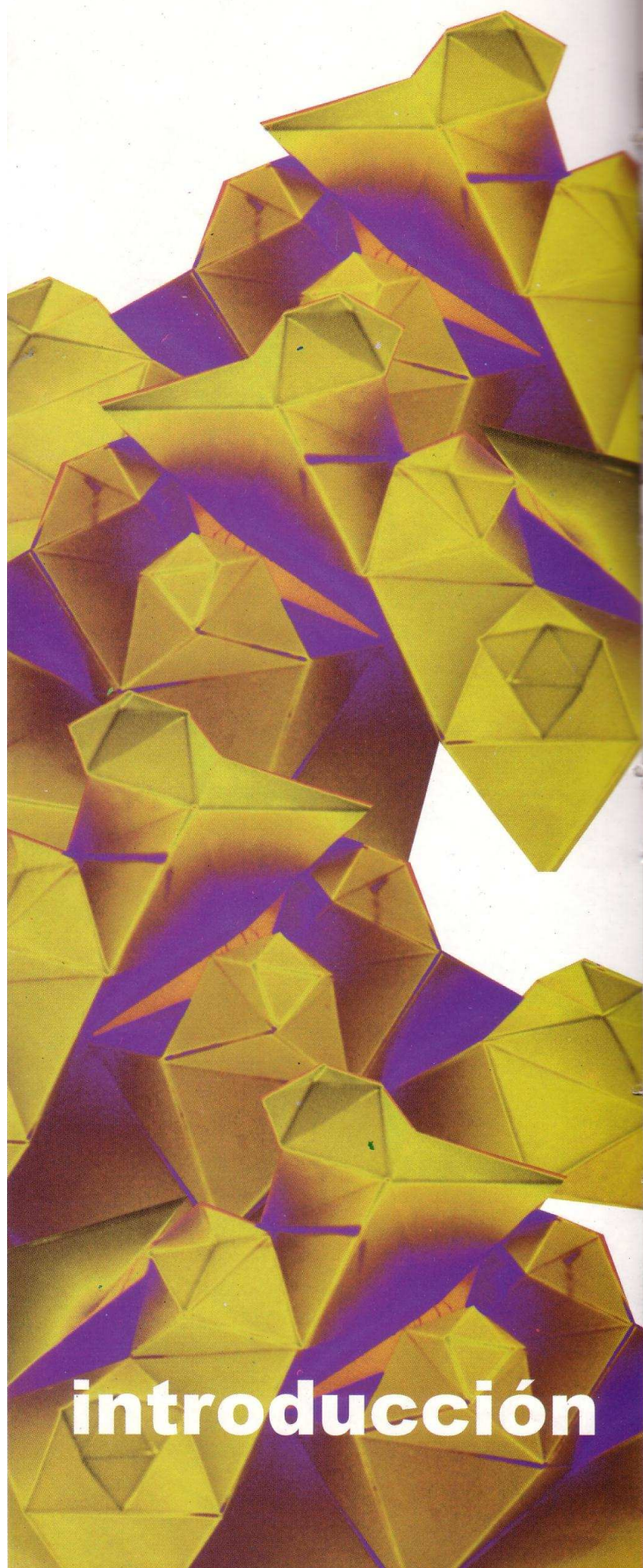
Efectivamente las certezas cognoscitivas ya no son lo que fueron antaño: tanto la exacta estructura newtoniana del universo como los procesos compositivos del proyecto arquitectónico basados en la lógica de los «modelos perfectos» de J. N. L. Durand, aun persistentes, se vuelven algo borrosos, imprecisos, mutantes e imprevisibles. Pero también se abren a nuevos misterios donde se encuentra el material para la invención de otros universos, otras formas.

César Naselli, arq.

agradecimientos

Quiero agradecer a todos los que en distintas maneras colaboraron con la concreción de este libro, en especial el apoyo de toda mi familia. Entre ellos quiero destacar a Marcelo Baldi, Marcela Moisset y Pablo Moisset, que me brindaron el material y los conocimientos referidos a la parte matemática de la investigación. Consuelo Moisset me ayudó tomando gran parte de las fotografías y Daniel F. Moisset perfeccionando los sistemas gráficos de diseño.

El Instituto de Diseño (ID) de la U.C.C. fue el ámbito propicio para el desarrollo de las ideas y teorías de este libro y su metodología se evidencia en el trabajo realizado. Su director, César Naselli, me incentivó a desarrollar la investigación en múltiples ocasiones. También fue importante el intercambio que allí se dió con los alumnos (entre los que quiero destacar a Germán Barea, Federico Wenk, Sebastián Ferrer, José Martín Schmäcke, Sebastián Pereyra Macovak y Fernando Quiñones, que colaboraron en la materialización de algunos modelos). Quiero, además, poner en relieve las enriquecedoras charlas que compartí con los arquitectos Viviana Colautti (ID) y Omar Paris (ID) sobre aspectos morfológicos y de diseño.



introducción

Este es un libro que habla de las posibilidades compositivas de la geometría fractal. Es el resultado de cuatro años de investigación en el Instituto de Diseño, Córdoba, Argentina, con una beca del Consejo de Investigaciones Científicas (CONICOR). El objetivo de la investigación era elaborar pautas de diseño, geométricas y morfológicas para la aplicación de la geometría fractal y determinar las relaciones creativas entre las ideas contenidas entre este nuevo orden y las formas arquitectónicas. La contribución expresiva de la geometría fractal y su posibilidad de generar formas complejas a través de códigos simples fue explorada a través de la construcción de modelos y objetos. De este modo la traducción y transferencia de los fractales a la arquitectura se verifica en la búsqueda de los puntos de intersección entre la geometría y el diseño.

El libro se divide en tres partes :

Los tres paradigmas

Los fractales

Procesos de traducción

La primera parte explica por qué y cómo consideramos esta geometría en el contexto cultural actual. Los problemas a los que se enfrenta la arquitectura en su búsqueda de redefinición de instrumentos de análisis, lectura y composición en relación a la complejidad del mundo contemporáneo, encontrarían una respuesta en este tipo de geometría.

La segunda parte explica en forma sucinta y en un lenguaje adecuado a los arquitectos, los principios básicos de la geometría fractal y sobre todo aquellos que pudieran tener mayor impacto morfológico (autosemejanza e iteración). Es decir, se busca la definición de la geometría desde un punto de vista arquitectónico.

La tercera parte, la más importante del libro, no solamente propone pautas para la aplicación de la geometría fractal en la composición de la obra de arquitectura, sino que ejemplifica a través de trabajos de exploración realizados por la autora y sus alumnos del Instituto de Diseño.

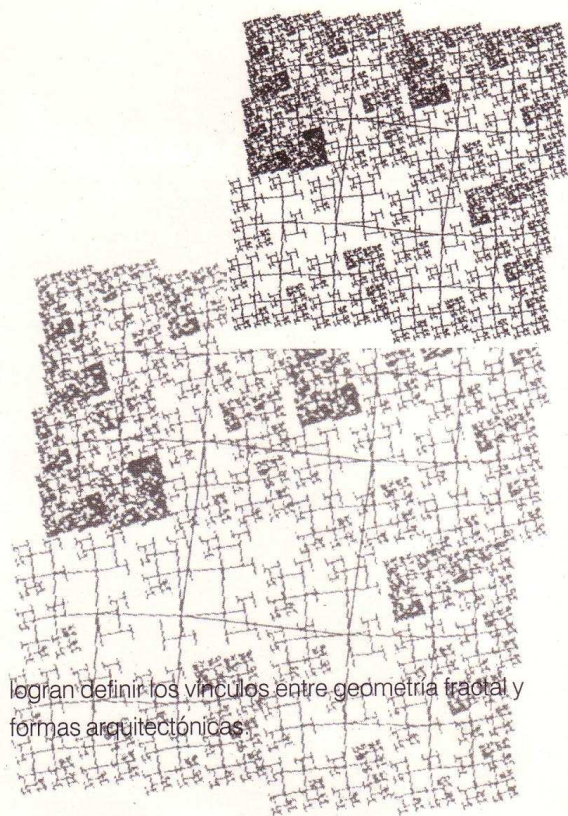
La **traducción de las leyes fractales** a la arquitectura es un tema aun no explorado, dentro del campo de la morfología arquitectónica. Para establecer reglas de generación de formas fractales y sus modos de proyección son reformuladas las teorías de la composición arquitectónica y los trazados reguladores, poniendo el acento en la capacidad de portar significados, es decir la transferencia y la proyección de la idea a la materia.

El método utilizado es el fenomenológico que llega al conocimiento a través de la experiencia sensible. Para encontrar las formas que están contenidas potencialmente en este orden y desarrollar sus posibilidades latentes, se exploró en el campo de la morfología arquitectónica construyendo modelos tridimensionales. Los objetos presentados no son una «ilustración» de la investigación sino parte integrante de ella. Estos micros de experimentación tienen el objetivo de verificar hipótesis y registrar procesos creativos, para posibles reformulaciones y ajustes. De este modo se

logran definir los vínculos entre geometría fractal y formas arquitectónicas.

El análisis y los desarrollos de las formas que se realizan mediante estos modelos se caracterizan por la abstracción de atributos, simplificando la compleja realidad de la arquitectura. En este caso se analizan sobre todo las variables formales y de significado, dejando de lado otros aspectos de la arquitectura como la función, los aspectos constructivos, etc. La investigación prescinde de un conjunto de caracteres, para aprehender los esquemas estructurales y extraer principios subyacentes. Algunos de estos objetos no son arquitecturas. Son experiencias previas necesarias para comprender las lógicas de esta nueva geometría. Mientras que a medida que nos acercamos hacia el final del libro comienzan a incorporarse numerosas variables: la escala, la relación con el entorno, los usos, etc.

El objetivo último es formular una teoría, es ver y comprender racional e intuitivamente un sistema de ideas, leyes y principios arquitectónicos, las causas y los procesos que originan la forma. Es decir, elaborar una teoría que funde la práctica creativa de la arquitectura, diseñando procesos proyectuales para traducir ideas a la generación concreta de espacios arquitectónicos, contruidos a partir de la geometría de los fractales.



los tres paradigmas

"El diálogo con la naturaleza sigue siendo una condición sine qua non para el artista" Paul Klee

Si bien la arquitectura pertenece al mundo cultural, siempre ha mirado hacia la naturaleza y ha intentado aprender de ella. Ha buscado acercarse a las deslumbrantes imágenes de los organismos vivos, a su fascinante comportamiento estructural, a sus procesos de crecimiento, cambio y dinamismo, a su compleja y equilibrada relación entre el orden y el caos. La naturaleza ha sido una fuente de inspiración para las formas de la arquitectura y un estímulo en el proceso de diseño. A través del tiempo y a medida que el hombre fue adquiriendo nuevos conocimientos a través de experiencias artísticas y descubrimientos científicos, la imagen del mundo fue cambiando, lo que ha determinado la materialización de diferentes arquitecturas. Según Thomas Kuhn¹, los descubrimientos y las realizaciones científicas, proporcionan durante cierto tiempo modelos de problemas y soluciones a una comunidad científica. Estos modelos de visión del mundo y la naturaleza, son denominados paradigmas. Cada visión de la naturaleza proporcionó un modelo de universo que se transformó en reglas explícitas de composición y creación.

De este modo, la arquitectura refleja una concepción del mundo, una manera de entenderlo. Este conocimiento de la realidad ha sido llevado a cabo por el hombre desde dos modalidades básicas: la ciencia y el arte. Ambos están íntimamente ligados a la búsqueda de leyes y principios. Pero mientras que la base de la ciencia está en la lógica, el experimento y la observación, el fundamento del arte es la intuición. El intelecto supone que la realidad no puede ser representada en sus apariencias ya que ellas se transforman continuamente, y que debe reducir la complejidad a sus elementos estructurales, a sus leyes esenciales. La intuición, en cambio, permite capturar lo significativo en lo cambiante, la multiplicidad, la fluctuación, la variación y la mutación. Arte y ciencia reflexionan sobre aspectos diversos y complementarios de la experiencia humana y nos dan una idea

¹ Kuhn, T. H., La estructura de las revoluciones científicas, Fondo de Cultura Económica, Buenos Aires, 1971.

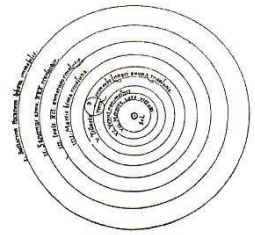
completa del mundo cuando son utilizados juntos. Los dos caminos son igualmente válidos, pero tomados por separado, incompletos. La arquitectura ha recorrido estos dos caminos. Cada uno de ellos ha generado modelos de pensamiento arquitectónico diferentes, paradigmas que expresan aspectos aparentemente contradictorios pero que sin embargo coexisten en la naturaleza y en la misma arquitectura. Estos modelos se denominan paradigma del orden y paradigma de los procesos.² El paradigma del orden intenta dilucidar las leyes constantes de un mundo cambiante y tiende hacia el orden geométrico y estructural, mientras que el de los procesos busca las leyes del mundo viviente, el caos, la metamorfosis y el cambio.

El **paradigma del orden** es el que nos explicaron Galileo, Kepler, Newton y Laplace, un universo frío, helado, de movimientos perpetuos e implacables, de medidas, de equilibrios, de trayectorias matemáticas, de certidumbre y precisión.³ Esta concepción supone que la naturaleza no puede ser representada en sus apariencias dado que estas se transforman continuamente, sino que debe reducir la complejidad a sus formas fundamentales, a sus elementos estructurales, a sus leyes esenciales.

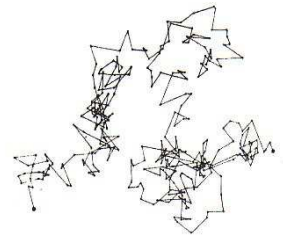
El **paradigma de los procesos**, es el modelo del desorden, el de las leyes que gobiernan el mundo viviente, lo cambiante y mutable, el azar, la evolución, lo palpitante, el intercambio, la agitación, lo imprevisible, las leyes cósmicas del cambio. Su instrumento es la intuición, que le permite captar lo cambiante, la multiplicidad, la fluctuación, el crecimiento, contemplando la riqueza de las formas, sus variaciones y sus mutaciones.

Cada paradigma tiene sus instrumentos, técnicas y procesos para concebir la forma arquitectónica. Como explica Roberto Doberti "cuando la práctica arquitectónica incorpora un instrumento específico, un medio para prefigurar, lo convierte en 'visión'".⁴ Los instrumentos arquitectónicos no son ideológicamente inocentes en el proceso proyectual sino que son su propio pensamiento.

modelo de universo ordenado



movimiento browniano



2 Lo universal y lo particular, la homogeneidad y la heterogeneidad o, según Nietzsche, lo apolíneo y lo dionisiaco.

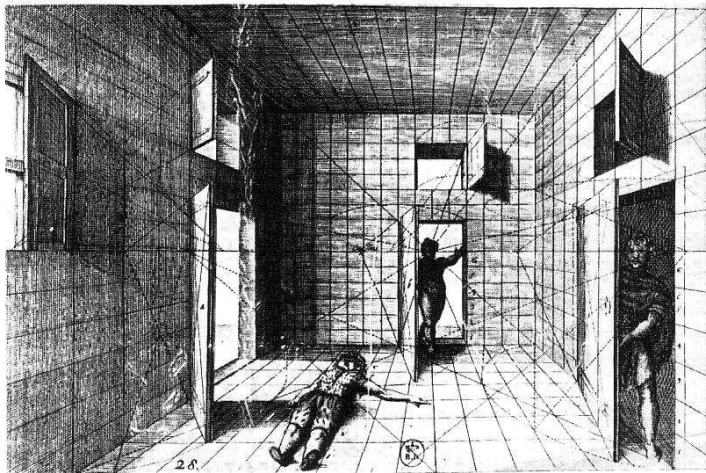
3 Esta imagen del universo mecánico, fue formulada por el matemático y astrónomo francés Laplace, hace más de 200 años: «Si pudiéramos imaginar un conocimiento lo suficientemente grande para conocer la ubicación exacta y las velocidades de todos los objetos en el universo en este preciso momento, como así todas las fuerzas, entonces no habría secretos para este conocimiento. Podría calcular todo acerca del pasado y del futuro a partir de las leyes de la causa y del efecto.»

4 Doberti, Roberto, La morfología: un nivel de síntesis comprensiva, Summarios 9/10, Buenos Aires, agosto 1977.

En el **paradigma del orden** el acento recae sobre las construcciones o trazados. La geometría se concibe como generadora de formas. El manejo altamente elaborado de las construcciones geométricas, la perspectiva polar, el sistema Monge de proyecciones, la técnica del dibujo descriptivo está en la base de estos objetos arquitectónicos.

En esta arquitectura el espacio queda entendido como una construcción inteligible, organizada en torno a elementos espaciales, como ejes, puntos y simetrías. El paradigma utiliza instrumentos que geometrizan el espacio de manera absoluta.

El paradigma del orden y el paradigma de los procesos en las artes plásticas



En el **modelo de los procesos**, la forma se determina en el mismo proceso vital. Su metodología está en el mismo realizarse, en el hacerse. El modo de crear es holístico y orgánico, en el que todo crece íntimamente unido. El diseño evoluciona en una espera orgánica, en forma similar a un embrión o a lo que Louis Sullivan denomina una «germinación», que comienza siendo una masa indefinida de sentimientos e impresiones y, poco a poco se va centralizando en una idea específica. Luego se insertan con integridad cada una de las piezas tejidas entre sí, como una tela, formando parte de una armonía dominante. No se proyecta sobre superficies planas sino que se privilegian los métodos que expresan el espacio: maquetas, infográficos, croquis intuitivos. Los proyectos de este tipo no son fácilmente representables en planos y alzados, como tampoco pueden quedar totalmente definidos en planos de detalles, sino más bien se van modelando y acabando sobre la marcha de su construcción.⁵

⁵ Los nuevos instrumentos informáticos han facilitado la proyectación dentro de este paradigma. Véase por ejemplo la utilización de programas de modelado aeroespacial en la arquitectura de Frank Gehry.



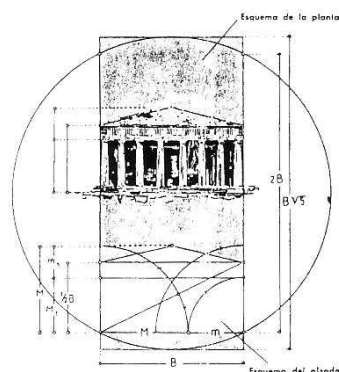
arquitectura/naturaleza

Cada modelo ha concebido una arquitectura diferente, pero siempre ligadas a la idea de la belleza de la forma natural que contiene la idea del orden, del equilibrio y de la armonía. Tradicionalmente se ha diferenciado la arquitectura clásica de la barroca, la racional de la orgánica: «...a través de la historia se perpetúan dos tendencias distintas: una hacia lo racional y geométrico, otra hacia lo irracional y lo orgánico.»⁶ En general, los autores consideran que sólo la arquitectura barroca/orgánica tiene relación con la naturaleza. Sin embargo, la arquitectura clásica/racional se relaciona con lo natural a través del paradigma del orden, de la abstracción de leyes naturales, mientras que la línea orgánica responde al modelo de los procesos y las leyes del cambio.⁷ El transcurrir de estos dos paradigmas en el tiempo no es lineal, aparecen y desaparecen, se mezclan y superponen. El brevísimos cuadro histórico, trazado a continuación no tiene la intención de hacer una cronología de la relación arquitectura-naturaleza, ni una clasificación, sino la de destacar algunas escenas dentro de la teoría y la praxis necesarias para la comprensión. Como dice Renato de Fusco «... en la historia todo está sujeto a una continua transformación; pero hace falta resolverse a fijar las diversas expresiones de los momentos más pregnantes».⁸

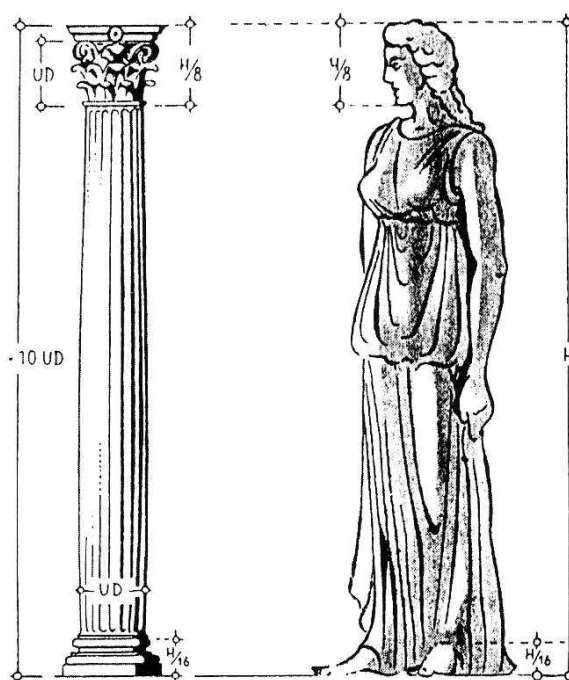
6 Giedion, Sigfried, Espacio, tiempo y arquitectura, Dossat, Madrid, 1978

7 Los dos paradigmas arquitectónicos están desarrollados en Luis Fernández Galiano, El Fuego y la Memoria, sobre arquitectura y energía, Alianza, Madrid, 1991.

8 De Fusco, Renato, Storia e struttura, Teoria della storiografia architettonica, Napoli, 1970



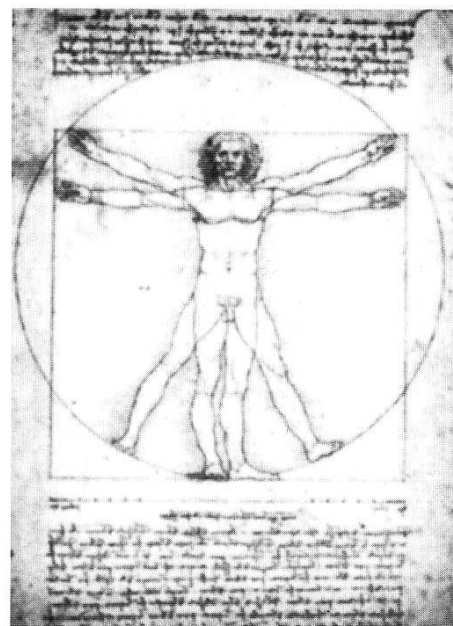
La teoría sobre la aplicación de los principios de la naturaleza al diseño, deriva de la antigua arquitectura grecorromana. El descubrimiento de las leyes rectoras de la naturaleza por parte de los griegos, les permitió superar el animismo primitivo de las civilizaciones anteriores e identificar al sistema natural con **la idea de reflejo de un sistema divino superior**, basado en un orden ideal racional. El arte griego estaba regulado por las mismas leyes inexorables que el universo. La naturaleza y la obra del hombre se convierten en un espejo de dicho orden superior y perfecto. Este, según Platón, se basa en una vasta y elaborada geometría cosmológica por medio de la cual la divina inteligencia regula todas las cosas del universo, de acuerdo con un sistema de círculos, esferas, cuadrados, cubos y progresiones geométricas de tipo menos perfecto. Según Platón existen tres grados de perfección: 1º, la perfección ideal; 2º, la perfección de la naturaleza, 3º, la perfección del arte, reflejo de la naturaleza. Aunque la arquitectura no puede alcanzar la perfección divina porque es un reflejo de tercer grado, busca la belleza, contenida en las proporciones humanas, como ejemplo máximo del equilibrio y del orden de sus elementos componentes.



El diseño de los templos griegos se basaba entonces, en las proporciones de la figura humana. El hombre es la medida de todas las cosas y las ideas de **simetría, ritmo, armonía y proporción** encuentran su origen en el análisis del cuerpo. La base de las proporciones arquitectónicas antropomórficas fue la sección áurea. Si bien la arquitectura no imita ningún elemento específico existente en la naturaleza, hace referencia directa a las proporciones del cuerpo humano y a la relación entre sus partes, de la que surge una normativa estético-constructiva. Los órdenes se definen como la disposición regular y perfecta de las partes, todas concurrentes a la composición de un bello conjunto. El orden no es simplemente un enriquecimiento ornamental del edificio, sino un control de las proporciones del mismo. Estas ideas fueron registradas y desarrolladas por el arquitecto romano Vitruvio. (88 A.C.- 26 D.C.) y fueron la base de la arquitectura occidental:

La composición del templo se basa en la simetría... que tiene su origen en la proporción... Y la proporción es la conmensurabilidad de cada miembro de la obra y de todos los miembros en el complejo de la obra, gracias a una determinada unidad de medida o módulo: tal conmensurabilidad representa el cálculo o sistema de simetría. De hecho, ningún templo podría presentar un sistema constructivo sin simetría, esto es, sin un cálculo exacto de sus miembros como un hombre bien formado... Si así compuso la naturaleza al cuerpo humano, de modo que cada uno de sus miembros corresponda proporcionalmente a la suma total figurada, parece ser que bien establecieron los antiguos que la obra terminada y perfecta tenga, en cuanto a proporciones, una correspondencia precisa de cada uno de los miembros con la concepción global de la obra.»⁹

Estas teorías que ponían el acento en **el aspecto abstracto y geométrico del orden natural** fueron retomadas durante el Renacimiento. Miguel Ángel sostenía que el conocimiento de la figura humana llevaría a la comprensión de la arquitectura y Vasari decía que la arquitectura debería parecer orgánica como el cuerpo. Esto implicaba entender al edificio como una totalidad.¹⁰ La perfección se reflejaba en el cuerpo humano, así como en el resto de la naturaleza.



El hombre de Vitruvio
dibujado por Leonardo da Vinci

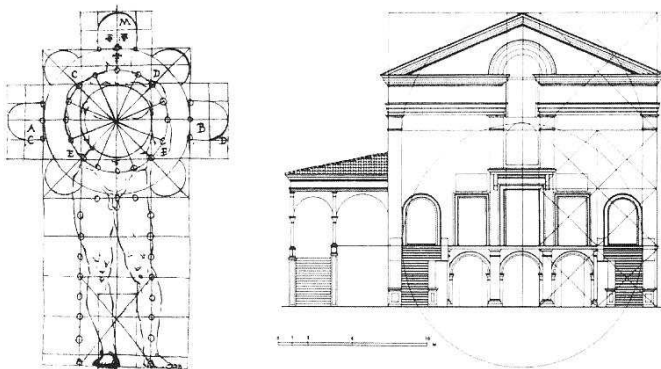
9 Vitruvio, De Architectura, III 1.4

10 «por ser la Belleza cierta armonía y concordancia de todas las partes de un todo según una ajustada relación de modo que nada pueda quitarse, agregarse o cambiar sin hacerlo menos probable.» Leon Bautista Alberti, De Re Aedificatoria, Los diez libros de la arquitectura (1485), Akal, Madrid, 1991.

En consecuencia, el hombre buscaba la armonía con el orden cósmico en general. El ideal «clásico» que expresa la imagen de un universo ordenado y armonioso encuentra su fundamento en la geometría euclidiana. La **subdivisión** de una estructura arquitectónica en una totalidad de unidades espaciales proporcionales más pequeñas, seguía el concepto de subdivisión del universo explicado por Platón en el *Timeo*¹¹. Las proporciones pitagóricas y la geometría euclidiana ayudaban a concretar la correspondencia del macrocosmos y el microcosmos, del universo divino y el mundo creado por el hombre.

11 «Cada parte debe ser medida y unida a las otras por medio de líneas, ángulos, trazos, juntas y enlaces, y nunca descuidadamente sino con una ordenación exacta y bien determinada.» Leon Bautista Alberti, *De Re Aedificatoria*, Los diez libros de la arquitectura (1485), Akal, Madrid, 1991.

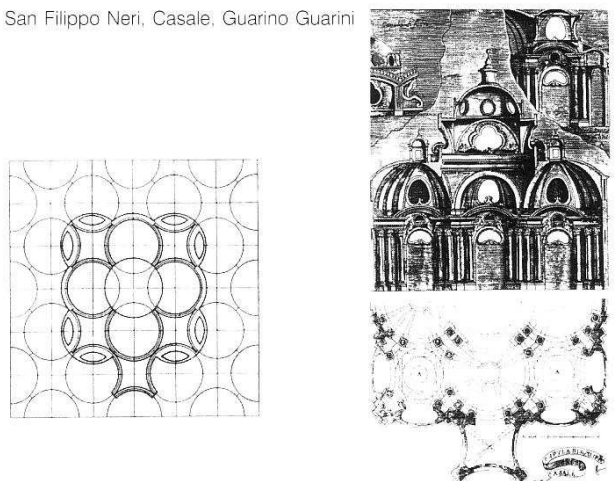
Planta de iglesia en cruz latina proporcionada con las dimensiones del cuerpo humano. Giorgio Martini
Trazado regulador de San Sebastiano, Mantua, L. B. Alberti



En la época barroca, la totalidad de los aspectos naturales fueron tenidos en cuenta. Se entendió que **orden y azar eran parte de una totalidad dinámica**. Esta arquitectura es una síntesis de opuestos: espacio y masa, movimiento y quietud, estrechez y extensión, proximidad y distancia, vigor y gracia, grandiosidad y delicadeza, ilusión y realidad, obra del hombre y de la naturaleza. La pulsación de células interdependientes e interpenetrantes y los organismos palpitantes combinan el dinamismo del ser vivo con la sistematización geométrica. Guarino Guarini (1624-1683), por ejemplo, si bien trabajó a partir de estructuras geométricas muy precisas, logró expresar dinamismo en sus plantas que dan a las ideas barrocas de extensión y movimiento una nueva interpretación dinámico vital. El sistema era abierto ya que podrían agregarse otros espacios o células («ars combinatoria»). Guarini consideraba el movimiento palpitante como una cualidad básica de la naturaleza, diciendo que «la acción espontánea de dilatación y contracción no está regida por principio alguno, pero está presente en todo el organismo humano.»¹²

12 Guarini, Guarino, *Placita Philosophica*, Paris, 1665.

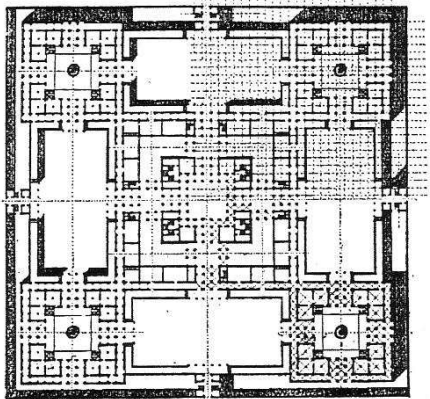
San Filippo Neri, Casale, Guarino Guarini



En el siglo XVIII hay una **búsqueda de formas esenciales**, en un intento por encontrar los valores «auténticos» y «originales» de la «edad de oro» en la que el hombre vivía en estrecho contacto con el «genuino orden de la naturaleza». Según Fournay, «la arquitectura debe regenerarse mediante la geometría». En los proyectos de la época hallamos cantidades de formas geométricas puros. El universo es concebido como algo sumamente abstracto donde la naturaleza estilizada quiere parecer más natural que la naturaleza misma. Claude-Nicolas Ledoux (1736-1806) utiliza proporciones modulares y geométricas, trazados, frecuentes secciones áureas y el uso de las figuras simples: cuadrado, triángulo, círculo, pirámides, cubos, cilindros, esferas, etc.¹³ Estas formas simples están cargadas de simbolismo: la elipse (la rotación de los planetas), la pirámide (las llamas), la esfera (la Tierra), los círculos (las frutas, las ondulaciones de una piedra arrojada al agua, etc.) Las plantas son simétricas en todos los sentidos y conformadas por estas formas geométricas.

¹³ "El círculo y el cuadrado, estas son las letras del alfabeto que los autores emplean en los textos de las mejores obras." Ledoux, Claude-Nicolas, *L'architecture considérée sous le rapport de l'Art, des Mœurs et de la Législation*. Paris, 1806.

Trazado cuadricular de la Ville de Chaux, Claude-Nicolas Ledoux



John Ruskin, en "Las Siete Lámparas de la Arquitectura" (1849), nos expone la relación ideal entre belleza y forma natural. De la observación del universo deduce imágenes formales que pueden ser injertadas en el edificio: el arco de medio punto es la bóveda celeste, el arco apuntado, la hoja. Todas las reglas se encuentran representadas en algún lugar de la creación natural. Son **analogías biomórficas** de la forma arquitectónica con respecto a la naturaleza. Para Ruskin, la vida es el verdadero comienzo de toda la arquitectura. Sólo la naturaleza puede dar al género humano todas las respuestas: **vitalidad de distorsión, abigarramiento orgánico** y el recto empleo de los materiales y colores.

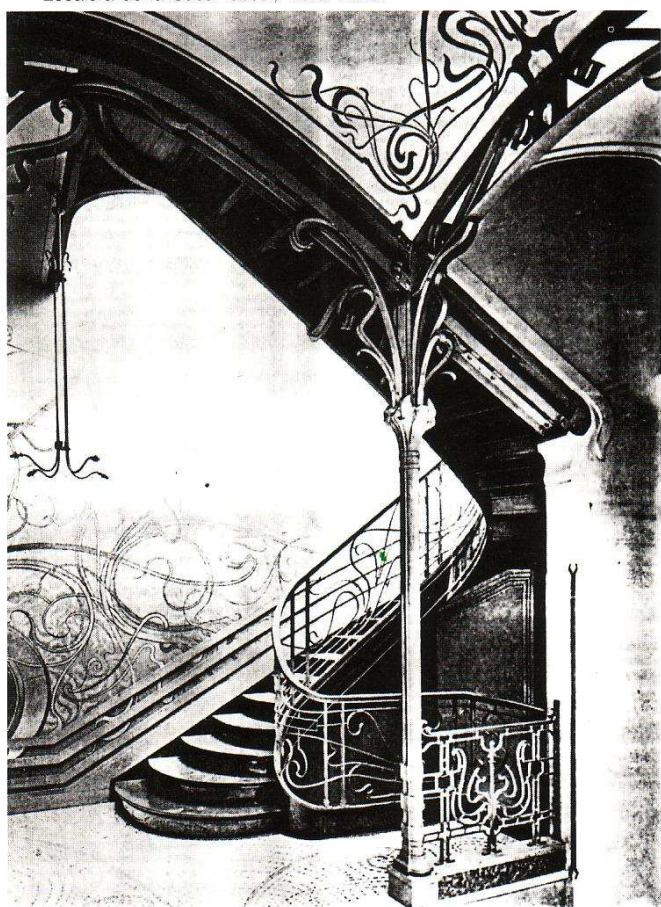
A fines del siglo XIX, Robert Vischer desarrolla la **teoría de la empatía** o *Einfühlung*. En su libro "Sobre el sentimiento de la forma visual" (1872), intenta explicar la contemplación estética de la naturaleza como el «percibir la naturaleza animada por algo similar a nuestro sentir humano, y más aun, formando una unidad con él.» La empatía representa el deseo humano de formas naturalistas, orgánicas. Vischer considera el sentimiento como una actividad espiritual que asume sus formas del exterior, como símbolos de su propia vida, a causa de la empatía que siente por ellas, de la analogía entre sus propios sentimientos íntimos y las formas exteriores, y de su impulso panteísta de unión con el mundo. Si bien los estudios sobre proporciones continuaron la antigua tradición basada en el paralelismo existente entre el desarrollo de las leyes matemáticas de la naturaleza y el de la arquitectura, con la *Einfühlung* el elemento matemático pierde su valor de símbolo abstracto para asumir un significado de ritmo orgánico, de elemento de relación entre arquitectura e individuo.

El Art Nouveau y su inspiración en las formas naturales para los ornamentos, la expresión de los efectos de crecimiento y tensión traen a la mente el interés contemporáneo en la «empatía», la fascinación por las analogías orgánicas y el aprecio por las formas naturales combinadas con una frescura y exotismo deliberado.

«La línea es una fuerza que actúa de manera similar a las fuerzas naturales elementales... Actúan en estas líneas, las mismas fuerzas que en la naturaleza están presentes en el viento, en el fuego y en el aire. El riachuelo que choca contra una piedra opuesta a su curso cambia de dirección y dirige sus aguas hacia la orilla contraria, de la que excava y desmenuza los márgenes. Los vientos que soplan sobre las poderosas cimas de las montañas se rompen contra esos macizos indestructibles y el fuego, encendido bajo las bóvedas de piedra se extiende, corre y se lanza a la búsqueda de un desahogo».¹⁴

14 Van de Velde, Hacia un nuevo estilo, 1902.

Escalera de la Casa Tassel, Victor Horta



Wilhelm Worringer en su libro *Abstracción y Naturaleza* (1908), considera la empatía en una perspectiva más amplia, es decir, prescindiendo de los aspectos morfológicos de sus manifestaciones en el lenguaje figurativo. Existe en el hombre una exigencia psicológica que lo empuja hacia lo orgánico, que determina en él una relación de simpatía hacia lo bello por naturaleza y una exigencia opuesta hacia la perfección matemática y la objetividad de las formas regulares. El hombre se enfrenta a un «extenso, desconectado y desconcertante mundo de fenómenos», a un caos en suma, y se siente perdido en el universo. Este le atormenta y le provoca una «inmensa necesidad de tranquilidad eliminando la arbitrariedad del mundo exterior para purificarlo hasta su valor absoluto». Esta **abstracción** ayuda al hombre a habitar en el caos de la realidad.¹⁵ Worringer, en lugar de limitar el campo de interés de la *Einfühlung*, lo extiende desde las posibilidades expresivas de las formas orgánicas a las de origen abstracto o geométrico, o sea teniendo en cuenta ambos aspectos.

En el siglo XX, nos encontramos con dos tendencias que son representativas de los dos paradigmas naturales: el racionalismo, del modelo del orden y el organicismo, del modelo de los procesos. Al darse contemporáneamente comienza una lucha frontal entre paradigmas¹⁶. En 1928, en la fundación de CIAM en La Sarraz, el enfrentamiento entre tendencias personificadas por Le Corbusier y Hugo Häring tomó la forma de una discusión entre la geometría pura y la forma libre, entre la disciplina que determina el producto arquitectónico mediante el uso de formas geométricas puras, y el proceso que consiste en «interrogar las cosas y hacerles desplegar su propia forma»¹⁷ sin imponerles disciplinas externas a sí mismas. Le Corbusier ganó ampliamente y sus ideas dominaron el desarrollo arquitectónico de los años subsiguientes.

15 «No puede dejar de surgir como suprema necesidad mental y espiritual, la urgencia de valores absolutos que liberen al hombre de la confusión caótica de las impresiones visuales y mentales...» Worringer, W. op.cit.

16 que siempre marca las rupturas epistemológicas.

17 Hugo Häring, *Itinerarios hacia la forma*, 1925

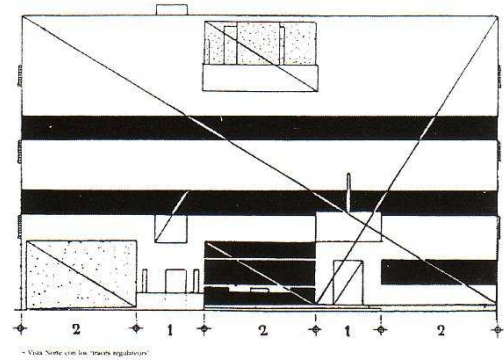
Para el racionalismo, la geometría es la disciplina que organiza y ordena la arquitectura interrelacionando las diversas partes de la edificación, para lograr esa armonía entre el todo y las partes de la que hablaban los tratadistas clásicos. Cubos, conos, esferas, cilindros y pirámides son grandes formas primarias. Estas formas son las formas más bellas ya que son fáciles de leer.¹⁸

Le Corbusier usa trazados reguladores. En la base de este control está la convicción de que en la arquitectura sólo pueden garantizarse relaciones armoniosas cuando todos los elementos de un edificio se ajustan a ciertas relaciones numéricas que guardan una vinculación constante con todas las demás del edificio. Al igual que las leyes clásicas de la proporción, el Modulor¹⁹ de Le Corbusier, es la matriz de la forma o estructura creativa que pretende ser un instrumental de aplicación general en la arquitectura y una técnica para, con su ayuda, conseguir una **medida** armónica en el proyecto. La forma que nace está vinculada a una matriz que permanece invisible, dado que únicamente es utilizada como herramienta auxiliar y como medio que contiene ideas. La matriz de producción responde a la voluntad de **homogeneidad**. Sin embargo, todos estos principios tienen la base en un profundo estudio de la geometría de la naturaleza de la cual se extraen racionalmente leyes generales.²⁰

18 «La geometría: los ejes, los círculos y los ángulos rectos, todas estas cosas son verdades de la geometría... La geometría es el lenguaje del hombre.» Le Corbusier

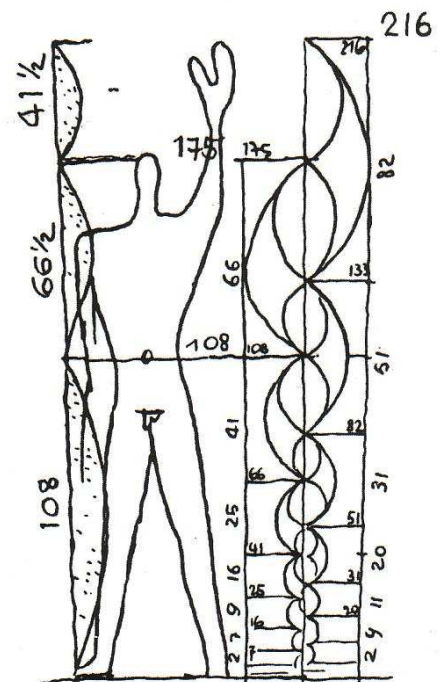
19 Modulor= módulo+sección de oro. Sistema de medidas ideado por Le Corbusier basado en el cuerpo humano y la sección áurea.

20 «Desearía que los arquitectos -no sólo los estudiantes- tomaran un lápiz para dibujar una planta, una hoja, expresar el espíritu del árbol, la armonía de una conchilla, la formación de las nubes, el juego tan rico de las olas que se extienden sobre la arena y descubrir las expresiones sucesivas de una fuerza interna para que la mano (con la cabeza por detrás) se apasione por esta búsqueda íntima.» Le Corbusier, 1936, a los arquitectos sudafricanos.



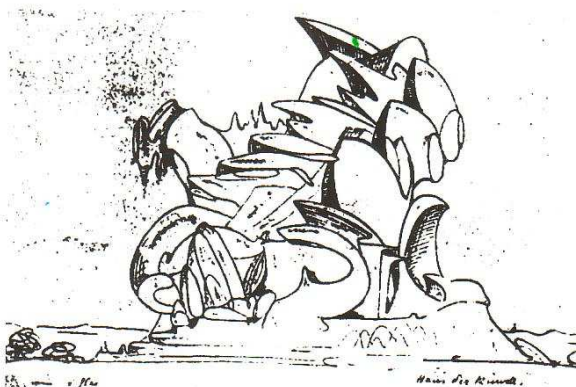
Trazado regulador de la Villa à Garches de Le Corbusier

Las proporciones del Modulor, Le Corbusier



La arquitectura orgánica es un producto intuitivo, frente a la racionalista como producto del pensamiento; una arquitectura a la búsqueda de lo particular, en oposición a otra que pretende lo universal; una que tiende a la forma múltiple y otra que aspira al sistema, a la regla, a las leyes. O como la define Bruno Zevi, la arquitectura es concebida como "un organismo que **crece** según las leyes de su propia existencia individual, según su orden específico, en armonía con sus propias funciones y con lo que circunda, como una planta o como cualquier otro organismo vivo".²¹ Los rasgos esenciales de la arquitectura orgánica son la unidad en el proceso total de gestación, la imposibilidad de definir elementos separados en su constitución, la intención de comunicar por medios emocionales antes que intelectuales. Uno de los mayores defensores de esta arquitectura fue el alemán Hugo Häring.

«En la naturaleza la forma es el resultado de un ordenamiento de muchas cosas particulares en el espacio, de un despliegue vital y de una adecuación funcional tanto de lo singular como de la globalidad. Por lo tanto, cuando tratamos de llegar hacia la forma y repudiamos las formas impuestas estamos de acuerdo con la naturaleza... Es erróneo conducir a las cosas hacia figuras geométricas o cristalinas, porque con ello les hacemos violencia (como lo hace Le Corbusier). Las figuras geométricas no son formas ni figuras originarias. Por el contrario, son abstracciones, estructuraciones obedientes a leyes. La unidad que erigimos sobre la base de figuras geométricas desde fuera de la forma de las cosas, en más de un caso, no es sino una unidad de forma, no una unidad de lo viviente.»²²

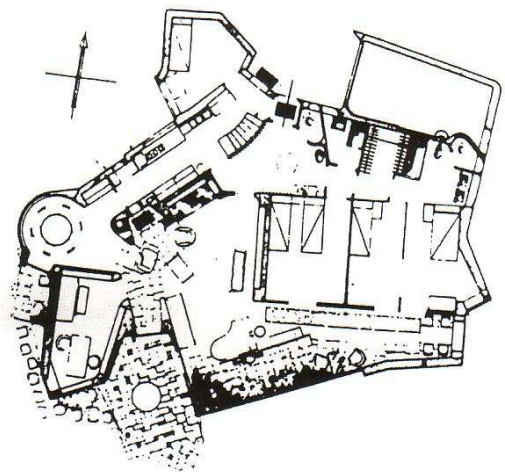


Este debate orgánico/racional, esta oposición entre razón/intuición, universal/particular, geométrico/perceptual, marcó profundamente la arquitectura del siglo XX. Un tercer paradigma abre ahora nuevas vías de investigación en la difusa frontera que separa orden y caos.

21 Bruno Zevi, *Hacia una arquitectura orgánica, Towards an Organic Architecture*, Londres, 1950

22 Hugo Häring, op. cit.

Hermann Finsterlin, diseño arquitectónico
Hugo Häring, casa



La sospecha de **un nuevo orden geométrico** ya está germinalmente en los grandes maestros del Movimiento Moderno, sobre todo Le Corbusier : «en el día de hoy, a la hora de una geometría no euclidiana, la concepción del tiempo y del espacio es forzosamente distinta a las de los siglos pasados.»²⁴ Y Mendelsohn relaciona su obra con los nuevos conceptos de la teoría de la relatividad de Einstein sobre materia y energía : «A partir del reconocimiento de que las dos concepciones hasta ahora mantenidas por la ciencia en compartimentos separados -materia y energía- son sólo distintas concepciones de la misma sustancia básica, de que en el universo nada hay sin relatividad respecto al cosmos, sin conexión con la totalidad; a partir de ese momento, los ingenieros han abandonado la teoría de la materia muerta y se han volcado al servicio respetuoso de la naturaleza.» También Alvar Aalto dice que se pueden reunir elementos contradictorios en un conjunto armónico.

Más tarde los Smithson y el Team X también plantearon el tema del desorden en la arquitectura. Los sistemas libres, «a medias abierto y a medias cerrado» liberarán la estructura urbana mediante la dispersión. El proceso de desintegrar en fragmentos y reunir está en la base del sistema creativo. La manera de humanizar el entorno es descubrir cómo se fragmenta, de modo que se pueda llegar al núcleo de la síntesis. El arte del diseño del entorno reside en encontrar las **líneas de ruptura**.

Robert Venturi, desde Complejidad y Contradicción en Arquitectura²⁵, plantea nuevamente la inquietud. Su libro se convirtió en un alegato en favor de una vía híbrida y ambigua: «Defiendo la vitalidad confusa frente a la unidad transparente. Acepto la falta de lógica y proclamo la dualidad... Me gusta la complejidad y la contradicción en arquitectura. Pero me desagrade la incoherencia y la arbitrariedad de la arquitectura incompetente y las complicaciones rebuscadas.»

²⁴ Le Corbusier, El Modulor 2, Poseidón, Buenos Aires, 1960.

²⁵ Venturi, Robert, Complejidad y contradicción en arquitectura, G. Gili, Barcelona, 1966.

La **complejidad** de la forma para Venturi es resultado de las distintas maneras en que puede leerse e interpretarse. El origen de la ambigüedad y de la pluralidad está en la capacidad de algunos elementos arquitectónicos de expresar varios significados a la vez, la capacidad de los espacios de tener dobles funciones, el establecimiento de un orden compositivo y a la vez su transgresión, las suaves contradicciones adaptadas y las impactantes contradicciones yuxtapuestas a base de superposiciones, inflexiones e interpretaciones, etc.²⁶

La cita histórica, la idea del aplique, el collage como método compositivo, la estética del ready-made, la decoración de la epidermis, fueron las estrategias para lograr la complejidad. Las tensiones, discontinuidades, fragmentaciones, yuxtaposiciones, dualidades se han de integrar en una difícil unidad inclusivista. Según Venturi, es la ironía la que permite entender que nada es lo que parece y que causas casi invariables comportan resultados inesperados.

Durante los años '70 y '80, la discusión de la arquitectura giró por un lado, alrededor de la multiplicidad de significados y por el otro, acerca de la participación de los usuarios, y en cómo la arquitectura como un orden rígido, los condicionaba. La búsqueda del desorden se orientó a la multiplicidad de los significados y usos de la arquitectura. Según Herman Hertzberger «...todo el sistema represivo del orden establecido es una institución para evitar los conflictos; protege a los ciudadanos de las singularidades de los otros, pero actúa por encima de ellos. Es por eso que hay un temor dominante en cuanto al desorden, la confusión y lo inesperado y que prefiere la distancia a la interacción... Diseñar de tal manera que sean posibles varias interpretaciones debería significar no sólo que las cosas que hagamos puedan desempeñar varios roles, sino también que sus usuarios, de esa manera sean alentados a desempeñar más roles.»²⁷

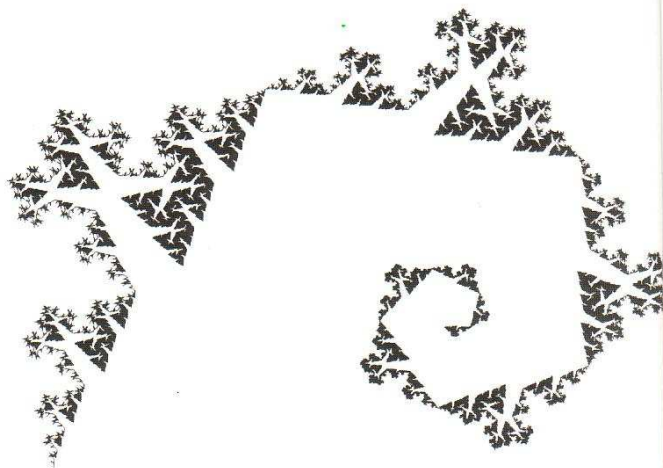
²⁶ «Una sensibilidad paradójica permite que aparezcan unidas cosas aparentemente diferentes y que su incongruencia sugiera una cierta verdad... La percepción simultánea de un gran número de niveles provoca conflictos y dudas al observador y hace la percepción más viva.» Venturi, R. op.cit.

²⁷ Hertzberger, Herman, El deber para hoy: hacer formas más hospitalarias, en Summarios 18, Abril 1978, Buenos Aires.

la complejidad

El mundo es hoy considerado como un conjunto complejo de fuerzas mutuamente interactuantes, no como un mecanismo de relojería. Los nuevos pensadores centran el énfasis en la visión global, no fragmentaria, en las relaciones de retro-alimentación entre los subsistemas y el todo.²⁸ Este modelo remitido a concepciones alternativas del mundo, si bien no niega los paradigmas anteriores, los flexibiliza y amplía incluyendo sus posibilidades opuestas, laterales y aun las más inauditas e insospechadas.

Ante la oposición dialéctica de principios: apolíneo/dionisiaco, clásico/barroco, llenos/vacíos, orden/caos, planteamos ahora la existencia de un tercer paradigma como una iniciativa integradora de la multiplicidad, pero que además tiende a suministrar un orden, todo lo complejo que se quiera, siempre caracterizado por la salvaguardia de las peculiaridades de todo fragmento o elemento. Este orden se encuentra en todos los niveles de complejidad. Cuanto más compleja es la estructura, mayor es la necesidad de orden y más admirable su realización, ya que es más difícil de obtener. Una nueva visión del mundo actual admite la co-existencia de principios antagónicos, supera las dicotomías planteadas y explora los intersticios existentes entre ellas. El **paradigma de la complejidad** vincula principios o nociones antagónicas, que deberían repelerse, pero que son indisociables e indispensables para comprender una misma realidad, para concebir los procesos organizadores y creadores.



Complexus significa "que está tejido junto"²⁹. El pensamiento complejo es un pensamiento que trata a la vez de vincular y de distinguir, pero sin desunir. El planteamiento consiste, por el contrario, en efectuar un ir y venir incesante entre certidumbres e incertidumbres, entre lo elemental y lo general, entre lo separable y lo inseparable. No se trata de abandonar los principios de orden y lógica, sino de integrarlos en un esquema más vasto y más rico. El pensamiento complejo es, esencialmente, el pensamiento que es capaz de reunir, contextualizar, globalizar, pero reconociendo lo singular, lo absoluto y concreto.

Complejidad significa multidimensionalidad, es decir respetar las diversas dimensiones de la realidad. El paradigma de complejidad une las diferencias, que son necesarias para establecer vínculos o interrelaciones, superando las nociones de jerarquía.

28«En contraste con la visión del mundo mecánica y cartesiana, la visión del mundo emergente de la moderna física puede ser caracterizada por palabras como orgánica, holística y ecológica... El universo no es visto como una máquina, hecha de una multitud de objetos, sino como un indivisible y dinámico todo cuyas partes están esencialmente interrelacionadas y puede ser entendido solo como modelo de un proceso cósmico.... Esto demuestra que no podemos descomponer el mundo en pequeñas unidades con existencia independiente. Mientras penetramos en la materia, la naturaleza no muestra bloques de construcción aislados, sino que aparece como una complicada madeja de relaciones entre las variadas partes de un todo unificado. Capra, Fritjof, The turning Point, 1982, Londres.

29 Morin, Edgar. Introduction à la pensée complexe, ESF éditeur, 1990, Paris.

el tercer paradigma

«Entre el dominio del caos incontrolado y el orden excesivo de Euclides hay a partir de ahora una nueva zona fractal.» Benoit Mandelbrot

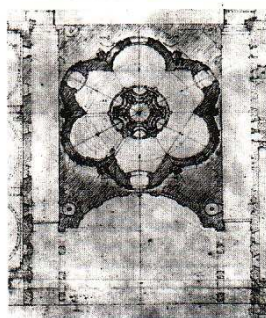
En el siglo XX el concepto de universo idealizado se derrumba y tras el equilibrio aparente surge una nueva visión de la naturaleza que aprecia la **complejidad de las relaciones**. Diferentes teorías como la de la relatividad, la mecánica cuántica, la termodinámica, ponen en duda la concepción mecanicista del universo. El mundo inquietante de Gödel, de los fractales, de los conflictos de información no completa, de la teoría de las catástrofes, de las geometrías no euclidianas, no permite apoyarnos en la certeza de una lógica matemática única, pero sí encontrar un orden dentro del aparente caos universal.

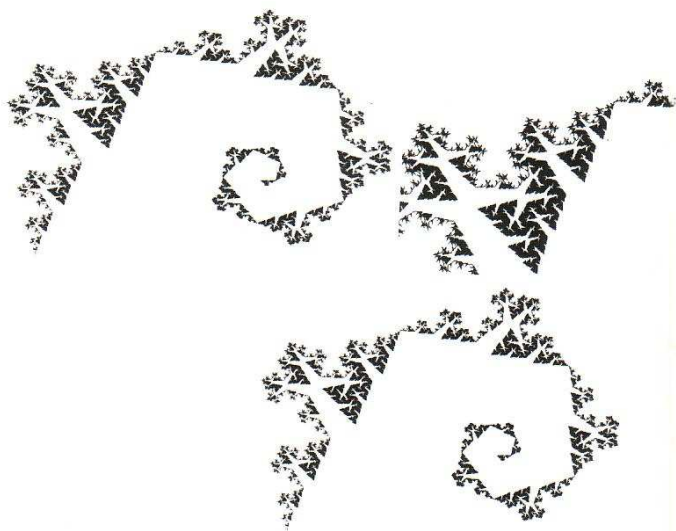
El tercer paradigma implica una nueva concepción de la naturaleza: un paseo en la frontera entre caos y orden, entre el azar y la necesidad. En el universo, las fluctuaciones, el desequilibrio y el azar generan un orden diferente donde leyes deterministas y simples pueden producir un comportamiento tan complejo e irregular que parece aleatorio. Esto significa que una pequeña variación en las condiciones iniciales puede conducir a una desviación extremadamente grande en el resultado final.²³ Este fenómeno ha sido denominado caos y está extendido al funcionamiento de todo el cosmos. Cuando los científicos actuales utilizan la palabra "caos" no se refieren a la ausencia total de orden, sino al nuevo orden que están descubriendo en un universo aparentemente desordenado a los ojos de la ciencia anterior. Los científicos han adoptado esta palabra, tal vez desacertadamente, para describir los fenómenos a la vez complejos e imprevisibles, pero que están lejos de carecer de forma o estructura. Además sus leyes subyacentes son de una gran simplicidad.

A pesar de que la ciencia toma conciencia de la coexistencia de principios antagónicos en este siglo, la dialéctica entre **caos aparente y rigor subyacente** no es algo nuevo en el campo arquitectónico. Veamos por ejemplo, las exploraciones del espacio arquitectónico de ese maestro del sutil arte de la paradoja que fue Francesco Borromini (1599-1667). El utilizó las oposiciones duales para demostrar como el desorden puede ser representado a través de un vocabulario geométrico y un sistema racional de leyes. Borromini articuló los elementos, subordinándolos a la unidad geométrica y global y desarrollando todo tipo de ambigüedades, inflexiones y tensiones en espacios de dimensiones mínimas. Desde el campo de la teoría, la idea de incluir orden y caos en la arquitectura está planteada por Laugier en el *Essai sur l'Architecture* (Paris, 1753) : «la composición de una obra de arquitectura es susceptible como todas las cosas del espíritu, ... de exactitud y desorden.»

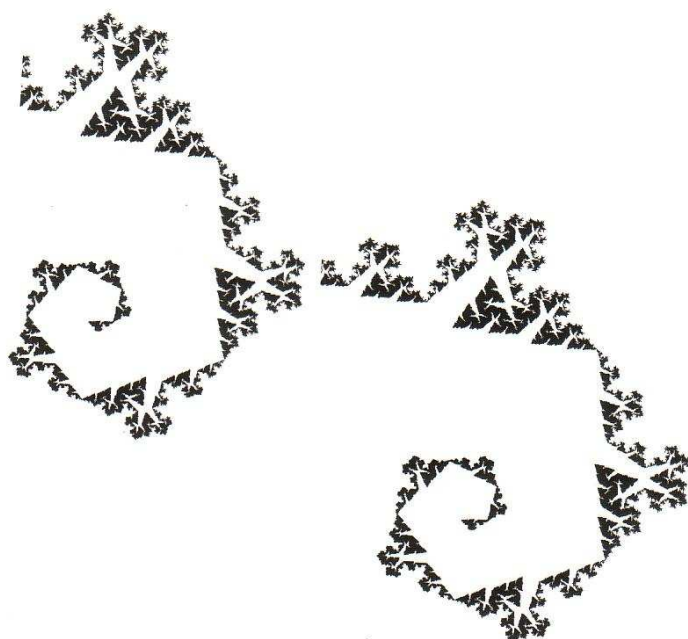
23 Este es el efecto mariposa del que habla la meteorología, para explicar la dificultad de prever las condiciones a largo plazo, basadas en la complejidad de las relaciones. Se dice por ejemplo que el batir de las alas de una mariposa en el Amazonas, provoca un tifón en el Mar de la China.

Sant'Ivo alla Sapienza, Roma, planta y detalle del lucernario, Francesco Borromini





La arquitectura de estos tiempos recientes habla del desorden del mundo contemporáneo, del caos, de las distorsiones y las deformaciones, los repliegues y los intersticios. Es una arquitectura que desea evitar la rigidez del clasicismo y la extrema complejidad del expresionismo. Es una arquitectura que está tratando de plantear una nueva idea de espacio -dinámico y no ortogonal- y unos nuevos métodos de representación alternativos a los métodos ortogonales premodernos que se utilizan convencionalmente. La arquitectura es considerada como lugar de flujos y mutaciones, de los cambios y de los acontecimientos. Pero detrás de estos mecanismos, existe un impulso hacia la coherencia y la consistencia, hacia un orden subyacente que es en realidad un complicado sistema de órdenes superpuestos, intrincados y mutables en sus relaciones recíprocas. La arquitectura actual es compleja, indefinida y tiende a las no-jerarquías. Es por lo tanto imprescindible pensar en alternativas de orden adecuados a la realidad actual, integradas a las tradicionales.³⁰ Frente a esta imagen de la arquitectura donde los puntos de rotura y quiebre ordenan el tiempo y el espacio, donde los sistemas de significados se superponen, hace falta pensar en nuevos procedimientos compositivos en relación con la complejidad.



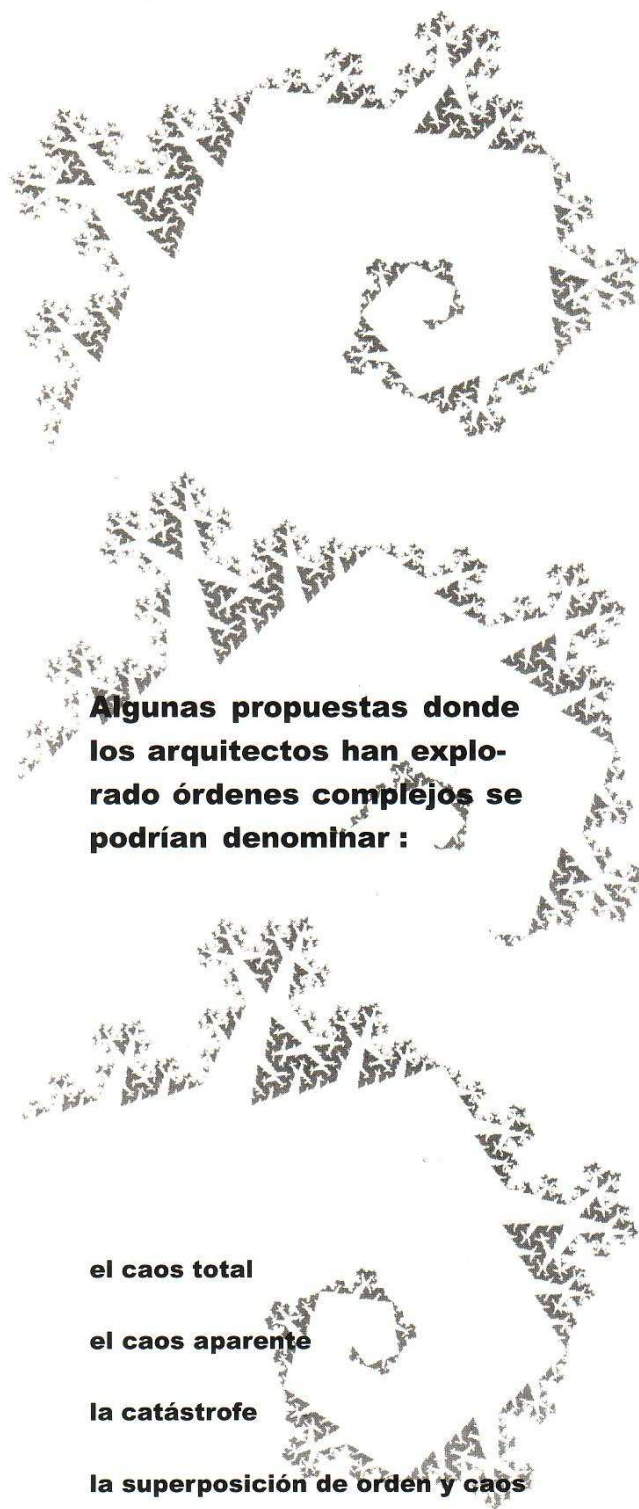
Los dibujos superpuestos, las maquetas, las perspectivas con plantas y los alzados simultáneos, los collages y las simulaciones por computadora, rompen con el circuito cerrado del proceso de diseño y buscan encontrar la interrelación entre orden y caos del tercer paradigma. Los instrumentos utilizados son las perspectivas subjetivas más que globales, la maqueta, la materia, el collage, el símbolo, más que la figuración directa, es lo tridimensional más que lo bidimensional. La planta aparece solo como un elemento terminal de representación y construcción. La consecuencia directa de este proceso es la complejidad espacial.

30 Eisenman por ejemplo, aborda la necesidad de superar la edad clásica que arrancaría del Renacimiento y llegaría a nuestros días. Se trata de entrar en una edad no clásica de la cual aun no conocemos bien las coordenadas. Según Eisenman no hay modelo alternativo. Sólo queda la salida de la búsqueda de un discurso independiente para la arquitectura, la expresión de una arquitectura de ausencias. No se proponen para reconstruir lo que acabamos de rechazar -un modelo para una teoría de la arquitectura- puesto que tales modelos han resultado ser infructuosos. Lo que propone es, más bien, una expansión más allá de los límites que presenta el modelo clásico para poder llevar a cabo una arquitectura como discurso independiente, libre de valores externos -clásicos o de cualquier otro tipo-, que sea la intersección de aquello que está libre de significado, lo arbitrario, y de lo atemporal en lo artificial.

la búsqueda de nuevos órdenes

"Hoy nos esforzamos por encontrar una alternativa absoluta a la herencia clásica del espacio, sentimos que la naturaleza es algo diferente, exigimos a la naturaleza algo distinto de lo que por milenios habíamos pretendido de su materialidad. La naturaleza, según una interpretación propia de nuestro tiempo, puede darnos otro tipo de orden, un orden todavía misterioso, que puede nacer de una relación de síntesis y de análisis del hombre con la naturaleza. La nueva vanguardia debería tener a este problema como su punto de partida... Me ilusiona que la nuestra de hoy pueda ser el alba del discurso que se hará mañana..." Giuseppe Samonà

La arquitectura actual está en busca de una nueva complejidad. Es una arquitectura que construye las contradicciones de la explosión de un espacio dinámico llevado al límite de la fragmentación. Es una arquitectura que está tratando de plantear nuevos métodos de representación alternativos a los que se utilizan convencionalmente. Cuáles son las nuevas reglas del juego? ¿Debemos reinventar los códigos? ¿Cuál es el nuevo concepto de orden? Los arquitectos contemporáneos estamos buscando teorías en que sustentarnos, interrogándonos acerca de lo que estas teorías del caos pueden aportar a la práctica de la arquitectura, investigando hasta que punto podemos manipular o aceptar el caos, hasta que punto podemos permitirle que domine un proyecto. El discurso contemporáneo contribuye a convencernos de la necesidad de búsqueda de definiciones para alcanzar una clarificación epistemológica. La discusión y los planteos actuales sobre conceptos de escala, de orden, de percepción que aparecen en la arquitectura actual son un síntoma de una ruptura de paradigma. Existe un cambio de referencia de problemas de arquitectura. Hablamos de la necesidad de encontrar órdenes alternativos que puedan expresar la complejidad de la arquitectura contemporánea. Frente a esta tendencia hace falta pensar en otros tipos de orden y principios compositivos.



Algunas propuestas donde los arquitectos han explorado órdenes complejos se podrían denominar :

el caos total

el caos aparente

la catástrofe

la superposición de orden y caos

la superposición de órdenes

(colisión de grillas ortogonales, distintos órdenes geométricos, distintos órdenes de cualidades, materiales y formas)

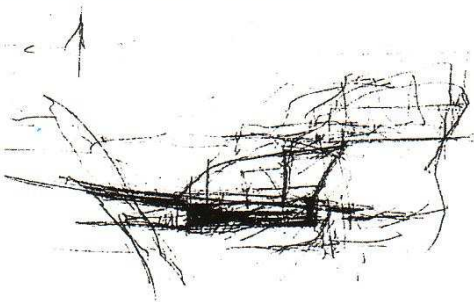
la claridad laberíntica

las nuevas geometrías: los fractales

el caos total

The Open House, (1983) del Coop Himmelblau es un proyecto iniciado con un dibujo garrapateado con los ojos tapados. Con este proceso se intenta eludir los mecanismos de la razón, partiendo de un instantáneo dibujo automático, haciendo aflorar toda la energía que esconde el inconsciente y que condensa la mano. Con el objetivo de conseguir una arquitectura totalmente libre, se abandona cualquier forma preconcebida y se recurre a un proceso fenomenológico.

Croquis intuitivo, Open House, Coop Himmelblau

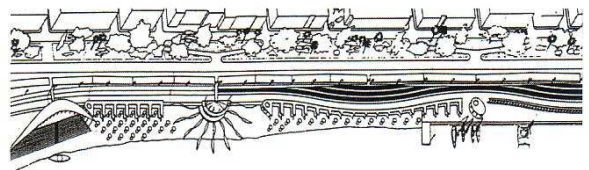


el caos aparente

Alessandro Anselmi en la costanera Reggio Calabria, intenta obtener una «aparente casualidad» para la cual no ha sido suficiente hacer referencia a procedimientos de naturaleza geométrica proporcionales, sino también averiguar experimentalmente sobre las tensiones entre los diversos objetos para que el espacio de separación entre ellos fuera de naturaleza fluida. Las leyes generales de la composición están sometidas obligatoriamente a la «**distorsión**» para adaptarse a los diferentes lugares de la ciudad y la naturaleza. La simple «**deformación**» por la cual el espacio arquitectónico está «obligado» a volverse espacio construido es el dato más profundo y rico de problemáticas positivas para la arquitectura contemporánea. Una deformación implica siempre una forma de referencia y por lo tanto no se pone en contraposición con el sistema geométrico proporcional del cual toma sentido; más bien se podría decir que induce a los sistemas lógicos hacia situaciones límites en un territorio desconocido y fascinante; hacia la búsqueda del último punto, más allá del cual el espacio arquitectónico estalla. Rozar el límite permaneciendo en el interior es un objetivo difícil, ya que hacer explotar el espacio es facilísimo (sobre todo con el uso de la computadora), como demuestran decenas de proyectos contemporáneos. Por otra parte, en el interior de este confín, es posible incluir y -por qué no- comprender el error, lo arbitrario y el caos.³¹

31 «Me gusta integrar y corromper la pureza de nuestras formas contemporáneas.» Anselmi, Alessandro, en La escena urbana, Notas desde el Sur 3, Córdoba, 1994.

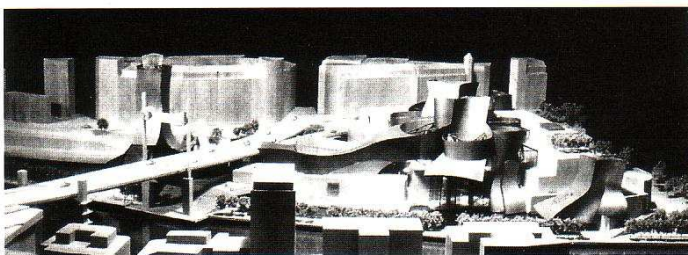
Axonométrica, Costanera de Reggio Calabria, Anselmi



la catástrofe

Es la irrupción del caos en una estructura ordenada. Es la discontinuidad, la ruptura (como en la fachada de la joyería Schullin de Hollein en Viena) y la singularidad dentro del orden. El Guggenheim de Bilbao de Frank Ghery plantea el contraste dramático. Sobre los cajones de piedra caliza explota una cubierta escultórica de planchas curvas. El uso expresionista y biomórfico de los materiales y la plástica organicista logran un dinamismo extremo e inquietante. Pareciera que el edificio no ha podido contener una fuerte energía que se encontraba en su interior.

Museo Guggenheim, Bilbao, Frank Ghery



superposición de orden y caos

Las áreas de orden y regularidad están en armonioso balance con el caos. Esta mezcla de orden y desorden es típica de los procesos naturales y **distintos órdenes geométricos** se presenta como la fusión de lo orgánico y una estructura geométrica.

La Torre Einstein de Mendelsohn es una composición fantástica y biomórfica, una escultura de formas libres, curvadas dentro de las cuales se modelan ventanas y otros detalles como para acentuar el dinamismo general. Sin embargo, la planta es un ejemplo de composición axial y jerarquía funcional. Mendelsohn estaba convencido de que una de las funciones del arte era la de hacer visible un orden espiritual y revelar los procesos y ritmos internos de la naturaleza. Las formas se perciben en estado de tensión extrema, dinamismo y los esfuerzos estructurales se enfatizan y acentúan de modo que las partes y el todo se fusionan. Mendelsohn criticaba la arquitectura aditiva y buscaba en cambio la integración de todos los detalles en los ritmos de una imagen controlada. La tensión de la obra se acrecienta y enriquece gracias a la fusión de lo orgánico con una fuerte armazón geométrica mediante el empleo de ejes.

Torre Einstein, Erich Mendelsohn

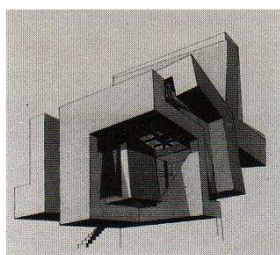


superposición de órdenes

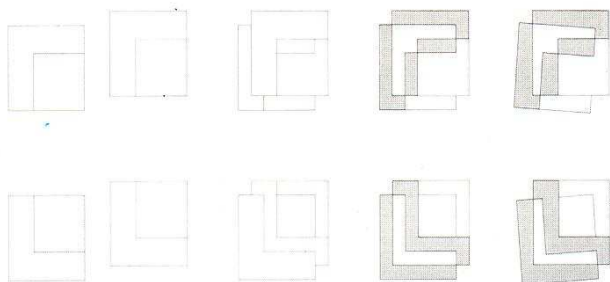
En cada uno de estos proyectos se ha fijado algún tipo de geometría, y por lo menos una más se le superpone para entrecruzarse. El resultado es una serie de intersecciones ambiguas entre sistemas, en donde se desafía el status de las formas ideales y las composiciones tradicionales. Las ideas de pureza, perfección y orden se transforman en fuentes de impureza, imperfección y desorden.

colisión de grillas ortogonales

La casa Guardiola de Peter Eisenman, puede ser vista como la manifestación de un receptáculo donde las huellas de la lógica y la irracionalidad son componentes intrínsecos del objeto-lugar. Existe entre lo natural y lo racional, entre la lógica y el caos. Tiene las cualidades de un accidente controlado. Son sistemas geométricos puros más distorsiones híbridas. Sus formas de L penetran tres planos, siempre entrelazados. Una forma de L diseñada en plano y en sección se «repliega» espacialmente. El espacio replegado ofrece la posibilidad de una alternativa para la retícula del espacio cartesiano. Esta dislocación de la realidad tridimensional produce una dislocación de la visión. Ya no hay más planos reticulados de referencia.



Casa Guardiola, Peter Eisenman
Secuencia de diseño y perspectiva

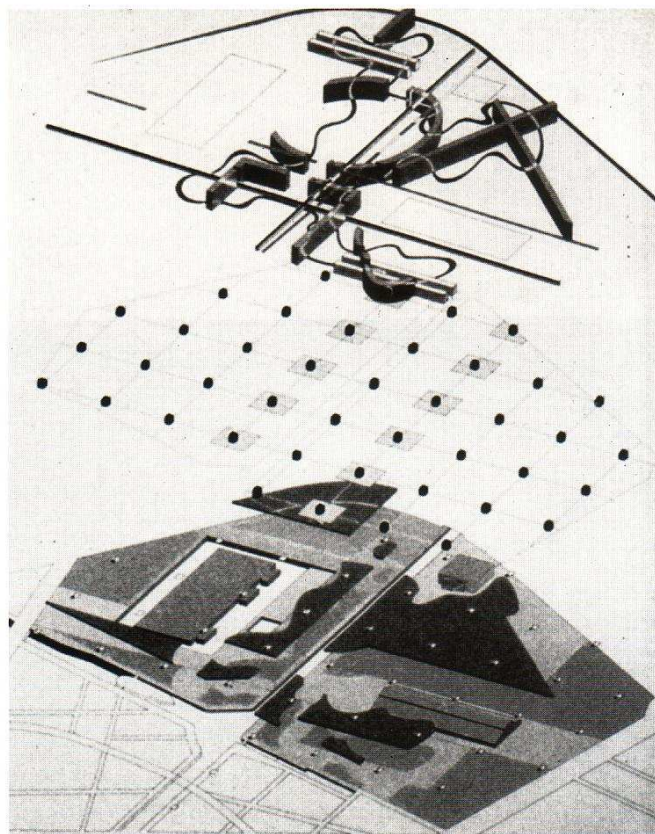


distintos órdenes geométricos

Superposición o yuxtaposición de sistemas autónomos. Superponiendo estas estructuras completamente lógicas en sí mismas y autónomas no se logra una megaestructura supercoherente, se logra un sistema de caos en el que subyace el orden.

Bernard Tschumi ha planteado el parque de La Villette como un nuevo universo autónomo basado en las leyes de la geometría, a partir de la superposición de tres tipos de tramas formales: puntos (convertidos en folies de color rojo, de forma cúbica y de muy diversos usos posibles), líneas (un continuum de recorridos lineales y curvos que al superponerse y cruzarse crean puntos de tensión formal) y superficies (toda una serie de plataformas verdes y volúmenes de diversos usos culturales y lúdicos). Son las superposiciones, interrelaciones y conflictos que se crean al coincidir estas tres lógicas -puntos, líneas y superficies-, las que generan la forma global del parque.

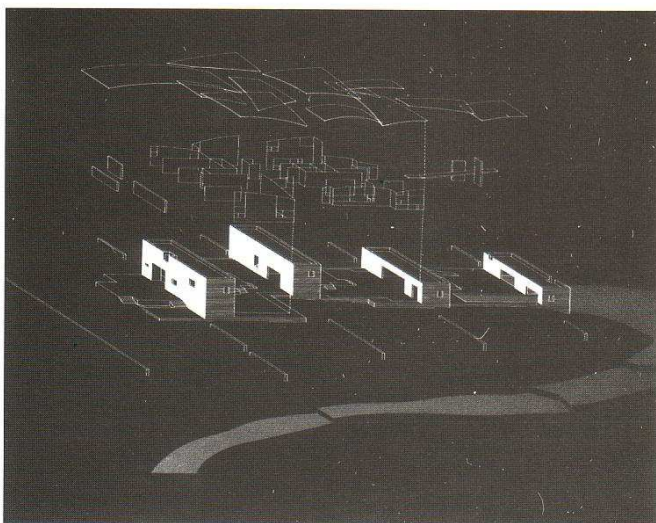
Superposición de líneas, puntos y planos en La Villette



distintos órdenes de cualidades, materiales y formas

En un sitio natural de la gran ciudad de Dallas, Steven Holl encontró la oportunidad de interpretar la superposición. La casa Stretto resulta de la superposición de: el contexto (un curso de agua), el programa (construir una casa-museo para ubicar una colección de obras de arte) y la música (un fragmento de Bela Bartok, donde la melodía, distingue claramente entre lo liviano y lo pesado, las cuerdas y la percusión). En la casa, dos modos de construcción que devienen de la música, son reunidos: la pesada mampostería ortogonal y la envolvente en staccato de las curvas de metal del techo. Entre los dos, "el sople de la luz". Las solicitaciones rítmicas de perspectivas cambiantes, las percepciones, la mirada que se detiene en las superficies cualificadas por las texturas, lo esencial y lo anecdótico, el detalle y la percepción del conjunto, se catapultan en una armonía precisa.

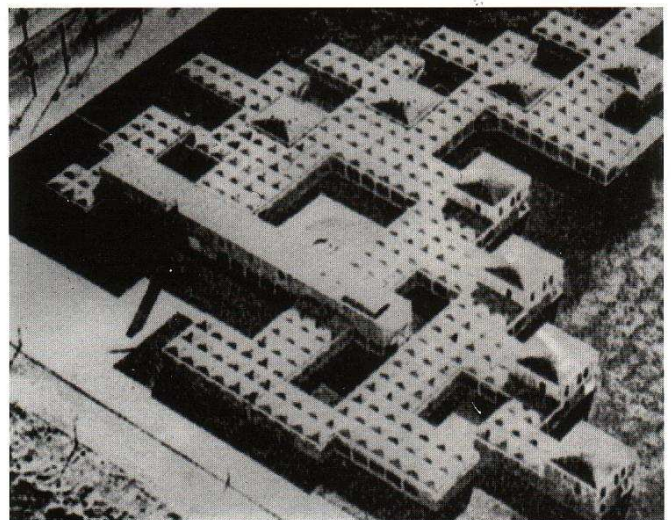
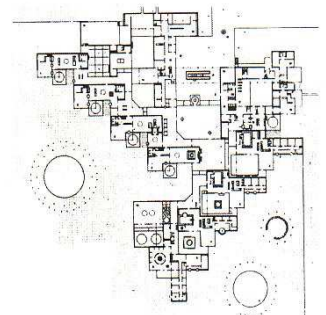
Casa Stretto, Steven Holl, esquema de superposición de órdenes



la claridad laberíntica

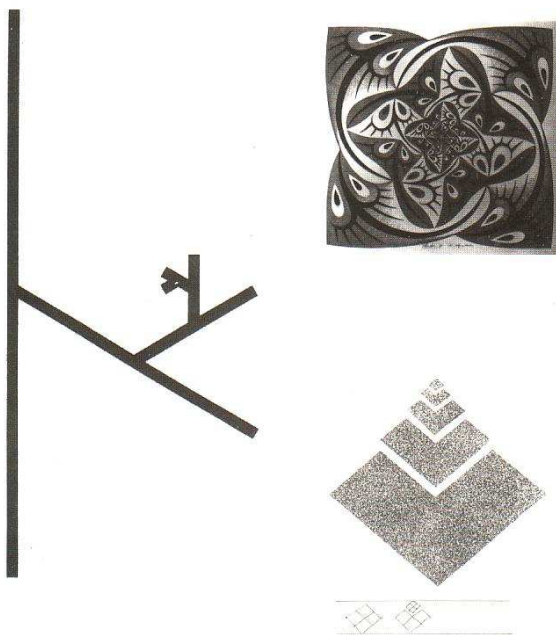
Un caso que no podemos dejar de mencionar es el de Aldo Van Eyck. El arquitecto holandés declara la «búsqueda de una claridad laberíntica», que consiste en lograr la flexibilidad mediante el uso de tramas geométricas. Ya en su Orfanato de Amsterdam (1960), planteaba una reflexión filosófica acerca de sistemas basados en leyes de diseño. Lo llevó a cabo abarcando dos sistemas de ordenación espacial mutuamente excluyentes, el del clasicismo, y el del De Stijl. Como resultado de esta yuxtaposición y colisión, creó una nueva concepción del orden más inclusiva y más compleja. El Orfelinato adopta una forma abierta, soportada en una malla geométrica, configurando las células de los dormitorios, colectivos, las áreas comunes y los espacios de distribución.

Orfanato de Amsterdam, Aldo Van Eyck, planta y maqueta



nuevas geometrías: los fractales

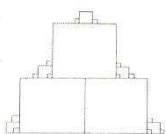
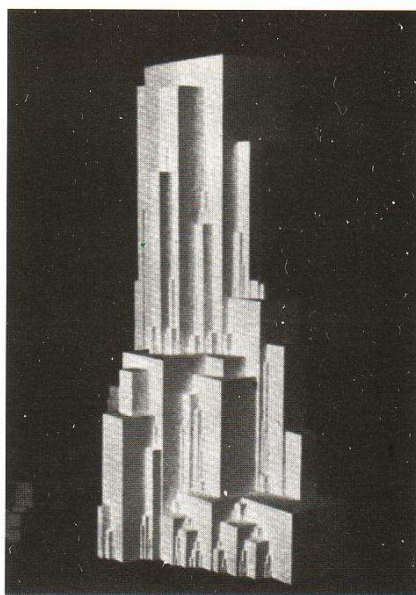
Esta nueva concepción de orden es más compleja. Es alta complejidad basada en sistemas de leyes estrictas y sumamente simples. En el arte ya encontramos algunos antecedentes dentro de esta búsqueda del infinito en las obras de Kasimir Malevitch, M. C. Escher, Max Bill y Bruno Munari.



Max Bill, 1942, dibujo,
Bruno Munari, gráfico en
el libro *Diseño y Comunicación Visual*.

El camino de la vida II, M.
C. Escher, 1958

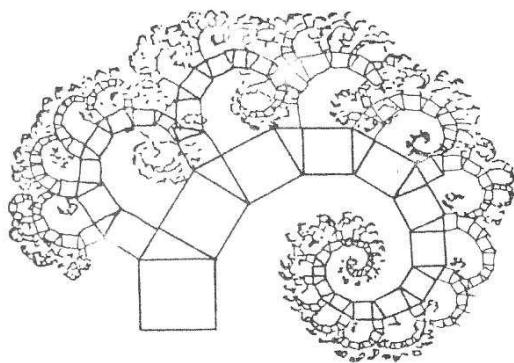
Kasimir Malevitch,
arquitectón



Algunos arquitectos que utilizan esta geometría en el proceso de diseño son: Reima Pietilä, Ferrater-Canosa-Figueras, Peter Eisenman, Daniel Libeskind y Steven Holl. Cada uno hace intervenir los fractales de un modo diverso. Mientras que para Pietilä, los fractales son el inicio del proceso como inspiración y fuente de formas complejas, para Ferrater-Canosa-Figueras, es el modo de hacer crecer su obra junto a la topografía. Eisenman, en tanto, los utiliza como instrumento para cuestionar la idea de escala humana. Para Libeskind el fractal se convierte en un elemento decorativo mientras que Holl los utiliza para organizar una tipología.

reima pietilä

En los '80 el finlandés Reima Pietilä desarrolla teoría sobre la relación entre el orden y el caos en la arquitectura: «la combinación de lo único y lo universal no es ilógico en el campo de la filosofía arquitectónica». Nos dice Pietilä que se puede componer el azar bajo forma de proyecto. Existen conjuntos de reglas y contrarreglas, principios opuestos que gobiernan la composición arquitectónica compleja: tales composiciones en arquitectura nunca son anárquicas aunque carezcan de orden obligatorio. La geometría simple ya no es representativa del orden del cosmos. La visión poética de Pietilä, proviene la observación del elemento natural. Pasó los veranos de los años 1958/59 estudiando la forma de las nubes durante meses y hasta preparó apuntes para una «sintaxis de la morfología de las

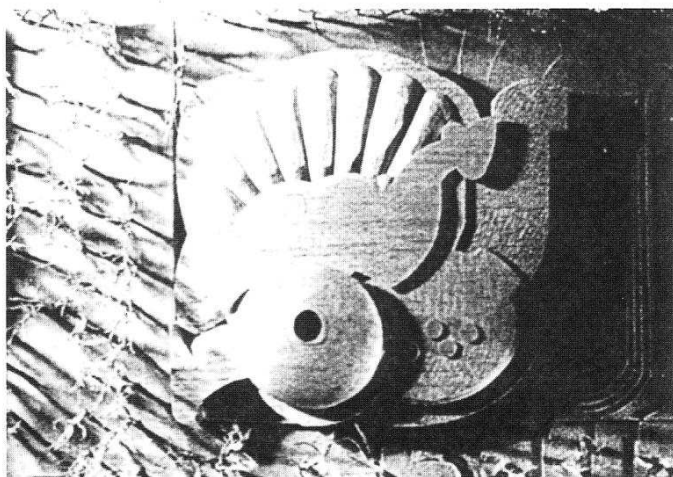
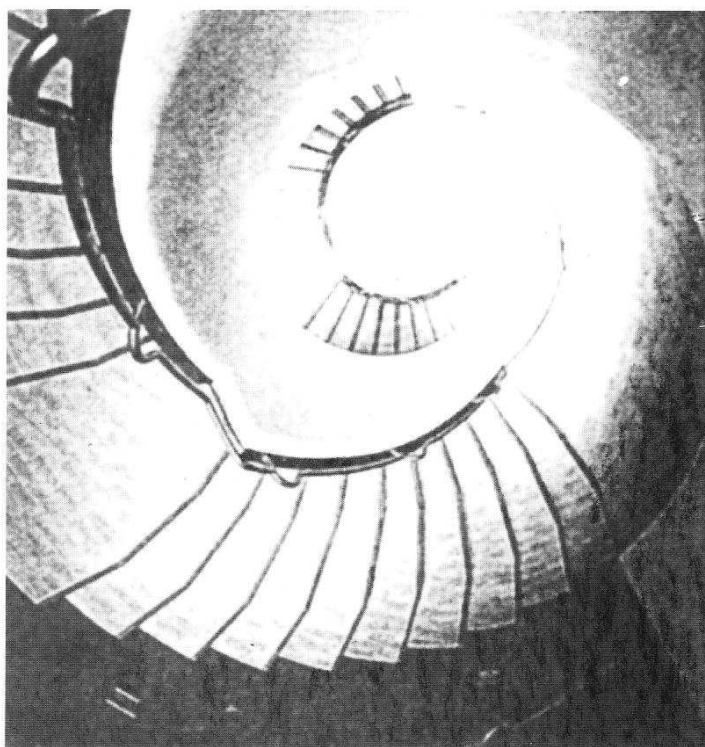


nubes». Como vemos esto ocurrió antes de que en los años '70 el matemático Benoit Mandelbrot determinara que la geometría fractal es la geometría de las formas naturales y el instrumento apropiado para la descripción de costas, nubes y montañas.

En la Biblioteca de Tampere, Pietilä desarrolla un proceso de diseño a partir de un gráfico fractal. El dice que el proceso «comenzó a partir de una rama doblada y en algún momento llegó a parecerse al perfil de una oveja...» A esta geometría de base se le fueron sumando imágenes culturales donde descubre lazos con la antigua historia europea y en algún distante trasfondo el espacio del mundo céltico.

Aunque Pietilä nunca hizo mención al concepto de fractales, es evidente que los usó. El estudio sistemático de la forma de las nubes, el gráfico de la Biblioteca y las referencias constantes a las relaciones entre orden y caos utilizando vocablos bastante específicos en sus escritos nos inducen a pensar que conocía estas ideas. Estas formas le permitían aceptar las condiciones y la realidad actual que hacen a nuestra cultura caótica y rica y tratar de encontrar una consistencia en nuestra abierta pluralidad de arquitecturas.

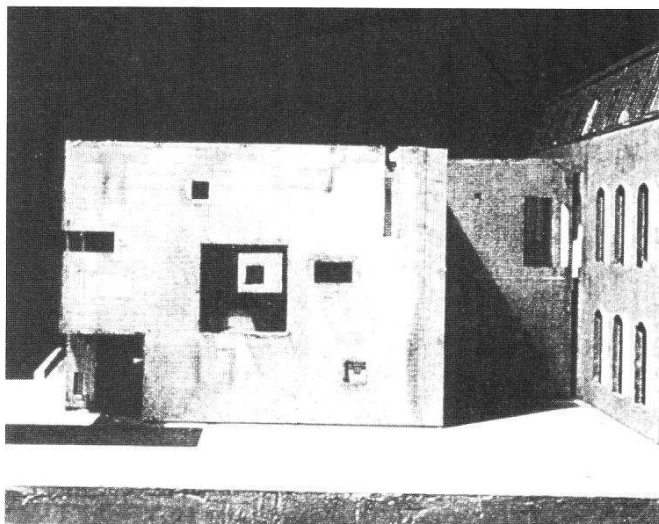
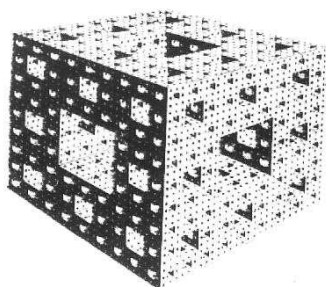
Biblioteca de Tampere, Reima Pietilä, gráfico fractal y escalera.



steven holl

El proyecto contempla la rehabilitación del antiguo Almacén Federal de Suministros Médicos, situados junto a Singel Gracht. La estructura principal es un volumen de cuatro plantas en forma de "U" con dos anexos en la orilla del canal.

El proyecto utiliza pantallas perforadas –desarrolladas en 3D- que son una analogía del principio de la **"esponja de menger"**. Esta consiste en aperturas continuamente horadadas en planos que se aproximan al volumen cero. (ver página 94). El concepto de "Trazados en un Campo Cromático", inscrito en la "esponja" rectangular, consiste en una serie de espacios interiores superpuestos y en perspectiva, animados por "pantallas fenomenológicas de color". Las pantallas constituyen un marco –tanto desde el punto de vista espacial como el de la experiencia- que se utiliza para alojar algunos servicios como la iluminación y las rejillas de entrada y salida de aire.



ferrater, canosa y figueras

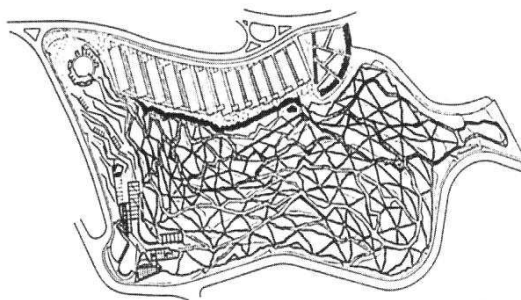
En el nuevo jardín botánico de Ferrater, Canosa y Figueras en Barcelona, la vegetación mediterránea crecerá sobre una malla triangular con resonancias de las geometrías fractales. Se trata también de unas formas casi naturales que nacen de un trabajo ultra-artificial. Coronando el espacio ajardinado, un edificio-puente abre sus brazos hacia otro entorno.

Se crearon las condiciones para que fuera la propia montaña la que hiciera el programa para la formalización del nuevo paisaje. Una malla que constituiría en el territorio una imagen genérica permite organizar con un cierto orden las floras de los países mediterráneos del mundo. Dentro de la malla y según la topografía, cada triángulo acoge las distintas poblaciones vegetales. La malla se adhiere a la topografía a través de "las islas fractales" que dan forma al proyecto. Se construye una imagen escenográfica, que permite, una vez colocadas las poblaciones vegetales, una especie de sección de la naturaleza. Esto permite que, afectando y fractalizando cada uno de los triángulos y levantando sus vértices, se obtenga una cantidad de variaciones de lo que sería el paisaje final.

Los criterios de formalización de la malla de los caminos y las plazas, como toda la red de infraestructura del jardín, el riego, los drenajes, etc., siguen el mismo criterio de formación autosemejante e iterativa de los fractales. Carlos Ferrater explica que "había partido de una idea arbitraria en la conformación de esta malla y acabó apareciendo un orden".³²

³² Ferrater, Carlos, Una visión particular, Notas desde el Sur 4, Córdoba, 1995

Malla triangular en el Parque Botánico de Barcelona, Carlos Ferrater, Josep Lluís Canosa, Bet Figueras



Peter Eisenman trabaja la idea de scaling³³ propia de los fractales, en el proyecto de Romeo y Julieta en Verona, intentado desestabilizar los principios de la geometría occidental, en particular el de escala humana. En ese contexto el scaling contiene dos características desestabilizantes que concurren a lograr la discontinuidad. La primera es la iteración y la segunda la autosemejanza.

El primer aspecto del scaling es la **iteración**. Un cuadrado dividido en cuatro cuadrados, divididos en cuatro cuadrados cada uno es un ejemplo de iteración. Esto ocurre en los trazados reguladores del espacio arquitectónico clásico. Pero allí el módulo de origen de la subdivisión está referido al cuerpo humano. Hay un cambio de dimensiones, pero cada figura nueva está en la misma escala o referencia de origen: la escala del hombre. Es decir que hay una transferencia de propiedad, lo que significa que la propiedad de un cuadrado viene transferida a cuadrados siempre más pequeños o más grandes, pero siempre cuadrados. El scaling fractal en cambio, permite la deformación. Eisenman entonces, incorpora sutiles variaciones fuera de la referencia al módulo inicial.

El segundo aspecto del scaling es la **autosemejanza**, que es producto de la iteración. La autosemejanza implica una transformación de estructura y propiedades. La autosemejanza iterativa cancela la noción del origen, es decir la referencia al cuadrado inicial. Para iniciar el proceso se puede usar cualquier forma o estructura. Entonces no es necesario que una estructura iterativa autosemejante se inicie con la escala del hombre. La iteración autosemejante no tiene como fin la escala humana, sino propiamente lo opuesto, o sea el desestabilizar la noción de escala humana como valor original. El scaling niega la imagen del hombre como base de la puesta en escala.

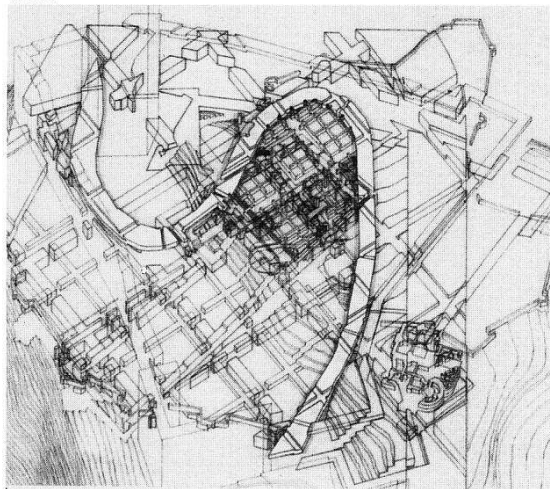
La mutación de dimensiones deviene una operación metafórica. En la metáfora tradicional existe un valor originario extrínseco al objeto (una referencia) que puede ser simbólico, histórico o estético (por

ejemplo, la escala humana). En la metáfora de Eisenman, en cambio, el resultado no tiene valor estético ya que las imágenes se unen sin ningún valor a priori (ciertos juicios como «parece situado» o «se asemeja a un antecedente histórico», no tienen ninguna relación o importancia).

Inscripción (dejar una marca o huella) y superposición son tácticas del scaling. La inscripción de las marcas de las distintas escalas permiten ir revelando sucesivamente diferentes realidades. La resultante no puede ser predicha simplemente de la inscripción de A sobre B. Es sólo gracias a una particular inscripción -decimos la superposición de A sobre B- que el resultado es C. Cuando A está inscripta sobre B, se intenta encontrar la incógnita, escondida o reprimida en C y no en el simple evento de A sobre B. El scaling fractal produce finalmente la idea de la **discontinuidad**, opuesta a los ideales de la arquitectura clásica.

En esta arquitectura entendida como un palimpsesto, se introducen huellas del proceso. Aquí la arquitectura no cierra ni unifica, sino que abre y dispersa, fragmenta y desestabiliza, es una exploración de su relación con las mutantes concepciones de la naturaleza y el pensamiento del hombre.

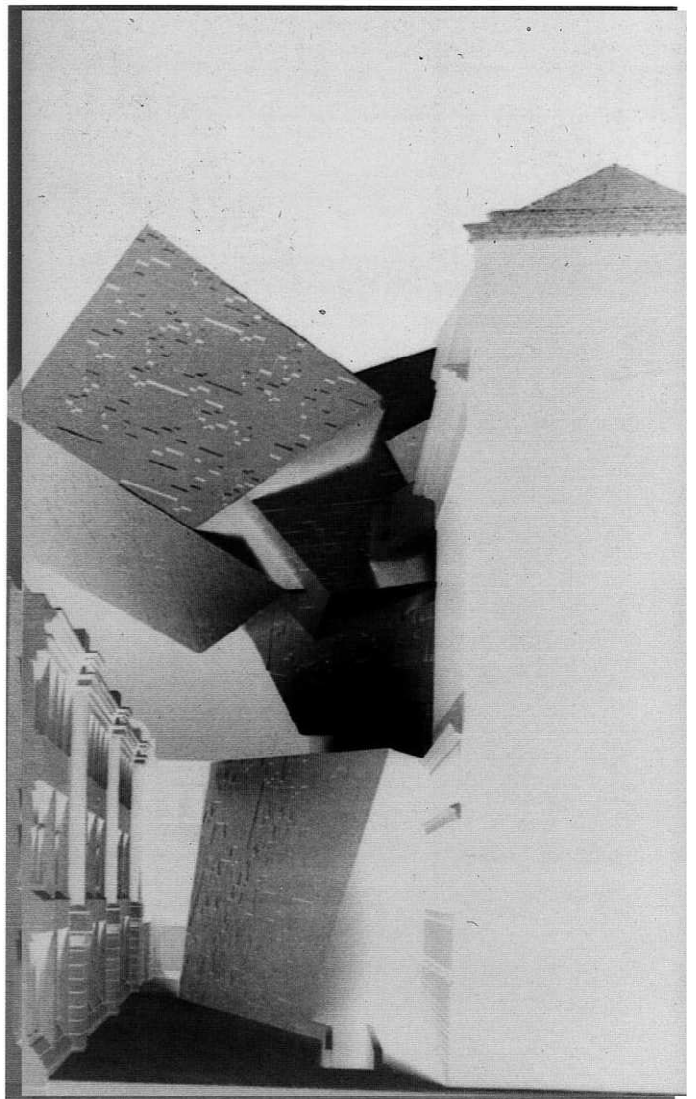
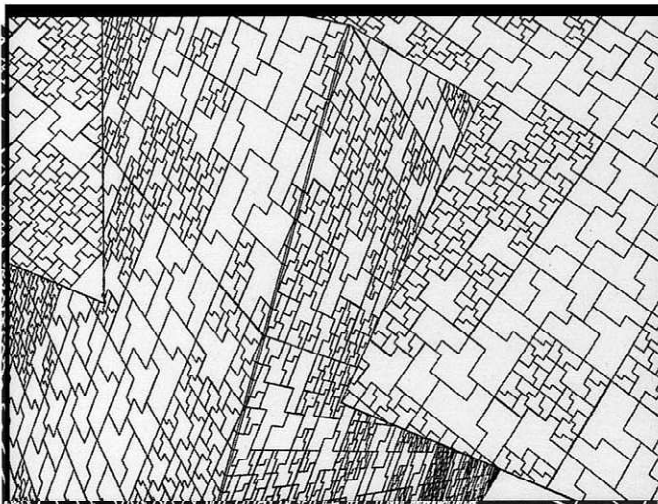
33 scaling o escalante (en español): dicese de una figura geométrica o de un objeto natural cuyas partes tienen la misma forma o estructura que el todo, salvo que están a diferente escala y pueden estar ligeramente deformadas. Mandelbrot, Benoit, Los objetos fractales, forma, azar y dimensión, Tusquets Editor, Barcelona, 1987.



daniel libeskind

La estructura y el recubrimiento exterior de la Ampliación del Museo Victoria & Albert en Londres son de *fractile*, un revestimiento que permite la creación de un lenguaje multiformal y una gran variedad de composiciones y configuraciones a partir de una pieza geométrica elemental interpretada de manera diferentes. El fractile permite interminable variaciones en su articulación formal y en la relación que se establece entre superficie y estructura en el marco de la economía constructiva.

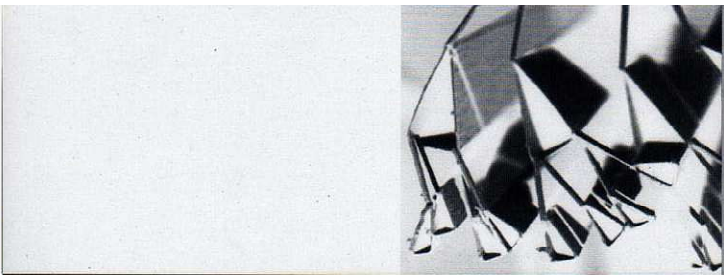
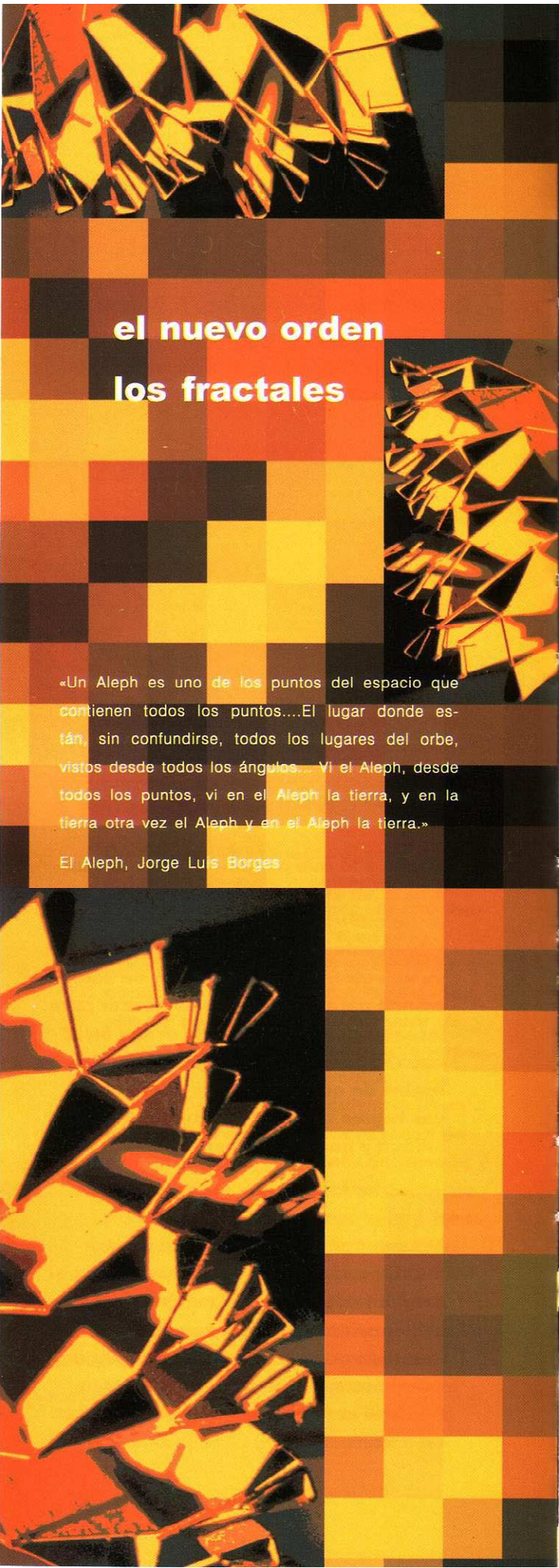
Este elemento, que evoca los diseños para azulejos, papeles pintados y telas del movimiento Arts & Crafts, ha sido diseñado por Cecil Balmond, quien ha calculado también toda la estructura del edificio.



De diferentes maneras el caos está emergiendo en la arquitectura actual. El arquitecto hoy debería ver y distinguir algo en ese caos. Y en esta mirada, la observación es también construcción del mundo. Para evitar que tal construcción se transforme en producción de meras apariencias, que la visión produzca solamente mundo virtuales, el arquitecto tiene a su disposición las verificaciones de siempre: el conocimiento del diseño y la geometría de los hechos constructivos, pero particularmente hoy, tiene la necesidad de poner en discusión ciertas ideas: principalmente la idea del orden. Como dice Pier Luigi Nicolín, arquitecto sería aquel que ve figuras en las nubes. El «orden» arquitectónico tiende a ordenar un desorden aparente, a reconocer la vitalidad de lo contradictorio.

¿Qué es lo que podemos hacer actualmente en este ambiente que cada vez se va multiplicando y superponiendo? ¿Hemos de lamentar los tiempos que ya no volverán, o bien hemos de esforzarnos para intervenir y colaborar para intentar poner un poco de orden en el caos? ¿Deberíamos replantear las reglas de composición, y buscar nuevas reglas adecuadas a nuestra sensibilidad y nuestro tiempo?

El tercer paradigma permite experimentar una nueva sensibilidad hacia el azar. En este aspecto, los que antes era considerado desorden es experimentado como orden. En este sentido, como instrumento de orden, se plantea aquí el uso de la geometría fractal en arquitectura.



el nuevo orden los fractales

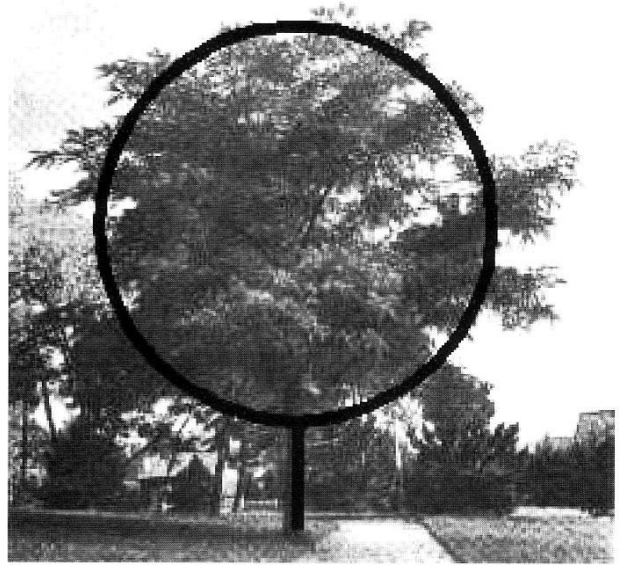
«Un Aleph es uno de los puntos del espacio que contienen todos los puntos....El lugar donde están, sin confundirse, todos los lugares del orbe, vistos desde todos los ángulos.... Vi el Aleph, desde todos los puntos, vi en el Aleph la tierra, y en la tierra otra vez el Aleph y en el Aleph la tierra.»

El Aleph, Jorge Luis Borges

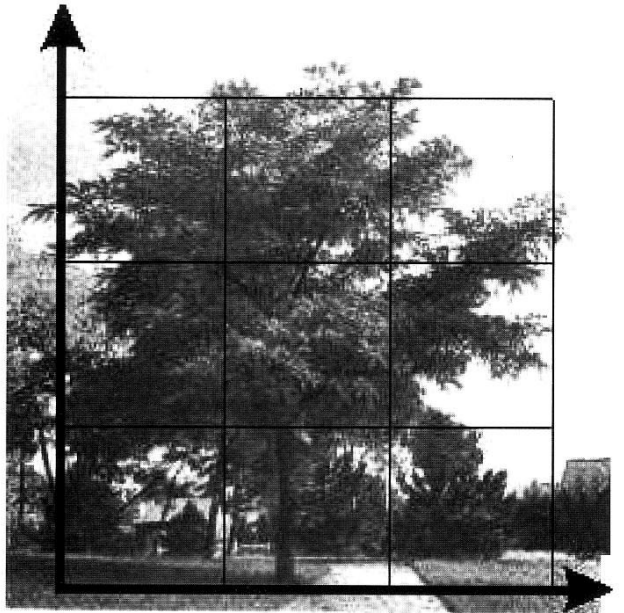
El acontecimiento conceptual de la física del siglo XX fue el descubrimiento de que el mundo no está sujeto al determinismo. La causalidad, durante mucho tiempo el bastión de la metafísica occidental, quedó derribada. Sin embargo, la erosión del determinismo no significó la producción del desorden e ignorancia. Por el contrario, se inició un camino de búsqueda de nuevos órdenes, un proceso de investigación y descubrimiento de valores.

Valores ignorados hasta entonces como la irregularidad, los cambios imprevistos y las discontinuidades son características fundamentales de la vida. Los científicos actuales llaman a este comportamiento zigzagueante "no-lineal". El paradigma de la previsibilidad absoluta fue reemplazado por una nueva previsibilidad más bien extraña e incierta.

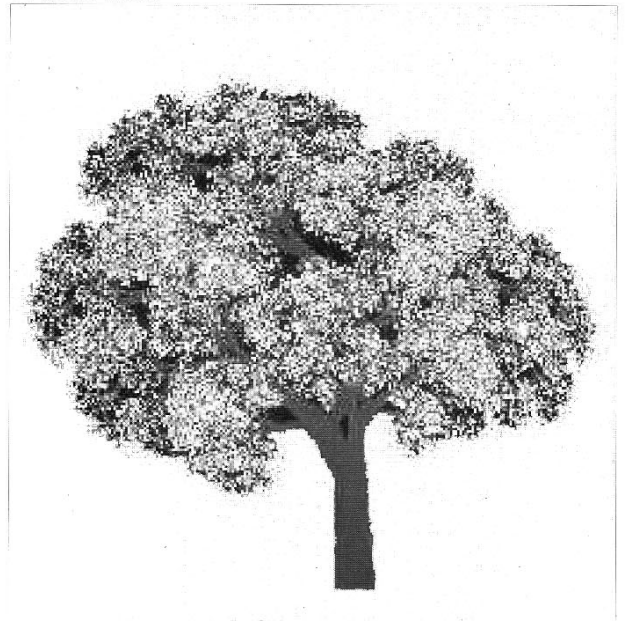
Un árbol según Euclides



Un árbol según Descartes



Un gráfico fractal



La realidad se revela tan irregular, que el modelo continuo y perfectamente homogéneo fracasa y no puede servir ni siquiera como primera aproximación. El orden perfecto de las formas de Euclides o Descartes no representa adecuadamente la geometría de la naturaleza¹. Las curvas regulares, como el círculo, son casos particularísimos.

Las formas regulares están presentes en la naturaleza cuando las leyes de la física pueden actuar en sistemas aislados y sin mutuos estorbos. El paradigma del orden, como vimos en el primer capítulo, señalaba esta regularidad de la naturaleza, en los trayectos de las estrellas, las olas del mar, la maravilla de los cristales y los ricos órdenes de las flores, las conchas y el plumaje. Este modo de ver el mundo propuso un conjunto de simples formas geométricas. El estudio de las configuraciones de formas en arquitectura revela un predominio de las pautas formales ortogonales y sus ordenamientos tridimensionales sobre la infinidad de otras posibilidades de disposición del espacio.

¹ "La geometría considerada por los griegos como la **descripción** de la Tierra, dio paso a la geometría matemática. Esta, sin embargo, olvidó pronto sus orígenes, sin apenas haber escarbado la superficie del problema inicial. Ni las nubes son esferas; ni las montañas conos; ni la luz viaja en línea recta." Benoit Mandelbrot.

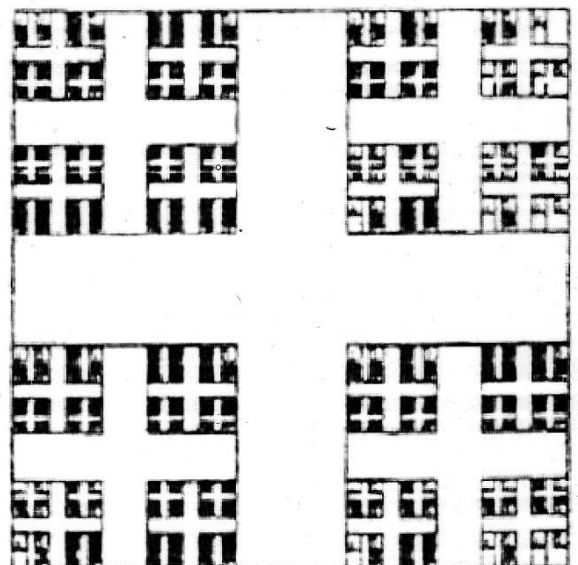
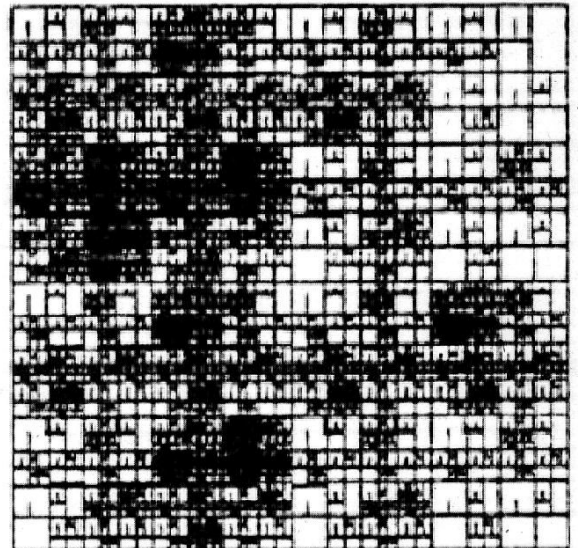
Aun las ciudades ordenadas según una grilla como las cuadrículas americanas, presentan en la actualidad una granulación de tipo fractal.

Foto aérea de manzanas de la ciudad de Córdoba, Argentina (arriba)

Gráfico fractal (abajo)

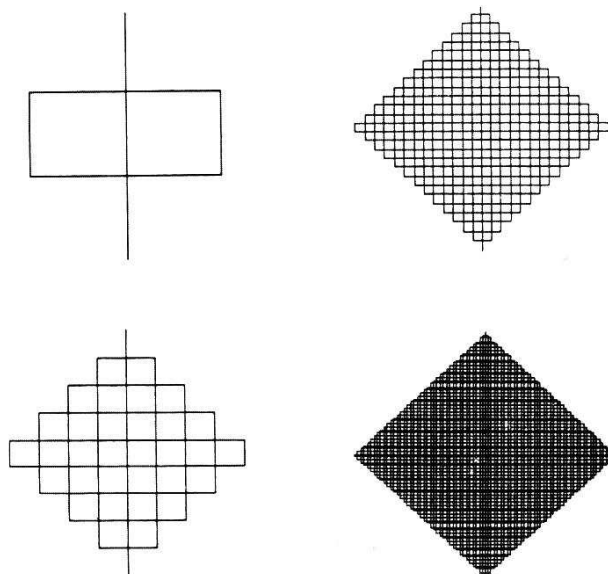
Esta tendencia apunta hacia la estructura más simple, es decir, hacia la forma más regular, simétrica y geométrica que sea posible en las circunstancias dadas. Varias fueron las causas de la aplicación del principio de simplicidad, de la preferencia por las líneas rectas y las formas geométricas estandarizadas. El sentido del equilibrio, que nos dice lo que está de pie y lo que está cabeza abajo con respecto a la gravedad y por lo tanto respecto a nuestro entorno percibido. La forma simple, y sobre todo la simetría, contribuye al equilibrio físico. Existe una identificación de lo correcto estática y visualmente con la exactitud geométrica. Las direcciones tradicionales del espacio, por ejemplo las señaladas por el cardo y el decumano, proceden de la naturaleza (de la línea del horizonte, del movimiento del sol...). Pero otras circunstancias, tuvieron una influencia decisiva en el desarrollo de la grilla. El descubrimiento del ángulo recto y su utilidad para calcular las áreas llevaron luego a la subdivisión rural de la tierra. Como resultado surge un orden espacial homogéneo a partir del razonamiento matemático abstracto. El esquema ortogonal se adoptó universalmente, produciendo el más persistente orden creado por el hombre. Sin embargo, este orden no alcanza para comprender toda la complejidad de las configuraciones.

La teoría de los fractales, auténtico nexo de unión entre el arte y la ciencia, abre la posibilidad de hallar el orden que se esconde tras la multitud de fenómenos aparentemente caóticos que hasta ahora no encajaban en geometría alguna. Es un ejemplo de orden del tercer paradigma ya que vincula sin excluir las posibilidades de los dos paradigmas anteriores.



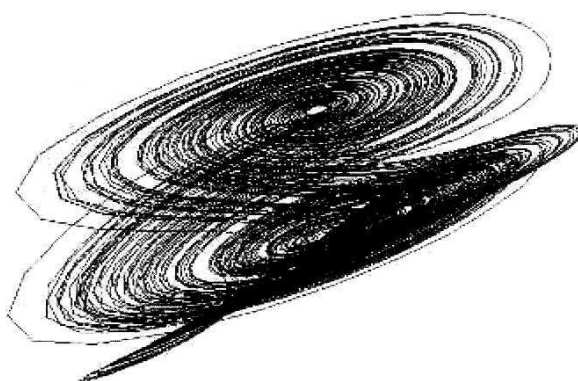
La discusión de estos nuevos conceptos surgió entre fines del siglo XIX y principios del XX, cuando matemáticos como Cantor, Von Koch y Peano comenzaron a dibujar curvas diferentes a las que se habían visto hasta entonces. Eran autosemejantes y tenían una longitud que no era fácilmente mensurable o definible. Además su dimensión parecía diferir de la dimensión tradicional de la línea y tal vez se encontraba entre la de la línea y el plano. Los matemáticos tradicionales llamaron a estas curvas «monstruosas», «patológicas» y rehusaron tratar con ellas.

curva de peano, 1890: Una curva continua sin espesor y por lo tanto sin área puede llenar una región del espacio. Cada nivel sucesivo deja menos espacio entre los pequeños cuadrados. En el nivel infinito el espacio se llena por la línea sin dejar vacíos. En consecuencia la curva contiene un área igual al cuadrado que cubre, pero tiene un área cero porque está construida por líneas. En otras palabras, un conjunto unidimensional de segmentos llena un plano bidimensional.



La revolución del caos comenzó alrededor de 1961, ayudada por el advenimiento de las computadoras que permitió la visualización inmediata de estos objetos. Edward Lorenz, desarrolló un modelo sobre el comportamiento del clima, el Atractor de Lorenz. El problema básico de pronosticar el tiempo es que aun cambios pequeñísimos en los patrones iniciales, producen variaciones muy amplias. Un «simple» conjunto de tres ecuaciones estudiaba la no repetibilidad de estos patrones climáticos. El resultado de sus ecuaciones no es un resultado estable. La función no es periódica, pero tampoco caótica. La curva es ordenada, predecible pero nunca la misma, continuando hasta el infinito sin repetirse nunca.

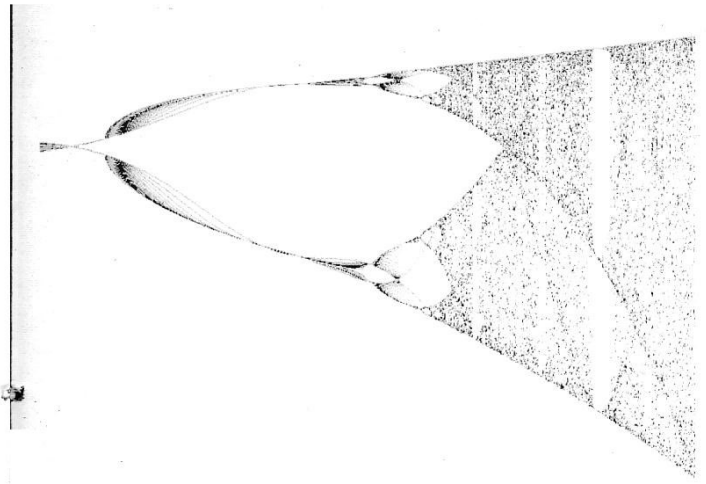
Atractor de Lorenz



En 1970, Robert May, estudia una ecuación que describía el crecimiento de la población usada por los ecologistas en los años 50. Se representa con diagramas de bifurcación donde la curva alterna estados estables y caóticos. El eje horizontal representa la tasa de crecimiento y el vertical la cantidad de habitantes. Para tasas mayores de 200%, la curva empieza a bifurcarse en dos soluciones, luego en cuatro y de pronto se transforma en caótica. Aunque actualmente este modelo es considerado pobre para la descripción de verdaderas poblaciones, es un ejemplo realmente claro sobre los sistemas caóticos.

Mitchell Feigenbaum observó en esta ecuación una regularidad en un período de doble efecto en una razón de 4,6692016090 (número de Feigenbaum). Este número se aplica a una gran variedad de funciones iteradas. Aparece en el fluido de turbulencias, en oscilaciones electrónicas, reacciones químicas, etc. Es un número irracional ² (como π , o como Φ , el número áureo).

² "Los números irracionales son aquellos que como $\sqrt{2}$ o el n° π no admiten una expresión fraccionaria (es decir, no pueden escribirse como un desarrollo decimal finito o periódico)." Enciclopedia Salvat



Crecimiento poblacional de **May**

Lyapunov: este diagrama de bifurcación ilustra lo que ocurre en un simple modelo de población cuando la tasa de crecimiento se incrementa.



Alrededor del año 1970, el matemático Benoit Mandelbrot descubre que expresiones matemáticas muy simples pueden dar por resultado funciones caóticas y no periódicas, que tienen sin embargo una especie de orden muy rígido completamente especificado en las ecuaciones originales. Mandelbrot no inventó los fractales pero organizó su teoría a la que contribuyó "descubriendo" ejemplos como el famoso conjunto que lleva su nombre. Mandelbrot entendió que para valorar el modo en los cuales puntos, líneas, planos y volúmenes del mundo real llenan el espacio debemos prescindir del concepto euclidiano de distancia y medida. Según Mandelbrot, "la geometría fractal se caracteriza por dos elecciones : la elección de problemas en el seno del caos de la naturaleza, pues describir todo el caos sería una ambición sin esperanza ni interés y la elección de herramientas en el seno de la matemática."

Mandelbrot acuña el término **fractal**³ y lo relaciona con la dimensión de Hausdorff-Besicovitch o dimensión fraccionaria. **La dimensión fractal** mide el grado de irregularidad e interrupción. Los objetos fractales tienen una dimensión mayor a la que tienen los objetos descriptos por la geometría tradicional.

En la geometría elemental, un punto tiene dimensión 0; una recta, dimensión 1; un plano, 2; un volumen, 3. En el mundo euclidiano el observador se mueve a saltos discontinuos, pasando de la línea unidimensional al cuadrado bidimensional, al cubo tridimensional. En 1919, el matemático Hausdorff determinó que para ciertas figuras, la dimensión no es un número entero, sino una fracción, o un número irracional. Puede decirse que una figura cuya dimensión esté entre 1 y 2 ha de ser más «deshilada» que una superficie, pero más "maciza" que una línea. Es una curva que no tiende al infinito pero que su longitud entre dos puntos cualquiera es infinita. En el mundo fractal los objetos pueden no tener ni dos ni tres dimensiones, sino un número intermedio es decir una fracción, o bien un entero «anormal», que indica también un estado irregular e interrumpido. Son mundos autosemejantes replegados unos adentro de otros, mundos replegados "en medio entre las dimensiones". La novedad de los objetos fractales consiste en que allí donde -hasta ahora- se encontraban zonas de transición, sin una estructura claramente determinada, ahora se identifican como zonas fractales.

3 del latín "fractus" que significa irregular o interrumpido

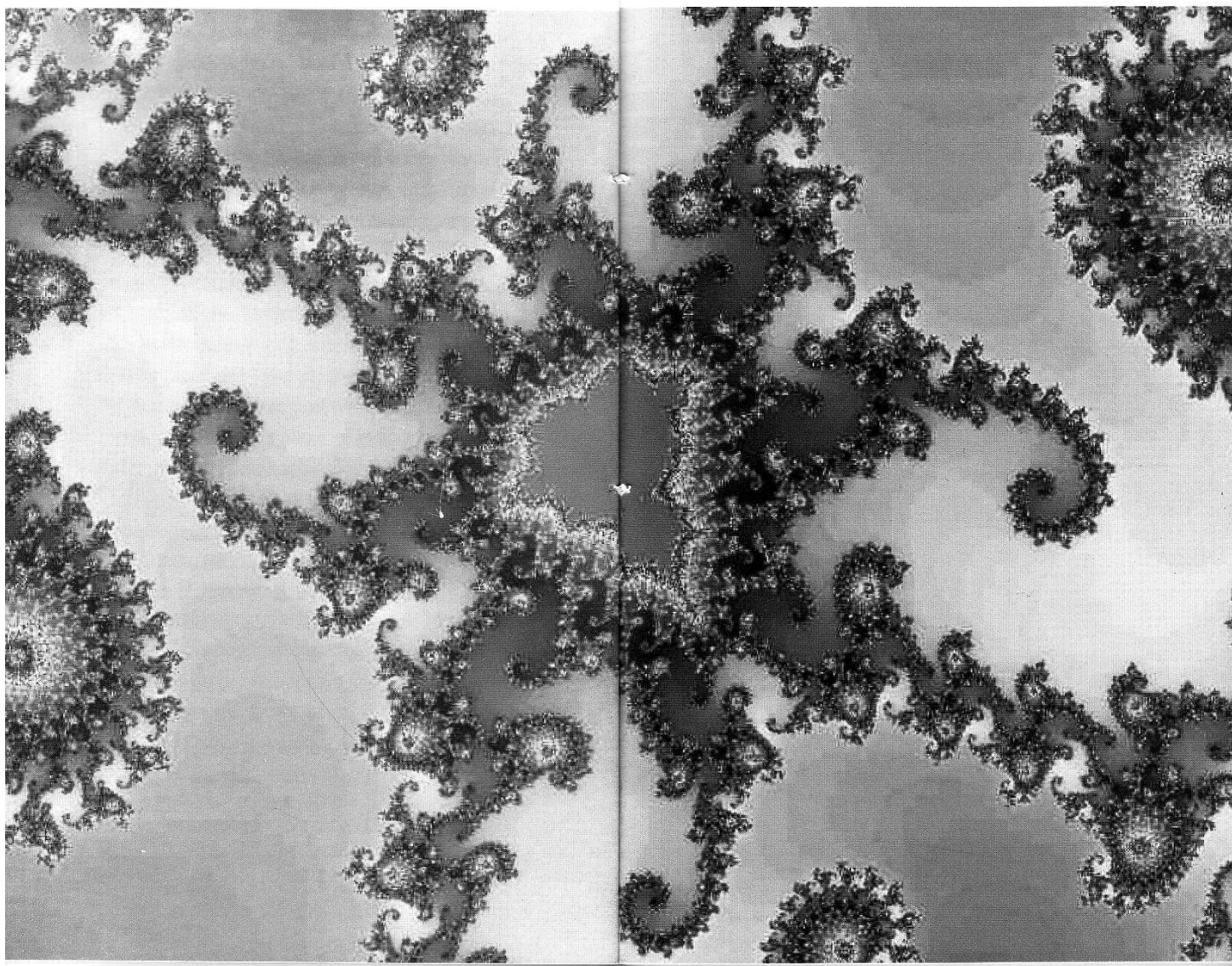
mandelbrot

El más famoso de los fractales, descubierto por Benoit Mandelbrot mientras investigaba la conducta de la ecuación:

$$z_{n+1} = z_n^2 + c$$

«x» es un número real y «y» un número imaginario.

Los ejes «x» y «y» representan los valores de dos cantidades independientes, y los tonos de grises simbolizan niveles de una tercera cantidad que depende de los dos primeros. Por ejemplo, el gris claro representa puntos cuyos valores exceden el valor bailout (2 por lo general) después de 149 iteraciones, el gris oscuro lo supera después de 148, el negro, después de 147 y así se continúa con toda la gradación de la gama.

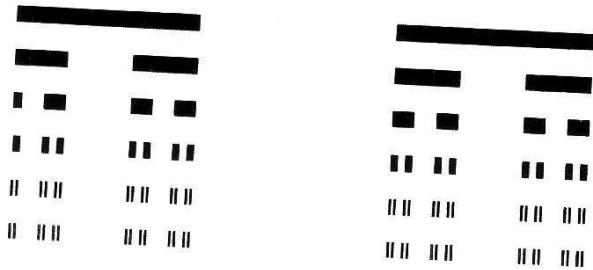


dimensión fraccionaria

polvos de Cantor, 1877. Son conjuntos cuya dimensión está comprendida entre 0 y 1 y que están formados por puntos sobre la recta.

Está formado por infinitos segmentos de línea de dimensión 1, pero en el fondo contiene solamente puntos (de dimensión 0).

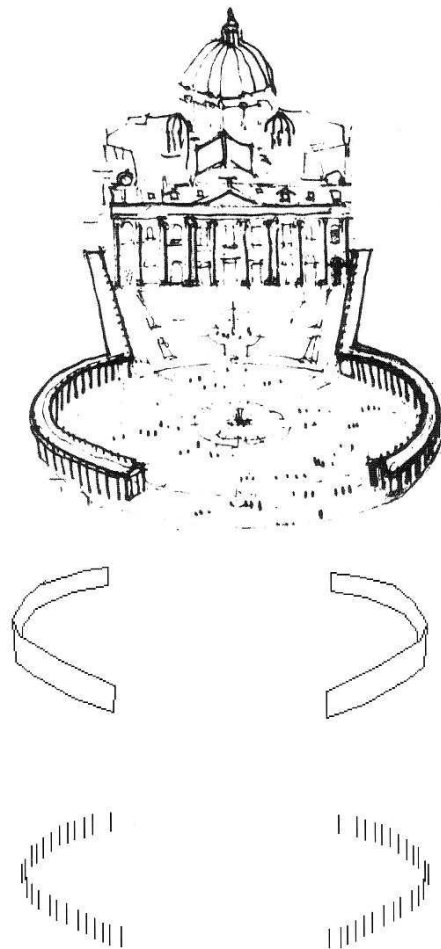
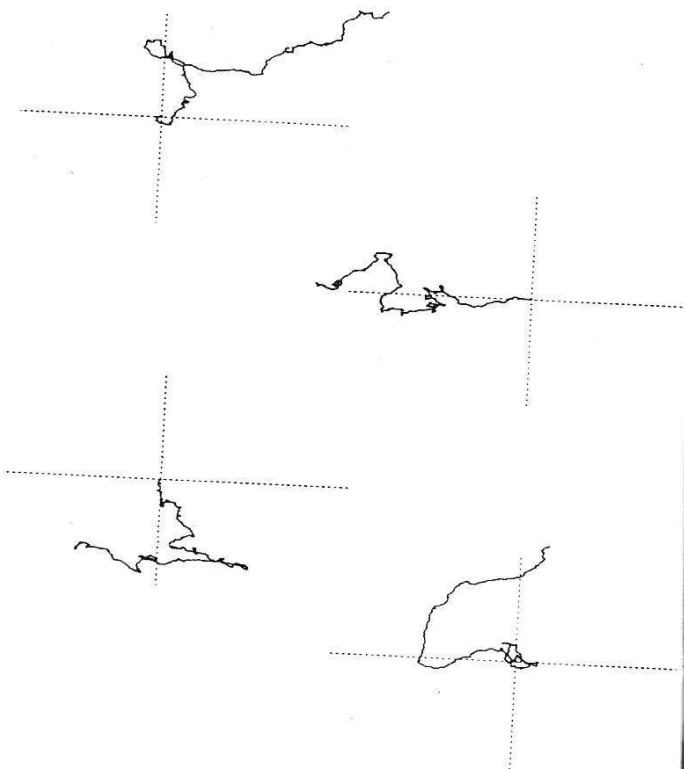
Se obtiene sustrayendo a una línea su tercio central y repitiendo esta operación hasta el infinito.



La dimensión fraccionaria ha sido manejada desde siempre por los arquitectos. Cuando decimos "plano virtual" o volumen virtual" nos estamos refiriendo a dimensiones intermedias. El plano virtual que Bernini construye con la columnata en la Plaza de San Pedro de Roma tiene una dimensión que está entre la línea (la columna) y el plano. Este no es un plano completo porque no está cubierto de manera uniforme. Está formado por columnas y vacíos y delimita el espacio aunque no en forma absoluta. Si bien la columnata no es un fractal porque no cuenta con otras características de esta geometría si se puede afirmar que tiene dimensión intermedia. También se puede decir que un edificio ricamente texturado es "más tridimensional" que un rasca-cielos con curtain wall.

dimensión entero anormal

movimiento browniano, La trayectoria del movimiento browniano es la más simple de entre las fractales y sin embargo es demasiado irregular. Tiene una cantidad innumerable de puntos múltiples, incluso en el sentido estrictamente matemático del término. Se trata de una de esas curvas extraordinarias que recubren todo el plano. La longitud total de la curva es infinita. Su superficie es nula, porque es una línea. Su dimensión es igual a 2 porque recubre el plano de manera uniforme.



Los fractales describen las asperezas del mundo, su naturaleza dinámica y mutable. Son imágenes de cómo las cosas se repliegan y despliegan, interactuando sobre sí mismas y las unas sobre las otras en medio de las dimensiones. Al observar la naturaleza hallamos, identificamos y aislamos en distintas escalas, ciertos aspectos de la compleja realidad de sus estructuras. Estas estructuras complejas se encuentran entre el orden estable y el completo desorden. En estos puntos de transiciones y regiones de confines las formas emergen y se disuelven. Y si bien el movimiento es impredecible en cada detalle, es posible predecir ciertas características y cierta amplitud.

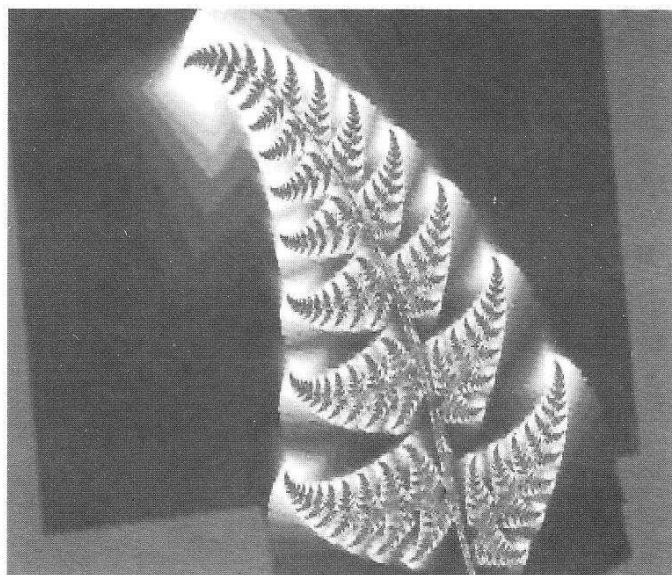
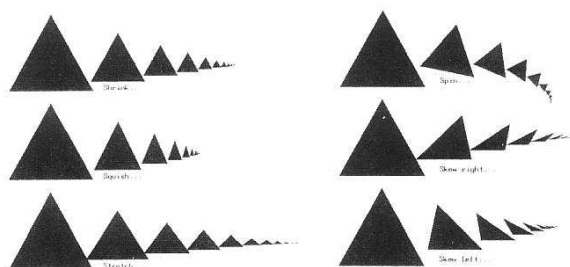
Todos los objetos son "sistemas", en el sentido de que están formados por muchas partes distintas, articuladas entre ellas, y la dimensión fractal describe un aspecto de esta regla de articulación. Las formas de estos objetos están creadas dinámicamente por la armoniosa disposición de orden y desorden típica de los procesos naturales. Los fractales son el modo de representar muchas de las formas de la naturaleza, son el lenguaje para describir nubes, árboles, hojas, costas y otros objetos naturales.

Una flor, por ejemplo, tiene una dimensión entre dos y tres ya que está compuesta por planos que llenan el espacio.

En los últimos años se han desarrollado dos métodos para producir fractales ligados a las formas naturales : los ifs y los l-system. Estos dos métodos son los más adecuados para realizar la transferencia al diseño arquitectónico, ya que trabajan con figuras geométricas y las relaciones existentes entre ellas.

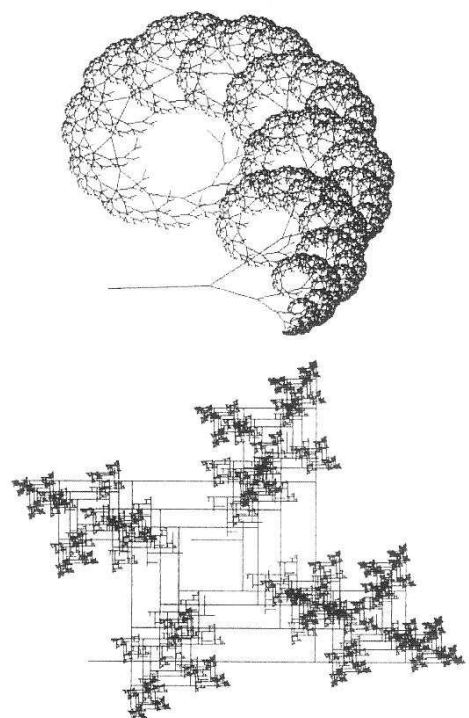
Michael Barnsley investigando el conjunto Julia observó formas de producir aun más variabilidad y generar patrones que describieran los de los objetos vivientes. Barnsley descubrió lo que llamó Sistemas de Funciones Iteradas (ifs). Son un conjunto de ecuaciones, cada una de las cuales representa una rotación, una traslación y un cambio de escala, reglas que generan helechos y otras formas naturales. Un punto es movido sobre la pantalla, siendo trasladado, rotado, y escalado a través de múltiples transformaciones afines para producir una imagen. Con un mínimo de datos y un simple programa de conversión se producen complejas e inmensas imágenes con grandes cantidades de detalles.

Los ifs proveen un lenguaje visual para describir relaciones geométricas entre las formas : crecer, decrecer, girar, rotar, encogerse y estirarse son los órdenes que se introducen en el programa Fractal Vision de Dick Olivier, para elaborar el fractal.



Los l-systems son sistemas creados a partir de la idea de Aristid Lindenmayer de "autómatas celulares" como modelos del crecimiento de los seres vivos en 1968. Él estaba interesado en los desarrollos de las células y en el crecimiento de las ramas de los árboles. Un autómata celular es un universo artificial con simples leyes naturales. Se elige la estructura del universo y las leyes que debe obedecer y se deja que éste siga las leyes por su propia cuenta. Programando estas leyes en la computadora se puede simular la evolución del universo. Se denominan "celulares" porque consisten en células que se dividen y multiplican como células reales. Para crear estos gráficos, se sigue este procedimiento. Se comienza por un tronco que se divide en dos direcciones o ramas y se repite el procedimiento en el extremo final de cada rama. El resultado es un árbol, u otros objetos sorprendentes como podemos observar.

l-systems, dibujados con programa de Pablo y Daniel F. Moisset



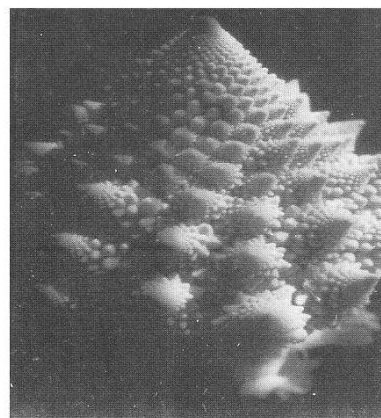
¿qué es un fractal?

Según Benoit Mandelbrot, los fractales son figuras compuestas por una curva infinita contenida en una superficie finita -y por lo tanto, con un número no entero o fraccionario de dimensiones- que pueden ser representadas con ayuda de computadoras siguiendo los algoritmos o sucesión de instrucciones que las definen. Estos objetos tienen en común el hecho de poseer una forma sumamente irregular o interrumpida.

La característica más importante de los fractales a nivel morfológico es la autosemejanza. La forma de la curva fractal se repite a sí misma a escalas más y más pequeñas conteniendo infinitas copias de sí mismas. Esto permite apreciar que, los sucesivos niveles de análisis tienen el mismo carácter global, los mismos rasgos genéricos. Si una pequeña porción es ampliada, su forma es muy similar a la de la forma total. Este fenómeno se denomina **homotecia interna o autosemejanza**.

Por ejemplo, un coliflor contiene pequeños coliflores dentro de sí organizados en forma autosemejante. Si lo consideramos como una figura geométrica clásica, encontramos complicación y desorden. Sin embargo hay en él un orden subyacente. Aunque pueda haber irregularidades, los grados de irregularidad que corresponden a distintas escalas son, grosso modo, iguales. El proceso no se puede continuar indefinidamente, pero se puede ir muy lejos, y se encontrará que, aunque los sucesivos niveles de análisis sean completamente diferentes, tienen el mismo carácter global, los mismos rasgos genéricos. Si una pequeña porción es ampliada, su forma es muy similar a la de la forma total. Las figuras fractales contienen infinitas copias de sí mismas, a una escala cada vez menor. Cada parte del coliflor es homotético con respecto al todo. Se dice entonces que posee homotecia interna.

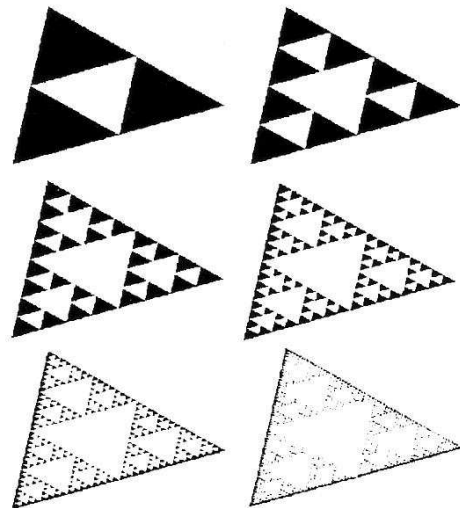
Fotografía de un brócoli, en el que cada parte es semejante al todo.



Esta infinita densidad nos permite usar la computadora como un microscopio y zambullirnos siempre más profundamente en los detalles, examinando escalas numéricas siempre más pequeñas, es decir números siempre más vecinos entre sí. Una computadora normal puede descender hasta la escala del puesto decimal 15. Sirviéndose de la analogía del microscopio, si un número entero corresponde a la escala de objetos de las dimensiones de una persona o de un árbol, el puesto decimal 15 corresponde a un objeto más pequeño que un átomo. Computadoras más potentes pueden adentrarse en detalles todavía más finos o más profundos.

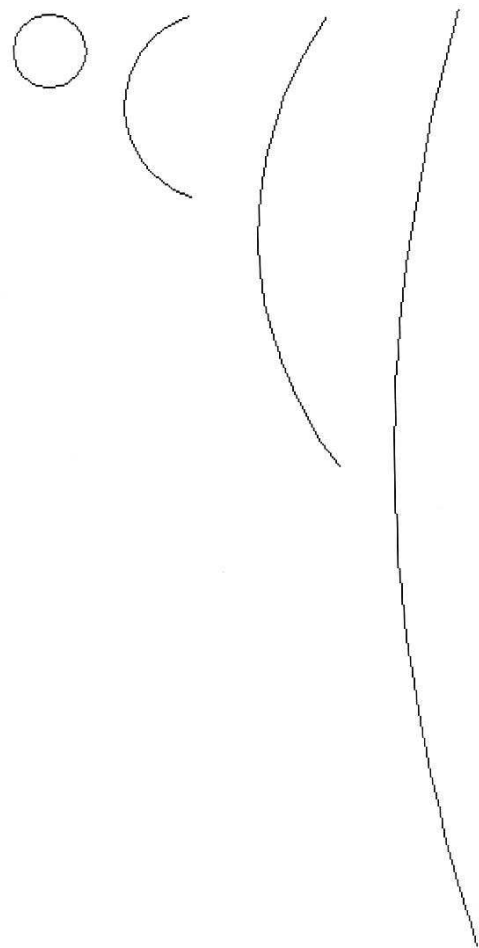
La autosemejanza es una característica general de estos fractales, si bien no todos los fractales son tan simétricos en sus detalles de escala como los fractales clásicos.

Los fractales clásicos estudiados inicialmente por Mandelbrot son llamados hoy "lineales", porque el procedimiento de iteración que los genera es regular y monótono y, con el proceder de las iteraciones, los segmentos que los componen permanecen rectilíneos, de modo que la figura resulta exactamente autosemejante a todas las escalas. Si agrandamos un detalle del triángulo de Sierpinski, después agrandamos un detalle del detalle, las dos figuras tienen exactamente el mismo aspecto. Esto no es lo que sucede cuando agrandamos una parte de una figura euclidiana clásica, por ejemplo un círculo. A medida que la lente de aumento se hace más potente se ve un arco de círculo siempre más pequeño y la línea va acercándose a la línea recta. Los aumentos sucesivos no revelan nuevos detalles, mientras que si se agranda una parte de un fractal se descubren detalles nuevos, si bien autosemejantes. En el abstracto mundo euclidiano la escala no es esencial: agrandar una esfera, un triángulo, o una línea no provee información nueva sobre el objeto de examen. En el mundo fractal, en cambio, hay arrugas y repliegues a veces infinitamente detalladas y hay siempre una mayor riqueza de información a medida que nos adentramos en la figura.



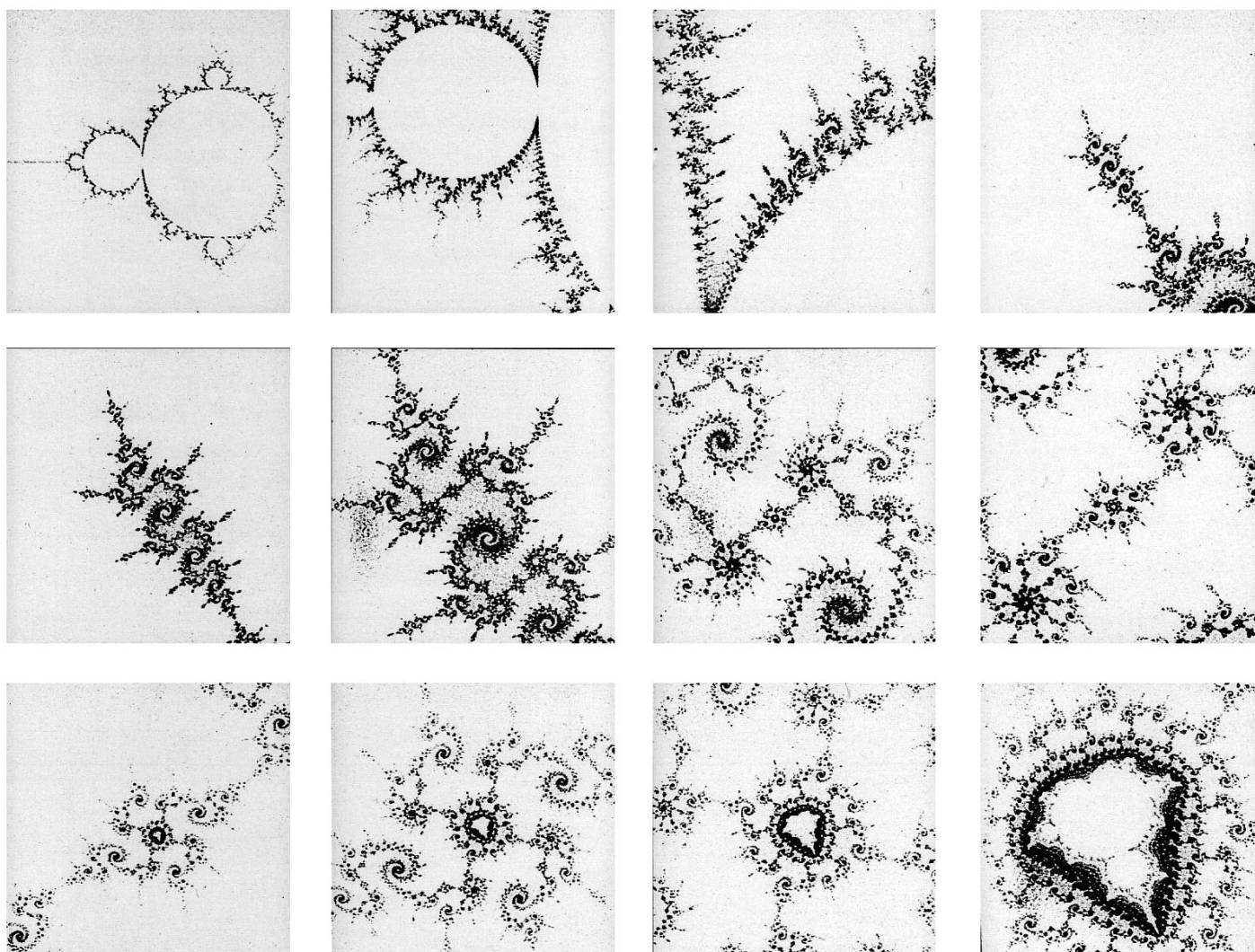
Triángulo de Sierpinski (arriba)

Sucesivas aproximaciones al círculo (abajo)



En los fractales no-lineales o casuales existe también la autosemejanza, pero de modo diferente. En el conjunto Mandelbrot, por ejemplo, el insecto central está circundado por un contorno en llamas de detallada filigrana, que contiene minúsculas réplicas ligeramente deformadas de la figura completa e innumerables estratos de formas autosemejantes. El contorno del conjunto de Mandelbrot es infinitamente complejo en el sentido de que es posible descubrir detalles siempre más finos.

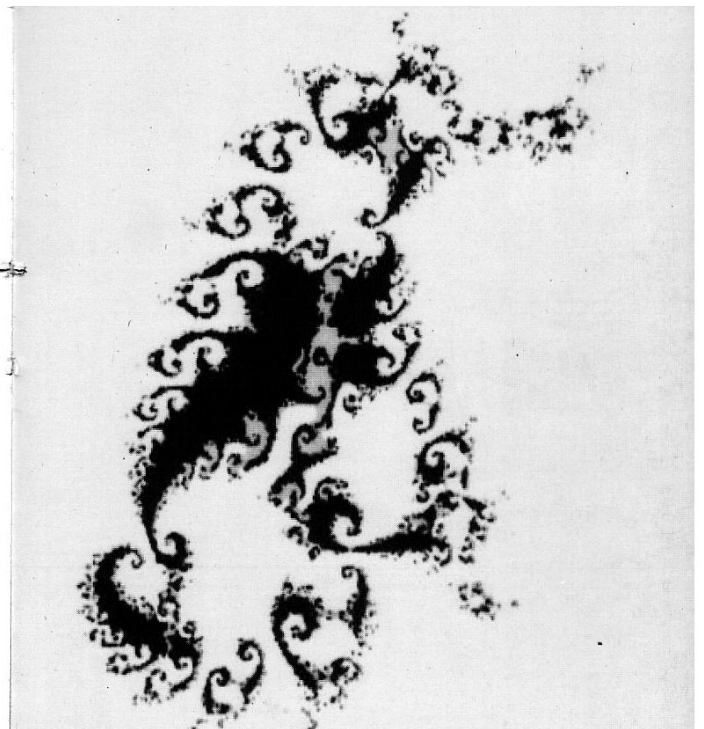
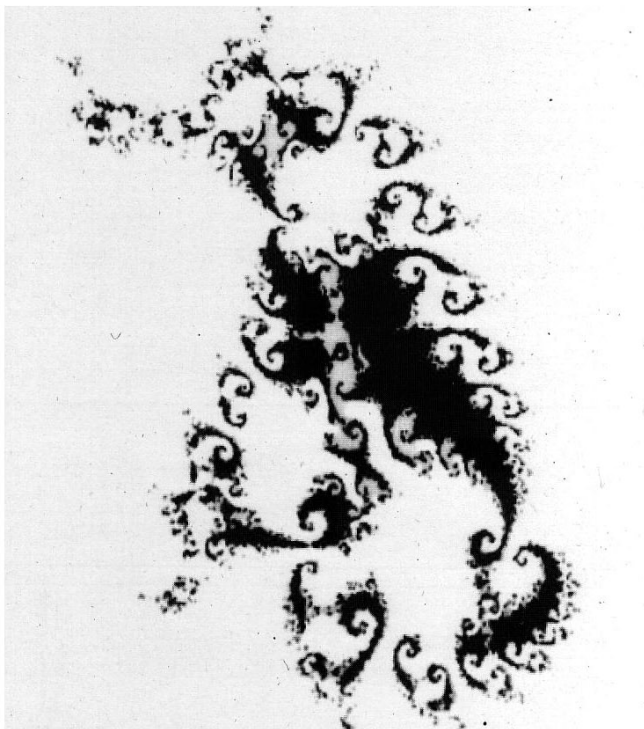
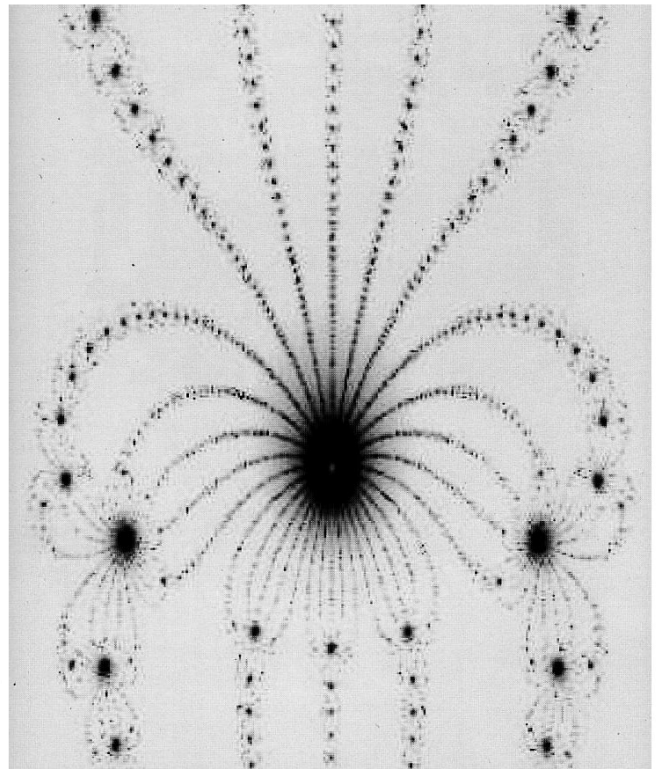
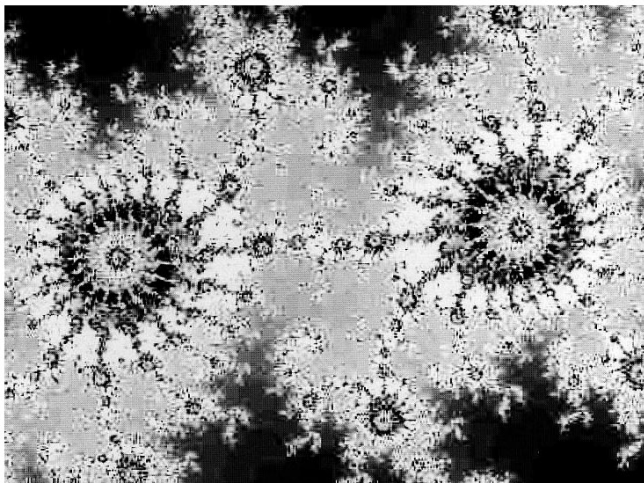
Aproximaciones al conjunto de Mandelbrot



Esta diferenciación entre fractales lineales y no-lineales resulta útil a la hora de plantear una hipótesis de clasificación de ellos en relación a la forma arquitectónica.

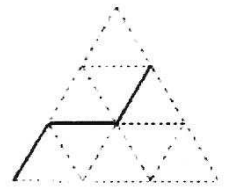
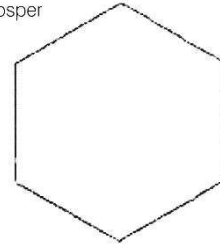
Julia, Newton y Fénix

fractales no lineales: (por ejemplo: Mandelbrot, Julia, Newton, Fénix, etc.) Su relación con el diseño no está explorado con profundidad o lo está incipientemente. Al igual que las formas pertenecientes al paradigma de los procesos, no podemos diferenciar partes o elementos. Tienen área infinita, y sus contornos son suaves.



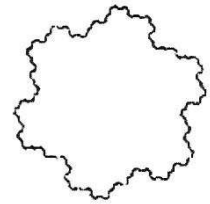
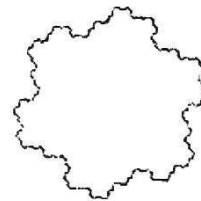
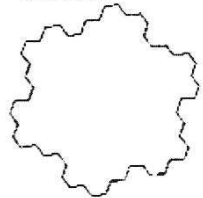
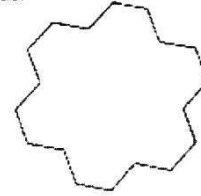
fractales lineales: (Por ejemplo: las curvas patológicas, los l-system, ifs, etc.) Su relación con la forma arquitectónica puede investigarse en proximidad a las técnicas clásicas del orden de la forma. Se generan a partir de segmentos o formas geométricas y por lo tanto presentan quiebres y articulaciones.

Curva de gosper

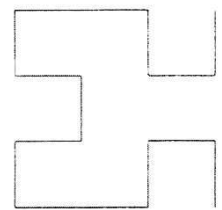
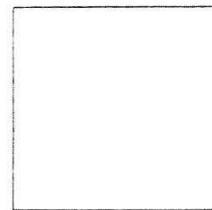


iniciador

generador

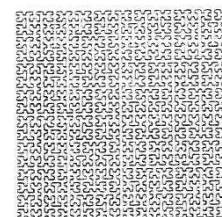
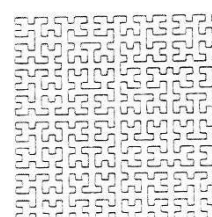
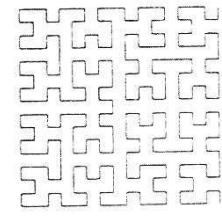
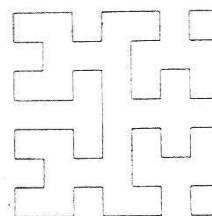


Curva de Hilbert



iniciador

generador



el orden fractal

El orden es a la vez lo que da a las cosas una ley interior, la red secreta sin la cual ellas se ven de cualquier modo y lo que existe solamente a través de una malla, de una mirada, de una atención, de un lenguaje. Michael Foucault

El caos es la ausencia de forma y estructura. El desorden no es la ausencia de todo orden, sino más bien el choque de órdenes no coordinados⁴. Por eso hablamos de la complejidad fractal como un nuevo tipo de orden y no de caos. En la arquitectura el objetivo es hallar el orden necesario para expresar significados. El caos, no es un medio válido para la expresión de ideas.

La geometría fractal se utiliza en los ejemplos presentados como un elemento de orden arquitectónico. Su uso contribuye a generar nuevos instrumentos operativos del componer y los procedimientos compositivos que amplíen las hipótesis de la teoría de los principios y leyes de la forma arquitectónica.

El orden es jerarquía, es la relación entre cosas, es un antes y un después. El orden se refiere a la disposición de un conjunto de elementos. El orden geométrico como estructurante de la

forma arquitectónica, facilita la captación de totalidades en términos gestálticos y contribuye a la lectura de las ideas esenciales y a la traducción de las mismas a la forma. Como dijo Le Corbusier, es la propia clave de la vida. El orden hace posible discernir lo que es igual y lo que es diferente, lo que va junto y lo que está segregado. Orienta, ordena, da sentido a nuestra percepción. Nos permite comprender las interrelaciones del todo y sus partes, así como la escala jerárquica de importancia y potencia en virtud de la cual algunos elementos estructurales son dominantes, y otros, subordinados.

Los fractales lineales pueden ser utilizados como estructuras compositivas y su orden propone modos de crecimiento y mutación, sistemas de relación, las lógicas necesarias que sostienen unidos entre ellos los elementos constitutivos de las mismas cosas. La geometría fractal es utilizada en los siguientes objetos como estructura, como orden subyacente, como sistema de relaciones internas entre elementos, a través de la construcción de modelos.

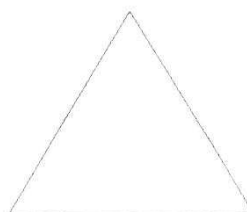
⁴ Arnheim, Rudolf, *La dinámica della forma architettonica*, Feltrinelli, Milano, 1977.

¿cómo generar los fractales?

experiencias generativas

El procedimiento morfológico para generar estas formas es la iteración que consiste en la repetición al infinito un mismo proceso. Esto se logra mediante simples expresiones matemáticas, en las cuales el estado siguiente del parámetro depende de una simple relación con el actual estado del parámetro, es decir que el resultado retroalimenta a la ecuación original. También se pueden generar geométricamente reemplazando segmentos (iniciador y generador) o produciendo una operación geométrica como vimos en los fractales lineales. Si continuamos el proceso indefinidamente obtendremos un número infinito de segmentos (infinitamente pequeños) en una sola hoja de papel de tamaño finito. Algo imposible de hacer en la práctica, pero sí en la imaginación. Un simple proceso de operaciones puede resultar en una forma rica y compleja. A través de leyes y códigos simples se pueden producir comportamientos y formas de alto grado de complejidad y aparentemente hechas al azar.

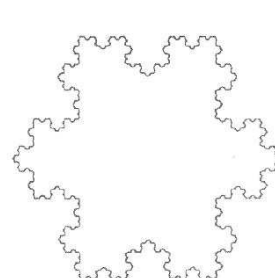
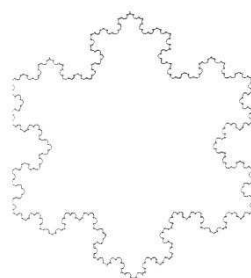
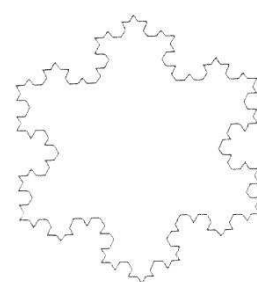
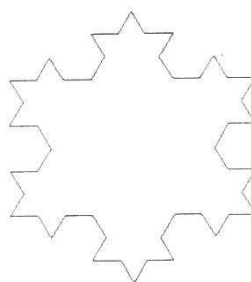
La creación de estas formas se realiza a través de **una secuencia de operaciones gráficas**. Esta comienza con la generación de una figura básica o **iniciador**: una figura geométrica simple que consista en unos segmentos de línea (por ejemplo, un cuadrado un triángulo o una línea). Se define luego el segmento **generador** que conduce al proceso de iteración. Se desarrolla la secuencia de iteración según una regla de transformaciones sucesivas (adiciones, sustituciones, rotaciones, traslaciones y cambios de escala), que son aplicadas un número específico de veces. Por ejemplo en el copo de Von Koch, una serie de segmentos de líneas reemplazarán cada segmento de línea del iniciador. El generador consiste en segmentos de línea, cada uno de un largo r , donde r es la fracción de la línea de segmento que será reemplazada. La disposición de los N segmentos es tal que la distancia desde el comienzo del generador hasta su fin es la misma que el largo del segmento de línea a reemplazar. El proceso de reemplazo se repite un infinito número de veces, cada vez reemplazando cada segmento del nivel previo de la curva con una réplica del generador pero de menor escala.



iniciador



generador



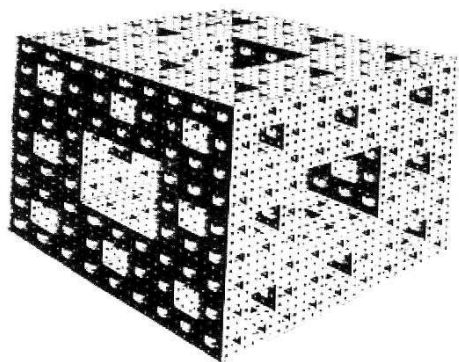
copo de von koch, Helge Von Koch, 1904. Curvas fractales creadas mediante el reemplazo repetido de segmentos de línea por réplicas de un generador en escalas más y más pequeñas. Se caracteriza por su autosemejanza, por no superponerse ni auto intersectarse.

Iniciador: triángulo equilátero. Generador: divide cada segmento en tres partes iguales. Cada segmento del generador tiene un largo de $1/3$.

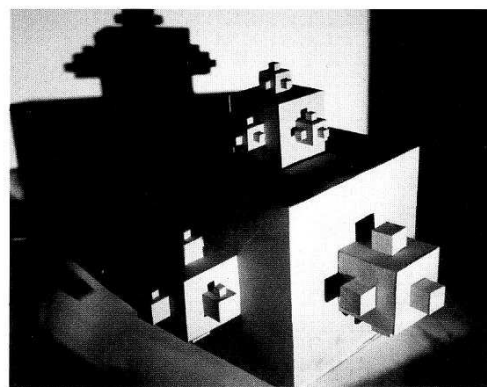
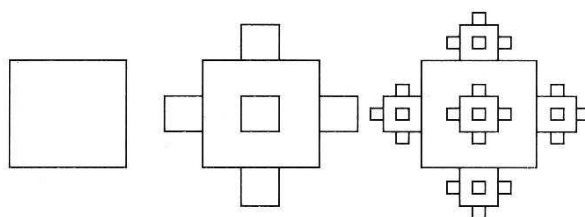
La dimensión de esta curva es 1,2618, lo que implica que no importa cuantas veces sea aplicado el proceso de recursión, la curva nunca podría llenar completamente el plano.

Todos estos objetos se producen a través de un proceso de complejización de la forma, que consiste en partir de figuras simples y a través de múltiples iteraciones llegar a la complejidad. Para explicar visualmente los modos de construcción fractal, mostramos a continuación objetos tridimensionales. Para la realización de los mismo se optó por la simplicidad tanto en los iniciadores que son volúmenes simples así como las leyes de iteración. De este modo el orden puede ser fácilmente entendido.

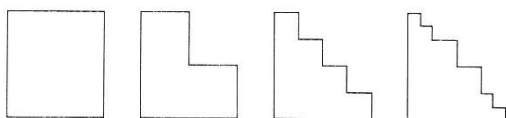
Este objeto geométrico se denomina esponja de Sierpinski-Menger, tal que cada una de las caras exteriores, conocido como tapiz de Sierpinski, es una figura de área nula, mientras que el perímetro total de los huecos es infinito. Las intersecciones del límite con las medianas o con las diagonales del cubo inicial, son todas ellas conjuntos de Cantor.



Se genera un volumen fractal a partir de la adición de figuras simples. En el centro de cada cara se agrega otro cubo y así sucesivamente... El cubo, por ser uno de los volúmenes más fáciles de manejar nos permite centrar la atención en la ley de crecimiento.

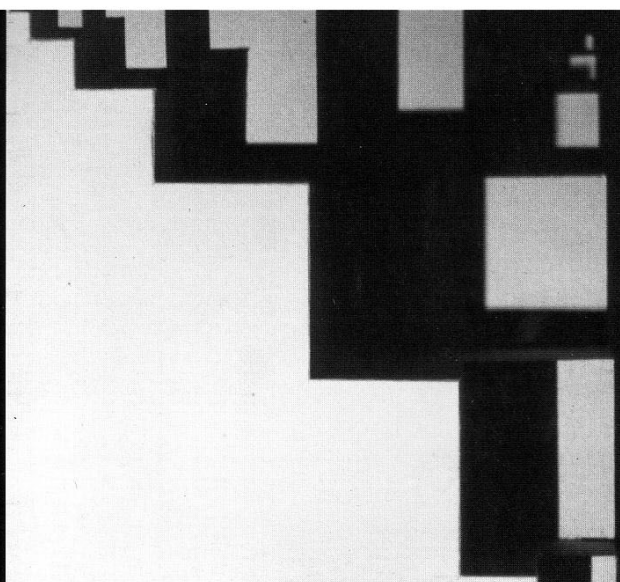
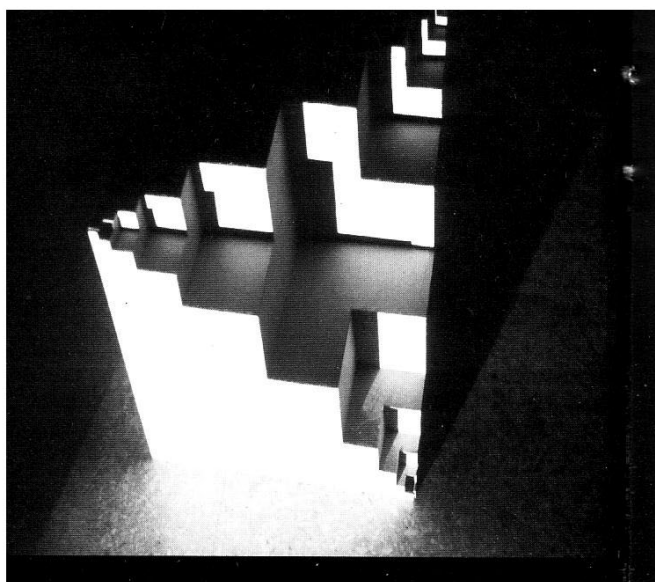
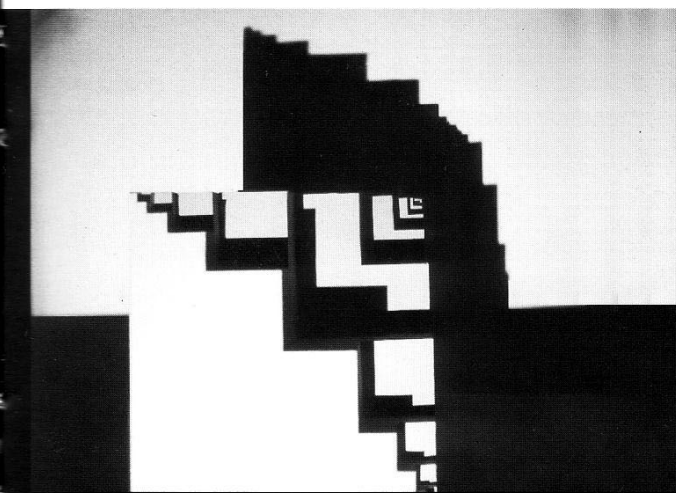
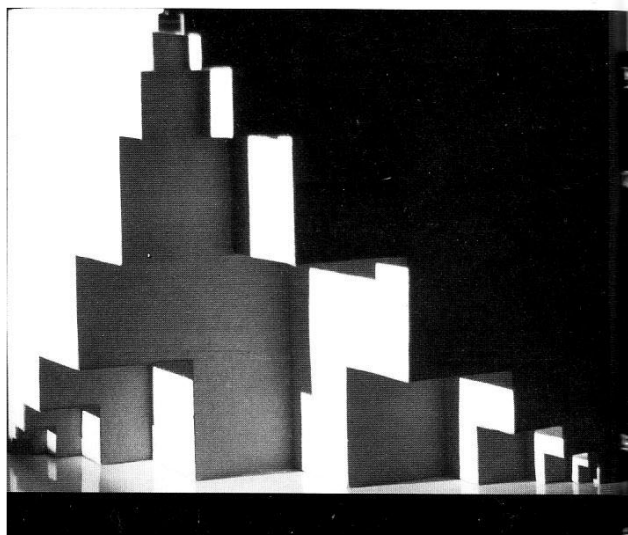


Partiendo de un mismo iniciador, un cubo, se procede a sustraerle cubos de los vértices. En este caso se genera un volumen fractal por sustracción, produciendo una forma cerrada que contiene la composición dentro de un simple volumen. Todo ocurre dentro de esta envoltura formal, nada se proyecta fuera de ella. La cara del cubo toma la forma de una escalera del diablo.



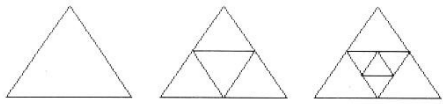
La idea de la ambigüedad está presente en los objetos creados por la geometría fractal, orden y caos, azar y necesidad, infinito y totalidad son ideas que se conjugan en una sola expresión.

Como habíamos explicado en el primer capítulo, el tercer paradigma supera la dicotomía existente entre el orden y los procesos. El objeto producido con un procedimiento extremadamente regular produce una sombra sobre la pared de carácter sumamente orgánica. Luces y sombras, contribuyen a la expresión de esta idea.

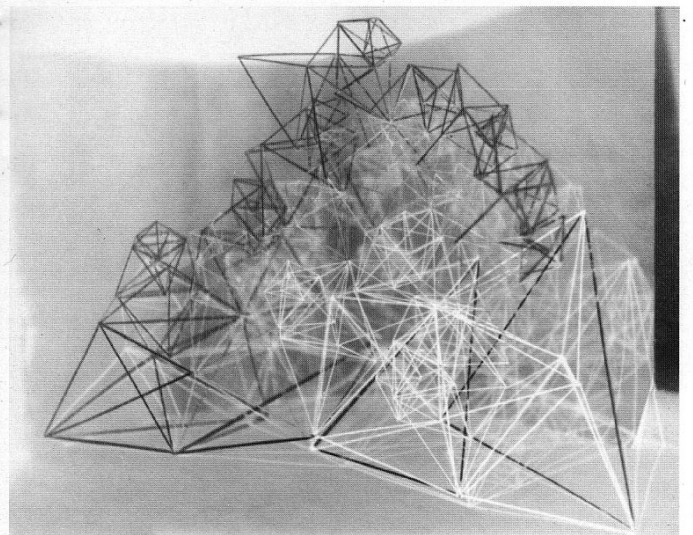
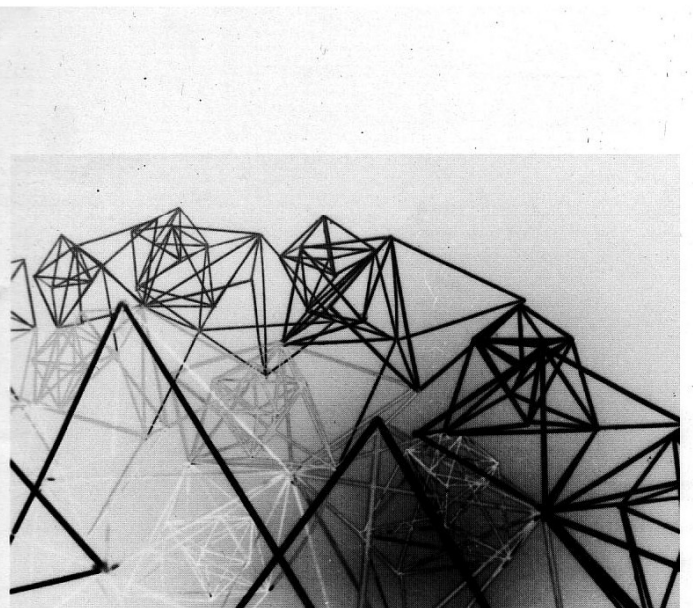
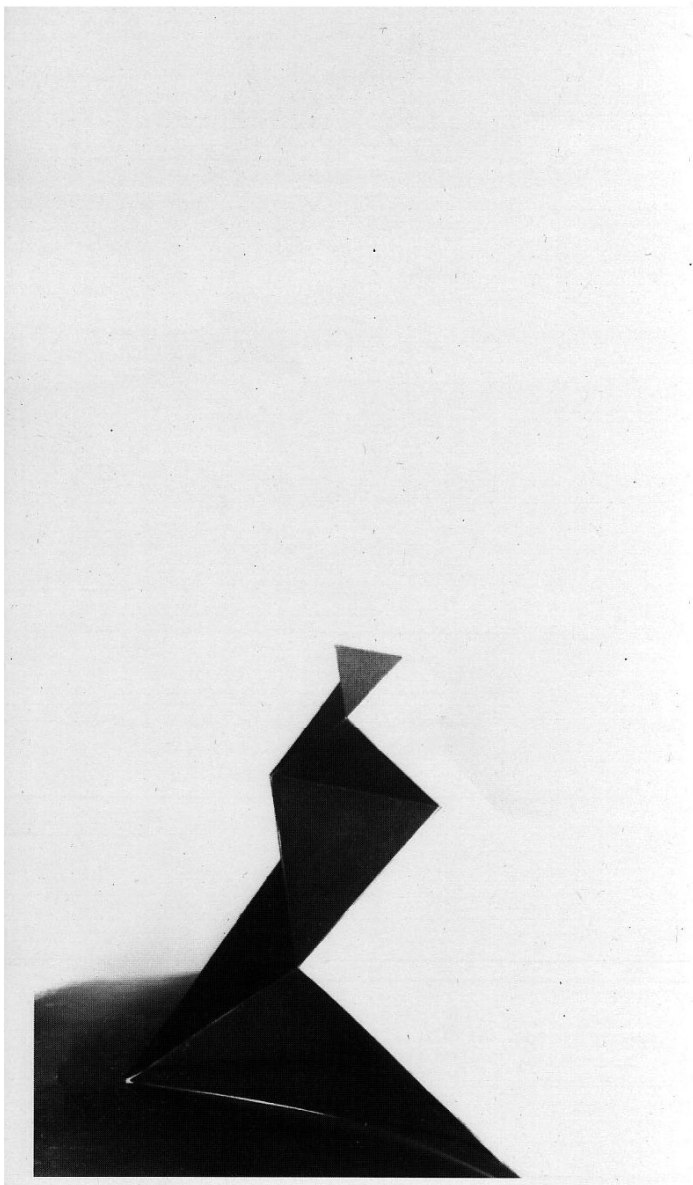
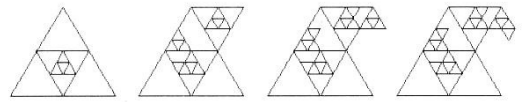


En estos dos últimos casos, los iniciadores y generadores del fractal son elementos volumétricos. Esto genera totalidades estereotómicas, donde la excavación, las torsiones, las entrantes y salientes son la característica más expresiva.

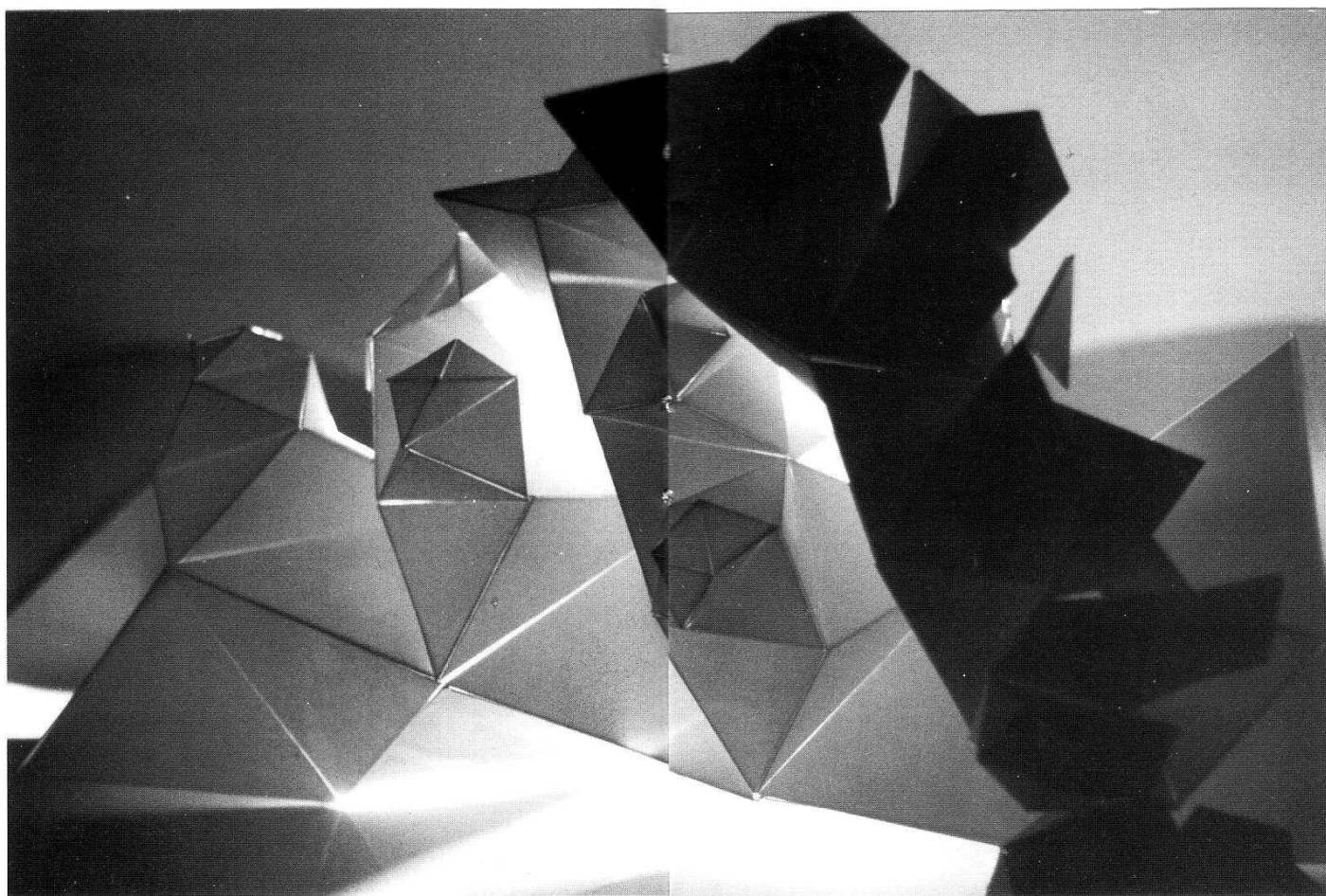
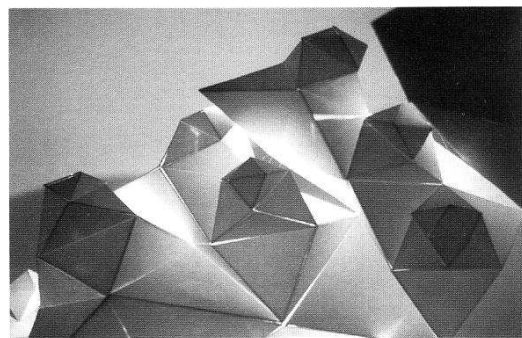
Se comienza con un fractal construido a partir de tetraedro que sigue una ley de crecimiento en sentido vertical.

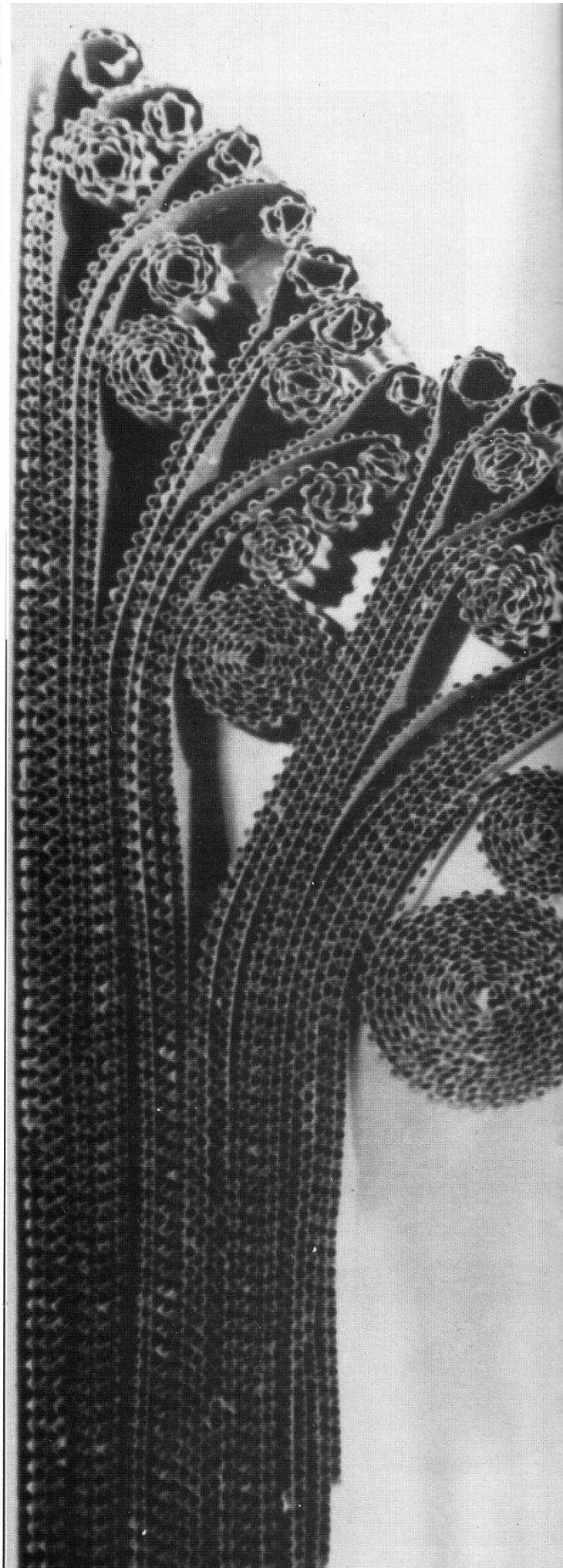


La estructura de tetraedros del modelo anterior es el generador y se propone una ley de crecimiento rotacional basada en la serie de Fibonacci. Se materializan sólo las aristas con varillas de pino. Cada color es una iteración diferente.



Se materializa el volumen de la estructura del modelo anterior. Esto produce una forma abierta donde la fuerza de los elementos se alejan de núcleo. Este esquema tiene mucho en común con las formas de desarrollo de la naturaleza. Las formas penetran en el espacio que las rodea, lo penetran. La separación interior exterior es poco evidente y ambos tienden a estar estrechamente relacionados.





Este objeto elaborado con cartón corrugado representa leyes de crecimiento vegetales. Se trata de buscar el encuentro entre un material y una estructura fractal para descubrir que sucede entre el orden del material, sus cualidades y posibilidades y estas geometrías.

El material y la geometría subyacente sugieren dinamismo y movimiento.

En estos objetos observamos claramente cómo las cualidades del orden fractal con sus posibilidades de complejidad y superposición nos permiten la expresión de nuevas ideas arquitectónicas.

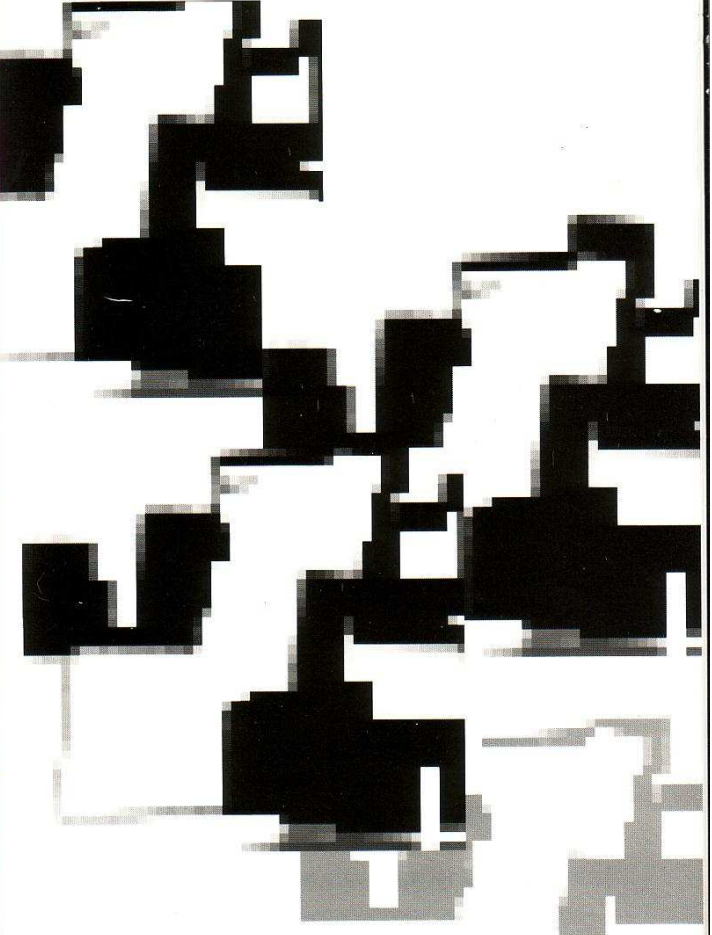
Formas ordenadas y complejidad orgánica, esta es una dialéctica diferente a la de los órdenes tradicionales. El aporte de la geometría fractal como instrumento generador, otorga a la arquitectura el poder de expresar simultáneamente dos estados tradicionalmente contradictorios.



la traducción arquitectónica

"Mantengo que para cualquier arte o disciplina, se deben extraer de la naturaleza principios ciertos, perfecciones y reglas, y que si ponemos cuidado y diligencia en examinarlos y en servirnos de ellos, resultará, indudablemente muy bien hecha la obra que nos apliquemos a realizar."

Leon Bautista Alberti. Della Statua.



Sería ingenuo creer que se pueden trasladar mecánicamente formas fractales a la arquitectura. Los intentos de trasladar, literalmente la lógica fractal a diferentes escalas y contextos son tan poco válidos como lo sería la reproducción directa de la Antigüedad clásica. Es decir, lo importante es hacer una **traducción** de estas formas a la arquitectura. **Traducir es trasladar las esencias, los significados y las leyes estructurantes de una entidad a otra.** Es seguir una lógica semejante en la organización de las formas. Es trabajar las ideas esencias que contiene el orden fractal.

Como vimos en el capítulo anterior, la geometría fractal surge para explicar fenómenos y formas naturales aparentemente caóticos. Las formas de la naturaleza han estado siempre relacionadas con la expresión arquitectónica, desde dos modelos básicos. Es importante, por lo tanto, intentar descubrir cuáles son los mecanismos que se han utilizado para comprender como hacer la traducción de esta nueva descripción de la naturaleza.

formas de traducción: metáfora y analogía

Las formas de la naturaleza llegan a la arquitectura transpuestas a escala humana y colocadas en un orden visualmente aprehensible para que sean de valor arquitectónico. Analogías y metáforas son los medios para conseguirlo.

La analogía equivale a la proporción. Es la semejanza entre una cosa con otra, es la similitud de caracteres o funciones esenciales. Implica correspondencia y correlación. Expresa una semejanza esencial. La metáfora en cambio, es de carácter simbólico y opera con relaciones de semejanza sobre las apariencias formales.

En las **metáforas naturales**, la arquitectura toma las formas aparentes de los árboles, las flores, los esqueletos o los cristales inorgánicos. Esta arquitectura intenta aproximarse a las apariencias del mundo natural y tiene

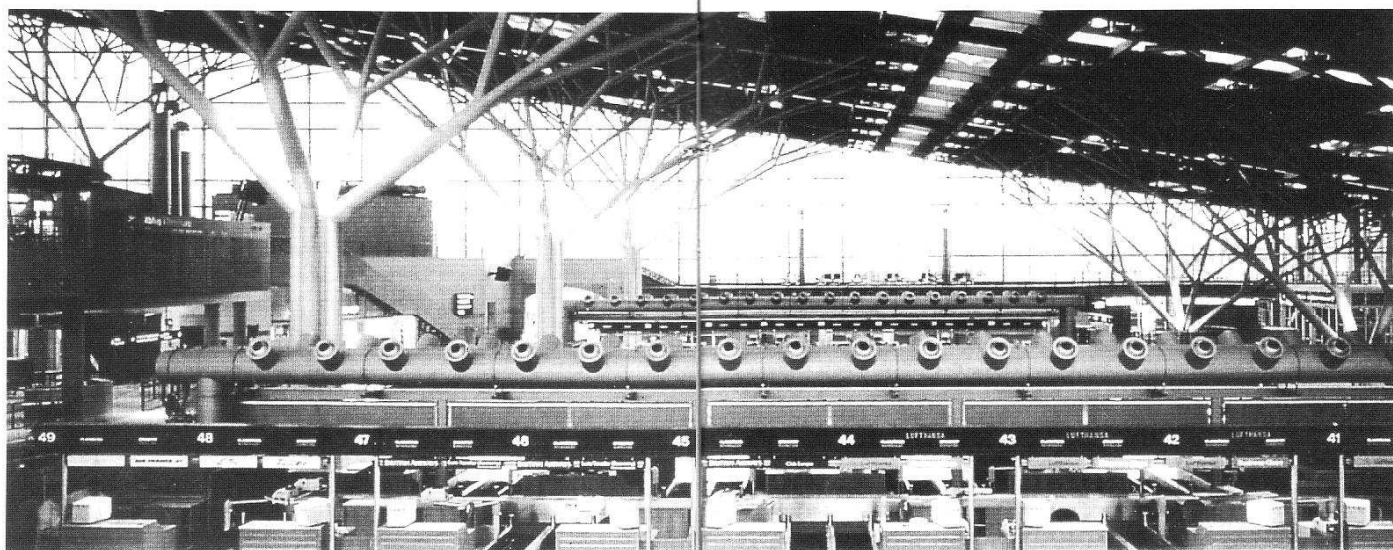
un carácter similar al de un organismo natural, dando la misma impresión de unidad y totalidad indivisible.

El pensamiento analógico se nos presenta, en cambio, más interesante, ya que extrae leyes e ideas esenciales que permiten elaborar el dato natural y traducirlo a la gramática arquitectónica en forma de leyes.

Si bien existen analogías para generar estructuras u organizaciones funcionales, nos parece pertinente mencionar las dos más vinculadas al estudio de la forma. Estas analogías de la naturaleza se nos presentan como analogías geométrico matemáticas o analogías perceptuales

Las dos categorías aparentemente antagónicas son de hecho conciliadas y se auxilian mutuamente.

Los pilares del aeropuerto de Stuttgart de Von Gerkan recurren a la metáfora del árbol.

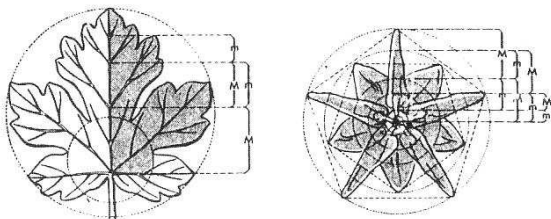


«El estilo rigurosamente geométrico, estructurado según leyes de simetría y ritmo, es, desde el punto de vista de la sujeción a la ley, el más perfecto.» Riegl

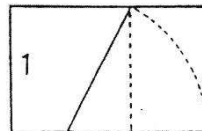
Las **analogías geométrico-matemáticas** buscan principios morfológico-geométricos en los principios constructivos de la naturaleza, animal, vegetal, mineral, elaborando **esquemas abstractos** matemáticos.

El paradigma del orden admite la existencia de un sistema del cosmos, de la naturaleza o el sistema de las formas arquitectónicas de los tratados. Este sistema ha estado representado por la geometría euclidiana, las configuraciones espaciales del cubo y sus leyes.

En las particiones asimétricas, el estudio del crecimiento y la morfología de los seres vivos, especialmente en la Botánica y en el esqueleto humano, se encuentra cierta constante o proporción invariante explicada por la simetría pentagonal o el análisis dinámico de las superficies, que da nacimiento a un juego de modulaciones armónicas de una flexibilidad y de una variedad infinita: una gramática de las leyes naturales, que se remonta a los antiguos griegos. Los trazados de las catedrales góticas, los tratados renacentistas, el Modulor de Le Corbusier, son ejemplos de esta concepción.



Esta proporción llamada sección áurea, número de oro (Φ) o divina proporción es definida por Platón en el Timeo. La relación entre un segmento y su sección áurea es un número irracional: 1,618 aproximadamente, que es el llamado número de oro (Φ). Un rectángulo se llama áureo cuando sus lados están en una relación 1: Φ . Este rectángulo puede dividirse en un cuadrado y en un rectángulo áureo más pequeño. De este modo se forma el rectángulo de los cuadrados giratorios.



Una serie que está relacionada a esta proporción es la serie de Fibonacci.

1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, ...

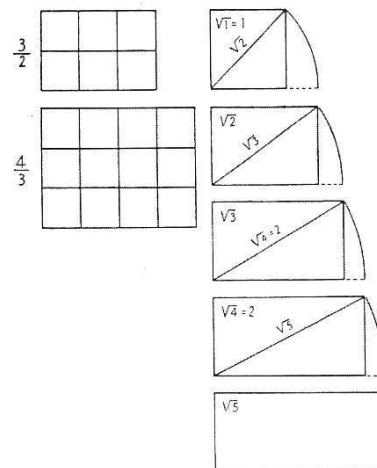
donde la sumatoria de dos números consecutivos es igual al siguiente, (por ejemplo $5+8=13$).

Si se dividen dos números consecutivos de esta serie aparece el resultado 1,618034 o Φ , y cuando mayores sean los números elegidos a dividir, más se acercará el resultado al número de oro (por ejemplo $233 / 144 = 1,618025$).

El Modulor (el término deriva de module, unidad de medida, y section d'or, sección áurea), el sistema proporcional de Le Corbusier, consiste en dos series de Fibonacci interrelativas: la serie roja y la serie azul.

Los cánones estáticos y dinámicos **son la traducción geométrica de las propiedades de los cuerpos inorgánicos y los orgánicos.**

Los rectángulos estáticos son aquellos cuyo módulo n (o relación entre los lados) es un número entero (1,2,3,...) o fraccionario ($3/2$, $4/3$,...). Corresponden a la naturaleza inorgánica. En los dinámicos, n es un número inconmensurable (Φ , $\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$, $\sqrt{5}$,...). Estos tienen que ver con las proporciones de los seres vivos. El cuadrado y el doble cuadrado ($n=1$ y $n=\sqrt{4}=2$) pertenecen a las dos series.



«El examen matemático de la estructura general y del crecimiento de los seres vivos, ... parece propiamente denunciar la recurrencia de ciertas proporciones útiles o simpáticas, y por lo general, ambas a la vez. ¿Nos complacen porque son precisamente los pálidos reflejos de la trascendente ley de los números?»

Matila Ghyka, Estética de las proporciones en el arte y la naturaleza.

La calidad de aditiva de esta arquitectura responde a una visión analítica de la naturaleza como un mecanismo compuesto por **partes** identificables y en el que todos los elementos están dispuestos siguiendo un orden absoluto, según **las inmutables leyes de un sistema** preestablecido. Esto significa que hablamos de **elementos** y de las relaciones que hay entre ellos, según reglas y principios.

Las **analogías perceptuales** surgen de la captación intuitiva de principios y leyes complejas de la vida orgánica aplicados al diseño arquitectónico, como crecimiento, movimiento, organicidad.

«Intento aumentar mi sensibilidad, hacia el ritmo orgánico de todas las cosas, intento identificarme panteísticamente con el vibrar y el correr de la sangre en la naturaleza, con los árboles, con los animales, el aire.» Franz Marc

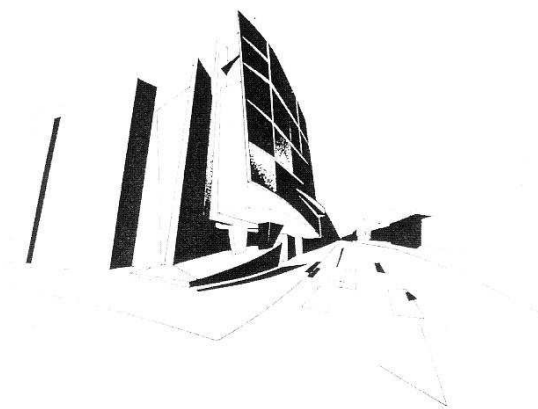
La naturaleza ofrece infinidad de formas libres de toda dependencia de cualquier modelo preexistente. Líneas curvas y muchas superficies que no son geoméricamente confrontables en los objetos naturales. Son metamorfosis de elementos pertenecientes al reino animal, vegetal y mineral en formas indefinidas que tienen la misma idea de globalidad pero en abstracto, la misma compleja unidad. Se oponen a todo procedimiento analítico y no imitan directamente a algún organismo particular. El modo de articular los volúmenes no sigue ley geométrica alguna, se compone el azar bajo forma de proyecto.

«Una vez creado artificialmente el organismo, debe comportarse de manera tan natural como un organismo vivo ya sea en su estructura, en las relaciones entre diferentes elementos, o las relaciones entre este y el conjunto.»

Hans Scharoun

La característica más llamativa de estas formas es su **concepción holística** u organicidad, la unidad entre el todo y las partes. La manipulación de los elementos formales, en el juego sintáctico, no es imaginable en esta arquitectura por la dificultad que existiría en «aislar» elementos formales con entidad propia. El sentido tectónico, racional y geoméricamente puro de la arquitectura del paradigma del orden es dejado de lado, para buscar el desequilibrio, la espontaneidad y la forma libre y curvilínea, que acerquen la necesaria artificialidad de la construcción humana a las deslumbrantes e inaprehensibles imágenes de los organismos vivos.

Zaha Hadid, Kurfürstendamm 70, Berlín. EL edificio sugiere movimientos y desplazamientos



las reglas del juego

Con los fractales se pueden lograr formas de gran cohesión, donde difícilmente podemos distinguir partes, y que sin embargo fueron construidas fragmento a fragmento, línea más línea, punto más punto, volumen más volumen. Las formas fractales tienen la apariencia de las formas libres de las analogías perceptuales, pero están regidas por leyes muy estrictas relacionadas con las de las analogías geométrico-matemáticas. En ellas se reúnen las condiciones de las dos analogías.

¿Cuáles son, entonces, los modos adecuados de traducción de esta geometría? Recordemos que el uso del orden geométrico en el proceso creativo contribuye a la traducción de la idea-esencia a la forma arquitectónica.

El orden arquitectónico propone las reglas del juego, el diseñador elige las estrategias o las jugadas a realizar con las leyes propuestas. En este sistema tenemos principios de composición y distribución (las reglas del juego) y un juego, es decir las estrategias que se desarrollan a partir de esas leyes. Mientras que las leyes tienen que ver con la geometría, las estrategias se vinculan a lo perceptual.

La creación de órdenes se basa en las leyes de la geometría. La geometría nos interesa pues se ocupa de las cualidades y propiedades de las formas espaciales y nos permite operaciones capaces de construir y controlar formas tridimensionales, espaciales. En los objetos contruidos que presentamos a continuación, la geometría fractal es utilizada como estructura, como orden subyacente, como sistema de relaciones internas entre elementos.

Estas relaciones de elementos están basadas en las teorías compositivas. La composición es la combinación de elementos aislados o formas en las que estos criterios de distribución, de disposición y coherencia definen las relaciones. Es un procedimiento creativo en el cual se crea y se organiza el material según leyes generadas en el interior de la obra.

«La arquitectura es un fenómeno de creación, que sigue un ordenamiento. Quien dice ordenar, dice componer. La composición es propiedad del genio humano; y es aquí que el hombre es arquitecto.»

Le Corbusier, *Défense de l'architecture*, Archithese, nº6, 1980

Componer significa juntar cosas diferentes para hacer una sola con ellas: la palabra composición presupone la existencia de un conjunto finito de materiales formados clasificables y utilizables a los fines del proyecto. Sin embargo, con la aparición de una nueva geometría este conjunto se enriquece. Los principios que fundamentan y dirigen las operaciones proyectuales y sus reglas son los instrumentos potenciales de control de la arquitectura.

El concepto de composición determina los límites de un universo único que hemos creado y cuyas leyes básicas están determinadas por el carácter del campo. Deben ser explícitas como cuando se selecciona cierto formato para un cuadro o de una página. Pueden ser tan sólo aproximadas, como cuando se elige la escala de un edificio o una escultura. En cualquier caso, la manera en que uno desarrolla ese universo estará condicio-

nada por sus leyes inherentes. Las relaciones que determinan la unidad son tanto estructurales como visuales. La composición significa también organización estructural y ésta constituye el **fundamento de las relaciones visuales**.

La historia del concepto de composición puede ser leída en los inicios como la sucesión de los variados y diversos intentos de formular una teoría de la arquitectura fundamentándola como arte y por encontrar una fuente racional para el diseño. Los orígenes se buscaban en fuentes divinas o naturales, lo que implicaba una geometría que iba de lo cosmológico a lo antropomórfico. El hombre vitruviano mencionado en el primer capítulo, es el ejemplo más conocido.

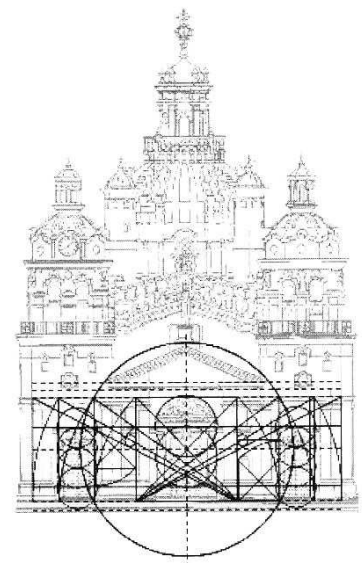
Esta idea genética de principio-fin estaba relacionada con la creencia de un plan universal de la naturaleza y el cosmos, el cual, a través de la aplicación de las reglas clásicas de composición, en lo que atañe a la jerarquía, el orden y el ajuste, daría lugar a la armonía del todo sobre las partes. De este modo, la perspectiva del fin dirigía la estrategia desde el principio.

Estudio del esquema estructural de la Catedral de Córdoba realizado por Viviana Colautti

«la composición consiste en el ir de lo simple a lo compuesto, de lo conocido a lo desconocido: una idea prepara siempre a aquella que la sucede, y esta última a su vez reclama siempre a aquella que la precede.» Jean Nicolas, Durand, *Précis des leçons d'architecture* donnés à l'Ecole royale polytechnique, 2º volumen, París, 1821

Jean Nicolas Durand (1760-1834), define la composición como la acción de combinar entre ellos los elementos constructivos expuestos axiomáticamente en la primera parte de su curso

Es de Le Corbusier el eterno crédito de haber inventado un método (la planta libre) con el cual integrar la forma-espacio libre de la vanguardia con los paradigmas académicos del Iluminismo: reconciliar el experimentalismo de la proyectación con el orden de la composición.



Cuando hablamos de composición nos referimos a un esquema estructural, unos elementos básicos, y unas leyes para agrupar y relacionar estos elementos sobre el esqueleto estructural.

esquema estructural: En la experiencia perceptual, el esquema o esqueleto estructural ayuda a determinar el papel de cada elemento dentro del sistema de equilibrio de la totalidad.

Todos los diseños tienen una estructura que gobierna la posición de las formas en un diseño. La estructura, impone un orden, organiza y predetermina las relaciones internas de las formas de un diseño. La estructura es invisible, las líneas estructurales son conceptuales, sirven de marco de referencia.

La característica principal de una estructura es, en nuestro caso, la de modular un espacio, dando a este espacio una unidad formal y facilitando el trabajo del diseñador que, al resolver los problemas básicos del módulo, los submódulos, los vínculos entre módulos, los nudos y la forma interna de los módulos, resuelve todo el sistema.

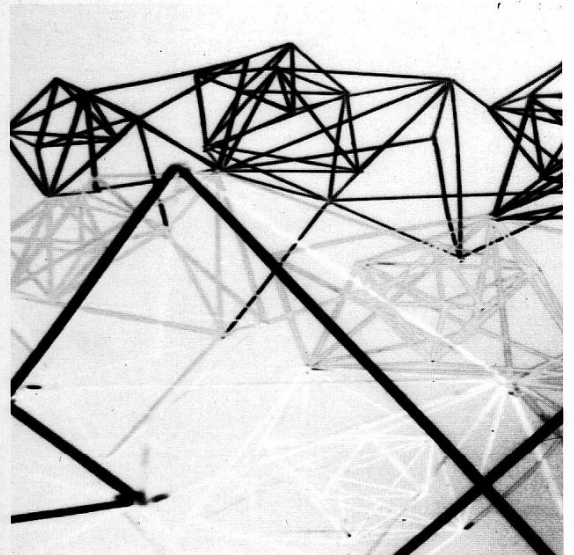
Los trazados reguladores son sistemas de ordenación basados en el uso de un elemento o módulo que se repite en distintos modos y combinaciones para dar la forma total, y también los que utilizan como elemento básico una relación aritmética de proporción entre las partes. Los sistemas de proporciones matemáticas, los trazados, patrones y estructuras nos permiten el dominio del mundo visual.

leyes para agrupar elementos: proximidad, semejanza, agrupamiento espacial, continuidad, cierre, alternancia figura/fondo, contrastes y armonías de caracteres: tono, valor, saturación, textura, posición, forma, dirección, intervalo, tamaño.

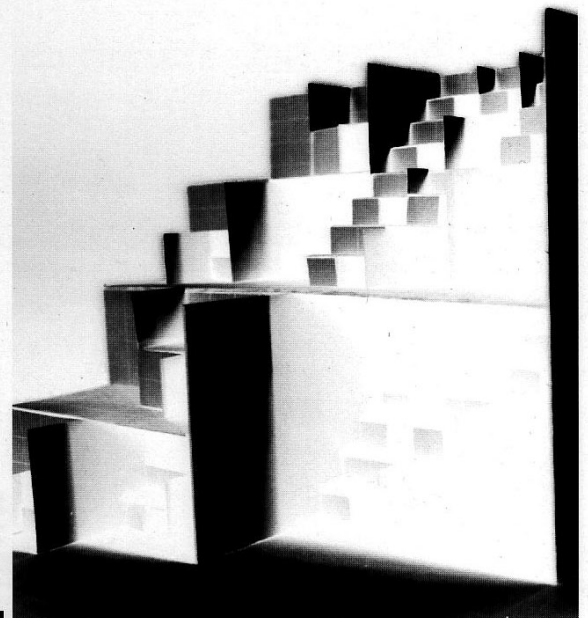
Organizar la imagen significa medir y relacionar diferencias visibles y crear grupos a partir de la proximidad, la semejanza, la continuidad y el cierre. elementos básicos como generadores del espacio punto, línea, planos y volúmenes.

elementos básicos como generadores del espacio punto, línea, planos y volúmenes.

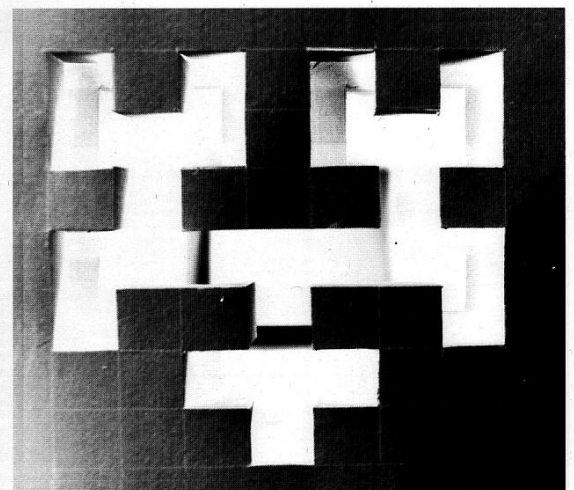
línea



plano



volumen



el fractal como estructura

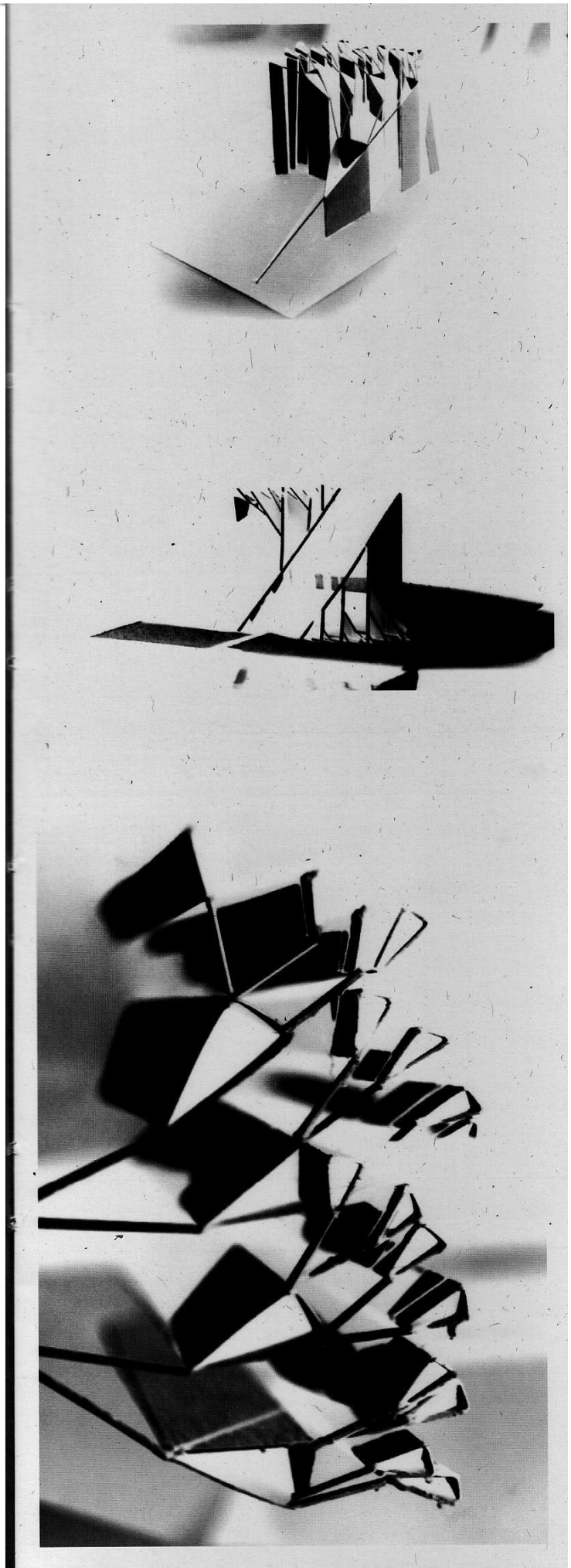
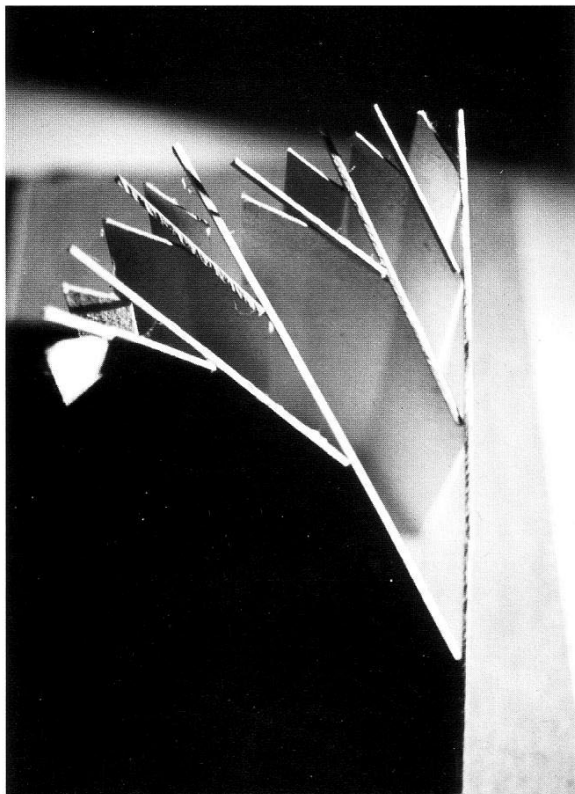
experiencias compositivas

En este capítulo se desarrollan experimentaciones de los conceptos elaborados utilizando fractales como trazados reguladores y aplicando teorías compositivas a través de la construcción de modelos.

El fractal es considerado como elemento bidimensional (planta o corte) a partir del cual se trabaja con volúmenes que se elevan desde esta base.

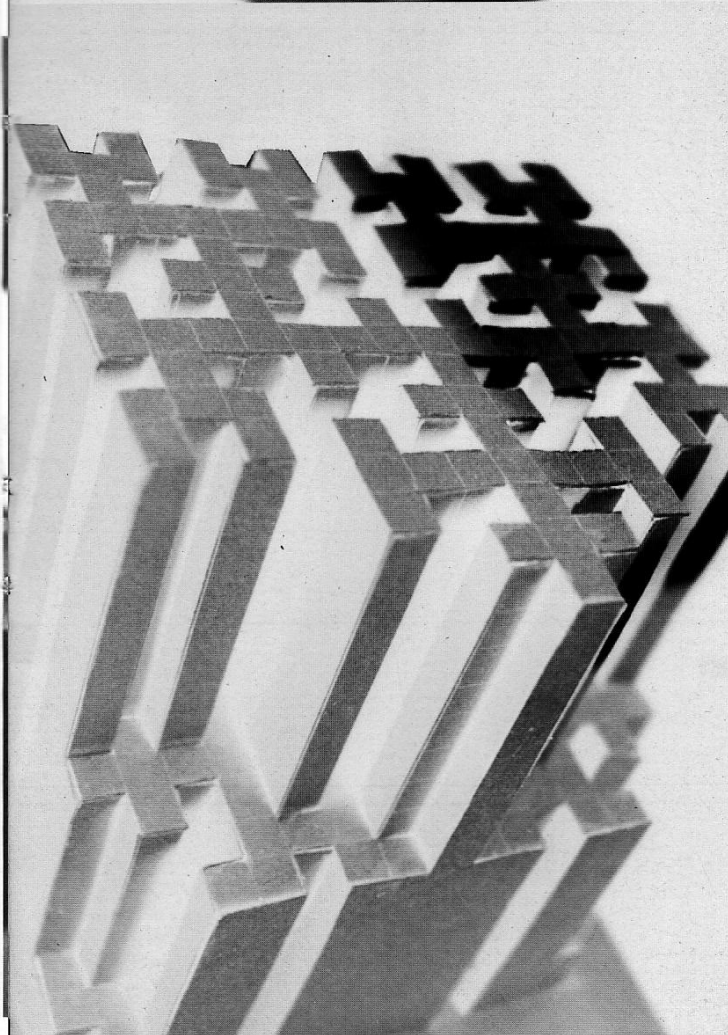
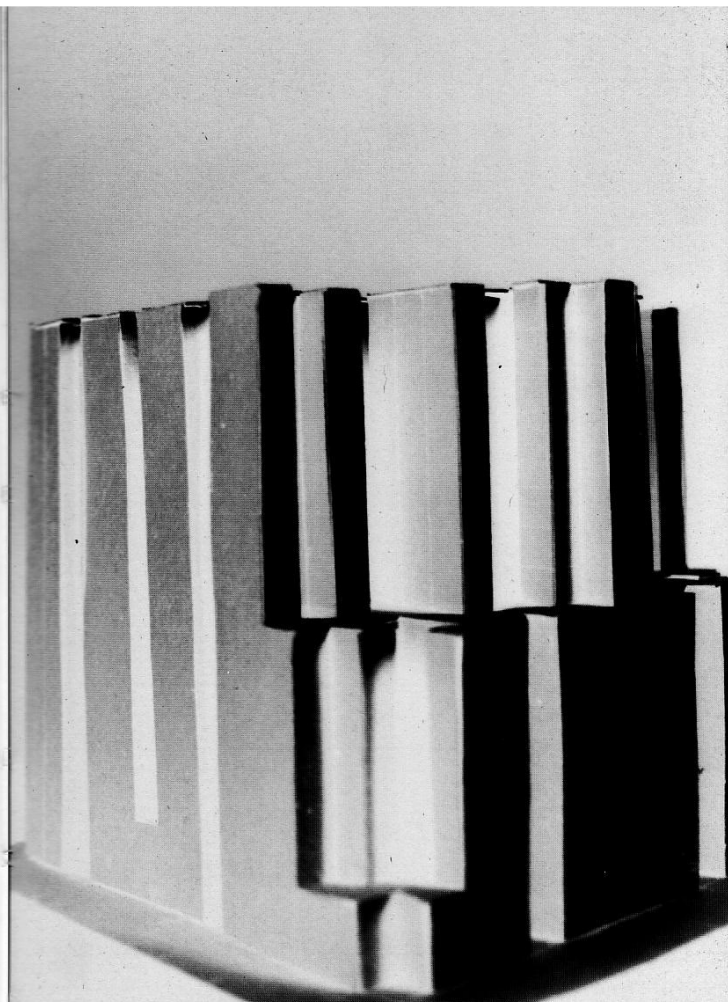
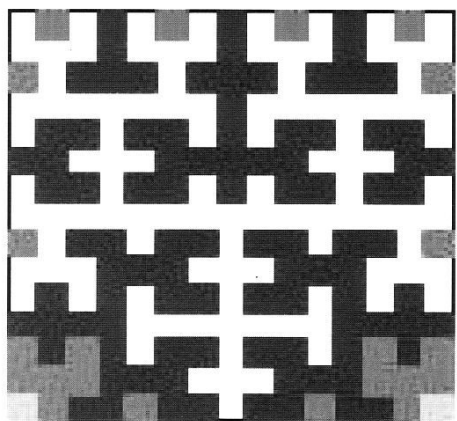
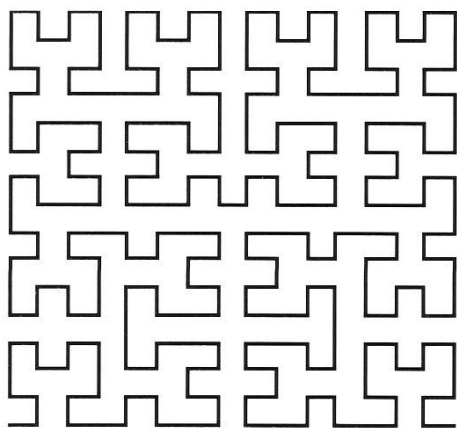
Se comienza haciendo una división del plano a partir de un fractal en dos dimensiones. Se construye un modelo espacial elevando cada segmento y asignándole valores de acuerdo al algoritmo empleado en planta. Se construyen variantes, que después pueden ser combinadas.

Se intenta hacer crecer en altura un fractal bidimensional cualificando líneas, planos y volúmenes, proponiendo variantes para una misma planta. Para ello se asignan diversas series de crecimiento a un l-system. La idea del crecimiento orgánico y la expansión se reflejan en la estructura del objeto.

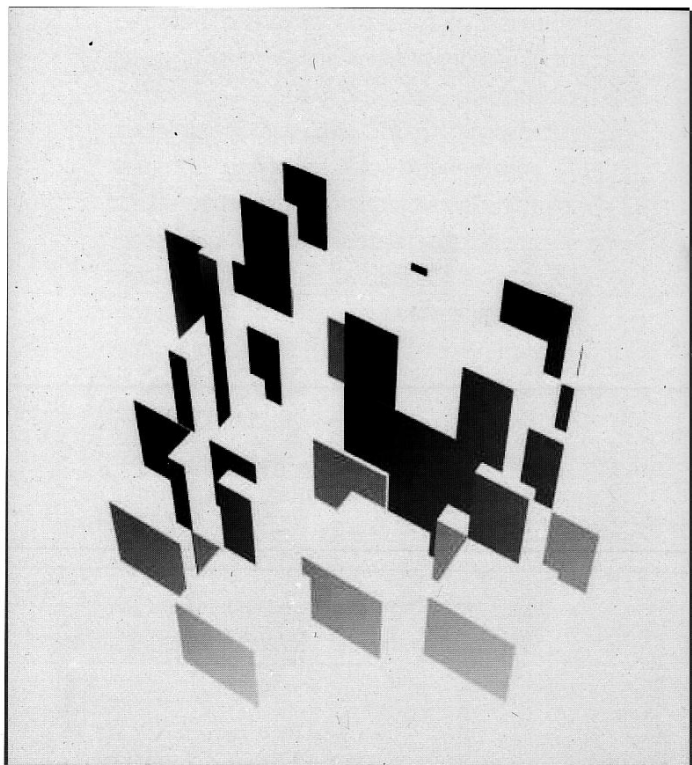


La fuerza con que se eleva este objeto proviene de asignarle una progresión de alturas a una curva de Hilbert (ver página 95)

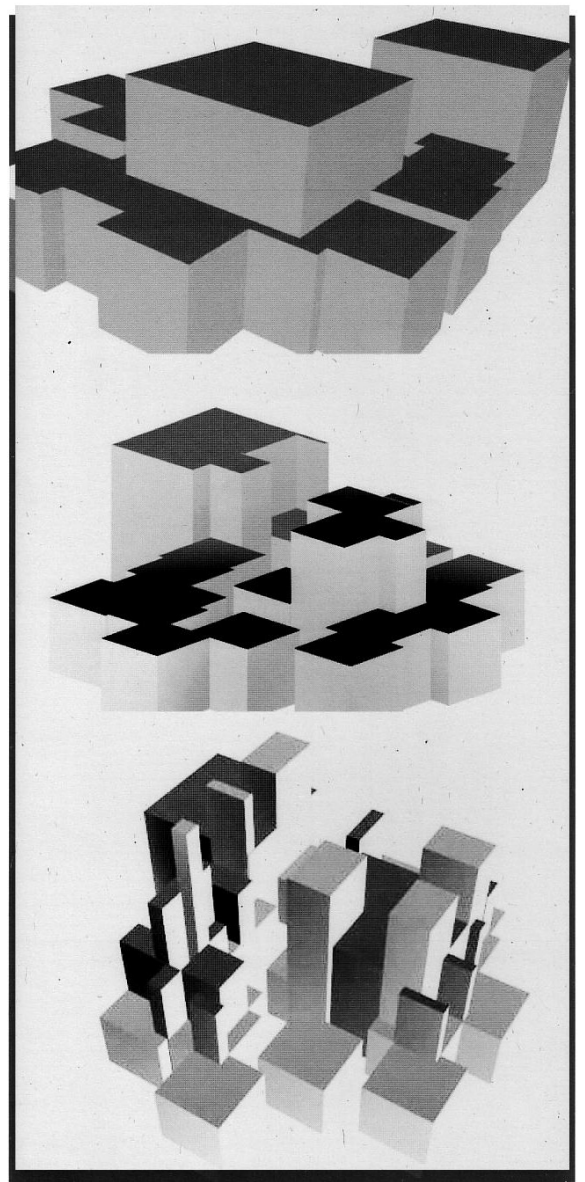
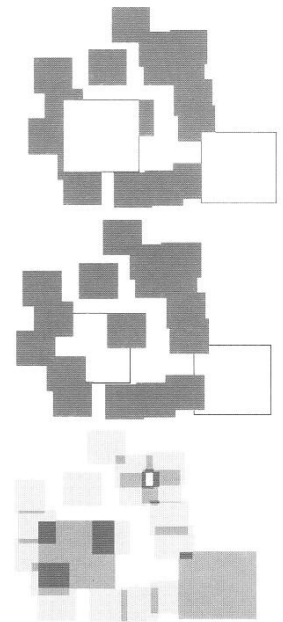
La excavación, nos muestra su espacio interior complejo, lleno de quiebres, desniveles y sorpresas.



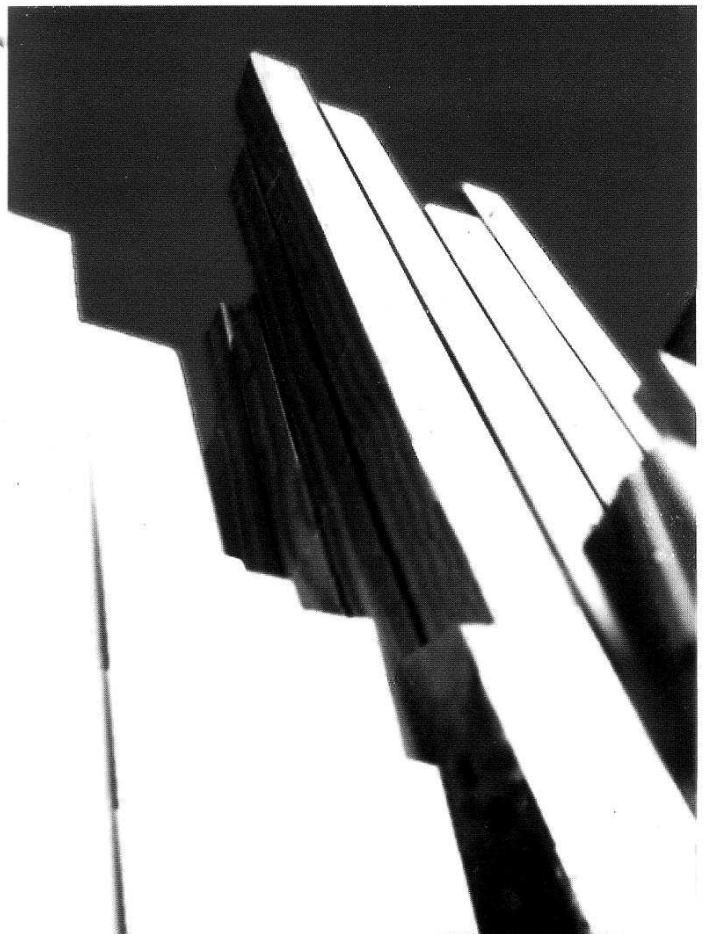
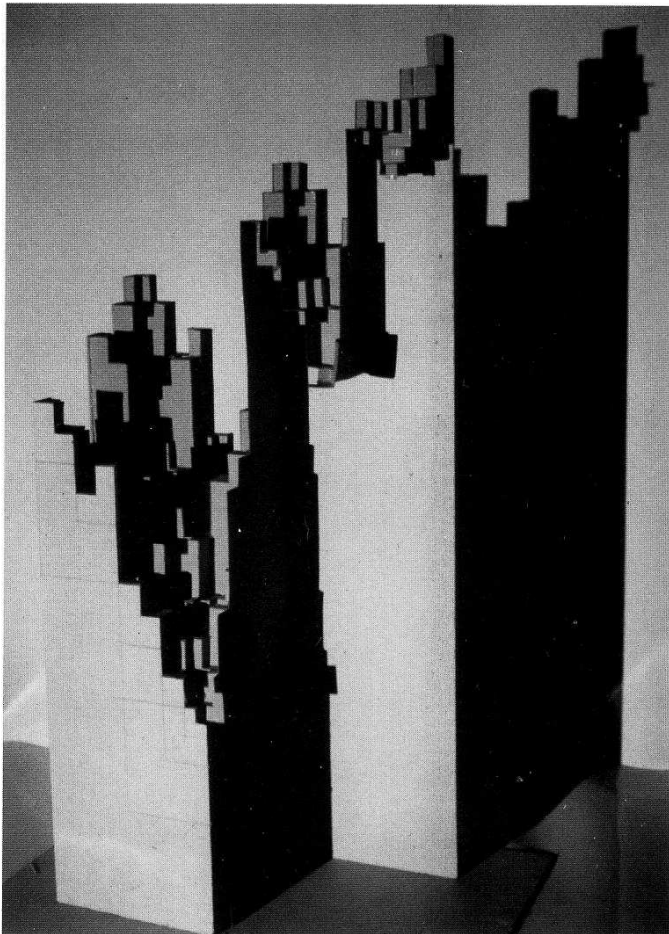
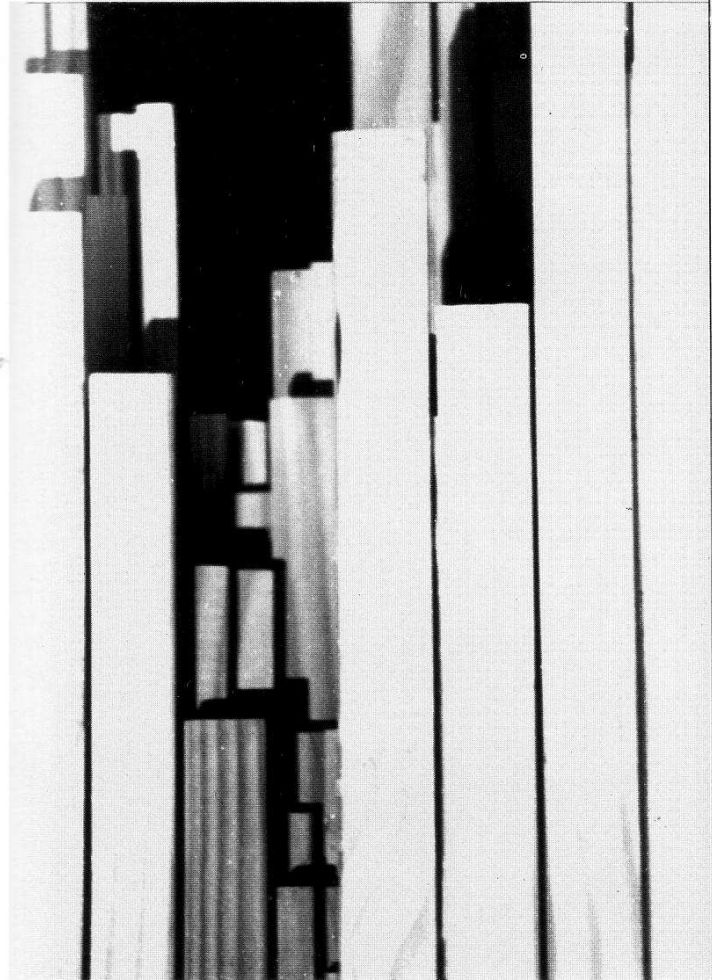
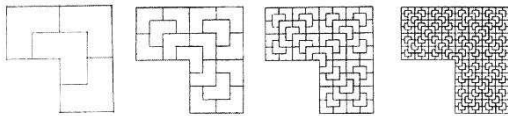
El siguiente objeto consiste en diversos juegos a partir de un trazado fractal generado con el programa Fractal Vision de Dick Oliver. A partir de esta estructura bidimensional se elevan los volúmenes de acuerdo a distintas leyes de superposición, adición y sustracción.

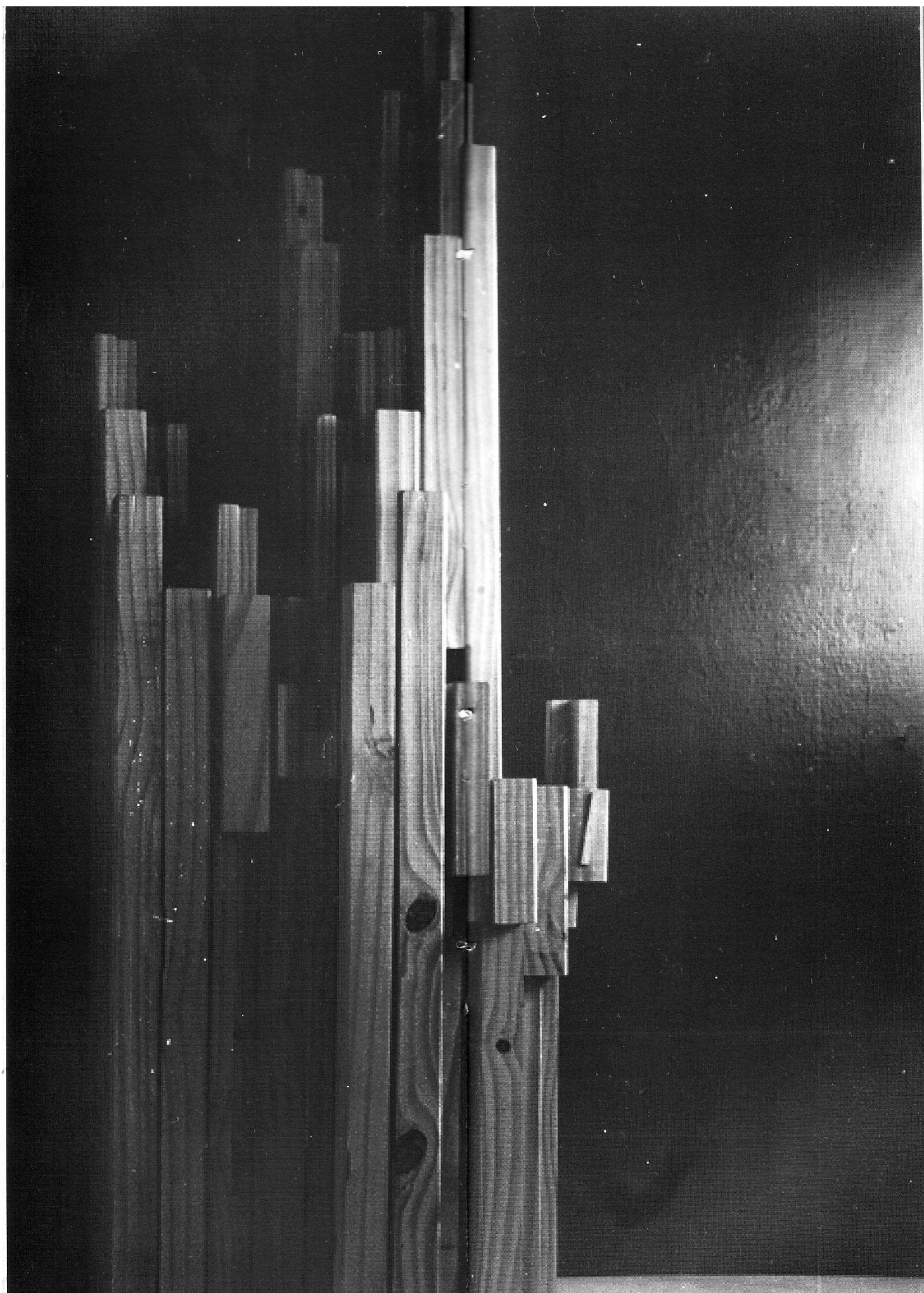


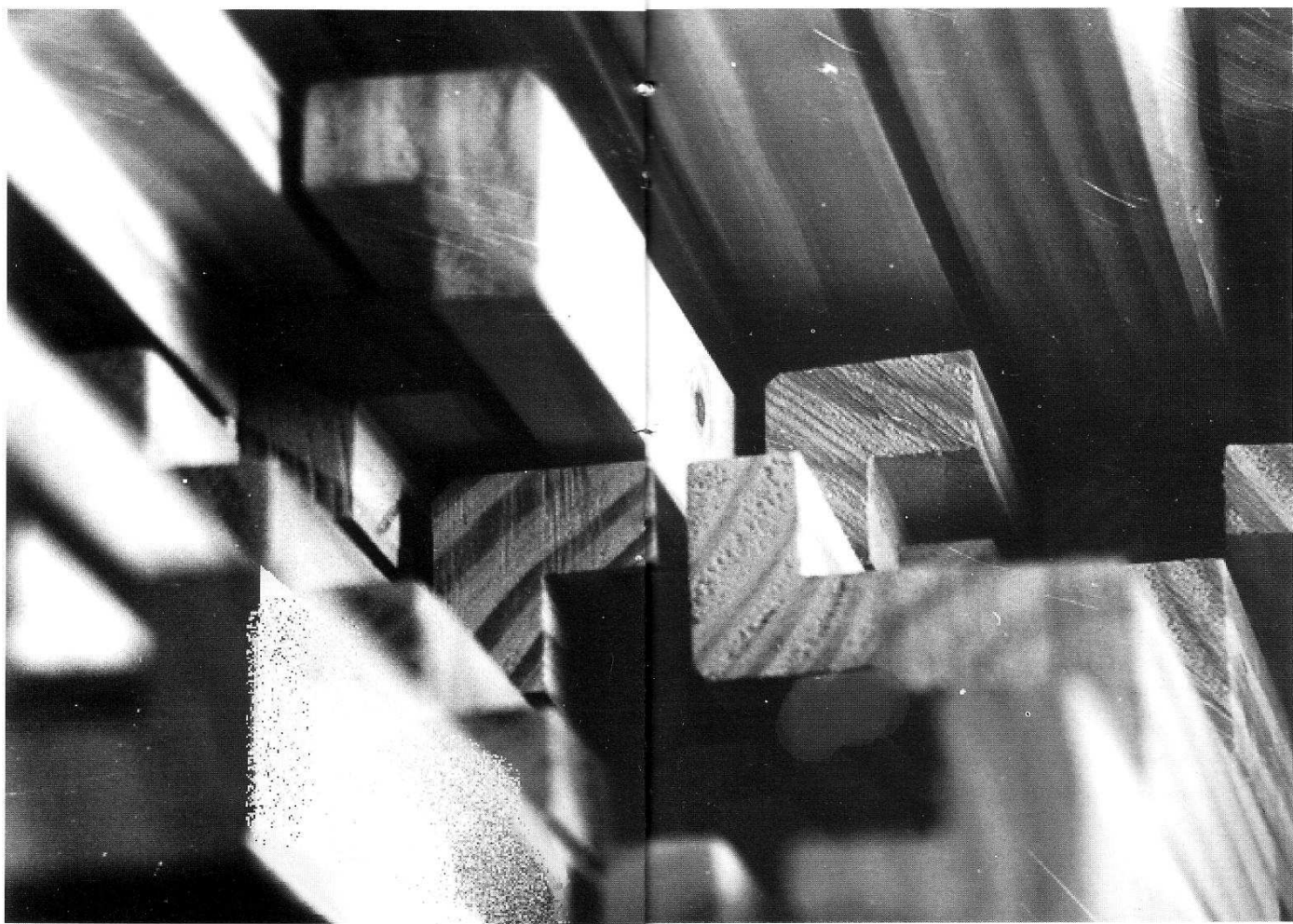
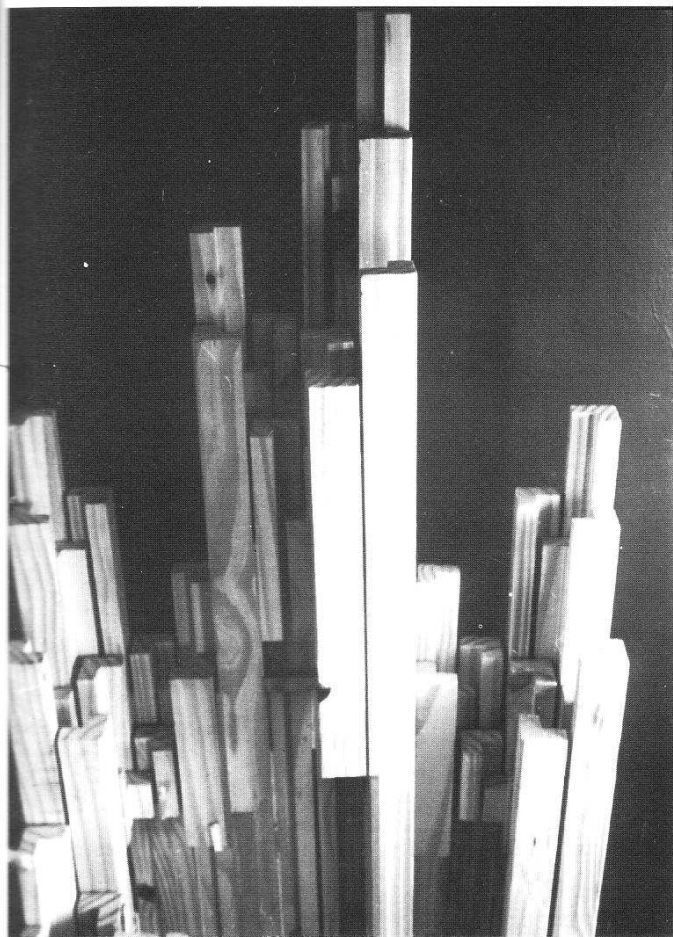
Estudio de las diferentes variantes, en planta y en volumetría



En este caso la estructura de un tile aperiódico es considerado el trazado de la planta. Se asignan alturas según la posición relativa de cada L dentro de la L mayor. El escalonamiento surge de aplicar una serie numérica de crecimiento a un esquema compositivo fractal. Se elaboró primero un objeto de cartón para luego realizar uno de madera de 1.50 m de altura.







las estrategias

"Componer para un arquitecto es poner en orden las imágenes de lo ensoñado". Alvar Aalto

En las experiencias anteriores se trabajaba con un esquema geométrico y elementos básicos. Pero esto no es arquitectura aún. Es solamente un trabajo compositivo. El paso siguiente al que debemos enfrentar es la superación del campo de la geometría para desarrollar el del diseño. Intentamos construir la imagen a través de las percepciones.

El uso de las reglas del juego, la composición en este caso, nunca permite por sí solo, constituir el juego. Para ello es necesaria la intervención del jugador con sus estrategias. Factores como la escala, la forma, el color, el tamaño, la dirección, la ubicación, la profundidad espacial, confluyen en el efecto total haciendo que algunos elementos resalten más o menos que otros. Estos factores pueden actuar unos con otros o en contra de otros para crear un equilibrio del conjunto. El peso por color puede estar contrarrestado por el peso por ubicación. La dirección de la forma puede estar equilibrada por el movimiento hacia un centro de atracción. La complejidad de estas relaciones contribuye en gran medida a enriquecer y cualificar la obra.

La **selección de las formas** es la primera de las estrategias para la traducción. Ninguna forma, ni las clásicas, ni las modernas, ni las fractales, son garantías de belleza. El orden es solamente uno de los factores que determinan que la forma tenga un contenido estético. Y aun así no todos los fractales son bellos ni todos son expresivos. Otros no tienen que ver con el lugar o con las funciones y usos que requiere la obra o con el orden contenido en las materias que lo construirán o con las ideas que desea transmitir el diseñador. Debemos confiar en nuestros criterios como arquitectos para elegir y

recrear estas formas. Debemos desarrollar nuestra capacidad para entender las relaciones entre la forma, las ideas contenidas en la misma, y las que deseamos expresar.

La **reelaboración del esquema** de origen es otra estrategia. Se seleccionan elementos, se recrean sutiles oposiciones, se proponen lecturas. La geometría deja de ser ostensiva, directa, pasa a ser elemento subyacente de orden y control, materia para el proceso de arquitecturización. Así como Louis Kahn trabajaba con el cubo pero no construía cubos, debemos entender que la forma fractal que se utiliza es un elemento de control del diseño y no el diseño mismo.

Dentro del esquema ordenador fractal debemos elegir cuales son los elementos dominantes y cuales son los subordinados, es decir, trabajar **las jerarquías**. La estructura fractal brinda un plano de una cierta uniformidad en la que destacamos algunos elementos sobre otros. Por razones simbólicas, funcionales o estructurales, partes del edificio tendrán más importancia que otras. Se subrayan entonces, ciertas partes para insistir en el sentido de las ideas, se crean centros de atracción y se guía la atención del observador. Dentro del esquema esto se logra mediante el uso de tamaños excepcionales, una forma única o un emplazamiento estratégico.

A partir del esquema ordenador se requiere utilizar la estrategia de la **cualificación**. Así como se hace una selección de elementos principales y secundarios, cada parte debe estar estudiada en cuanto a su concreción. Las cuali-

dades de los materiales, la incidencia de la luz, sus atributos de apertura o clausura, opacidades, transparencias, volúmenes, planos o estructuras filares, texturas y colores, son sólo algunas de las variables que deben ser tenidas en cuenta. Esto tiene que ver con las estrategias de **materialización** que dependen del encuentro del orden geométrico con otros órdenes, donde cada cual aporta sus ideas: el orden de la materia y las técnicas, el orden de la tipología, el orden del lugar, el orden del significado, etc.

El esquema abstracto también debe interactuar con la **escala** para ser arquitectura. La arquitectura no puede ser pensada independiente de su tamaño. La geometría sirve una vez que hayamos decidido considerar el espacio sensible de una manera u otra, pero ella no permite decidir qué espacio debo formalizar, a cuál espacio debo referirme. La escala nos posibilita establecer la diferencia entre el espacio geométrico y el espacio arquitectónico o si lo deseamos entre geometría y arquitectura. Si bien a través de la historia se hayan buscado conceptos proporcionales ideales, encontrar la escala adecuada y las proporciones justas es una cuestión de intuición, que se relaciona con la expresión de una idea.

Otra estrategia es la **búsqueda de equilibrio**, aún en la arquitectura actual que busca la tensión. Afirmar que el desequilibrio sólo se puede expresar mediante el equilibrio, que el desorden sólo se puede expresar mediante orden, es una paradoja aparente. En condiciones de desequilibrio, la idea deviene incomprensible. Un esquema ambiguo no permite decidir cual de las configuraciones posibles es la que

se pretende. Parece como si el proceso de creación hubiera quedado accidentalmente congelado por el camino.

El equilibrio nos permite encontrar un orden en la composición, que nos ayuda a percibir un vínculo en su totalidad y entre fuerzas de formas, valores y materiales. Salvo en las formas más regulares, ningún método conocido de cálculo racional puede reemplazar al sentido intuitivo de equilibrio del ojo. Para toda relación espacial entre objetos hay una distancia «correcta», que el ojo establece intuitivamente.

La **búsqueda de la síntesis** consiste en concentrarnos en lo rigurosamente importante. El objetivo es aumentar y exagerar la expresión, usando pocas palabras para decir más, en favor de un resultado más fuerte. Se centra la atención en la totalidad y se deja a los detalles un lugar subordinado.

La última estrategia es la definición del diseño del todo y el diseño de las partes subordinadas, concebidas como una unidad. La **articulación de las partes** y la relación entre ellas, los vínculos, los encuentros y las uniones de los elementos que forman el todo, buscan alcanzar la armonía, la continuidad y la globalidad.

Muchas de estas estrategias dependen de la intuición del diseñador. Por eso, hacemos hincapié en el uso del método fenomenológico, como modo de acercamiento a la realidad del proceso de diseño. La experimentación nos ayuda a definir las variables y las posibles estrategias de acción.

¿cómo aplica un arquitecto este orden?

experiencias proyectuales

«Si al componer quisieses emplear las reglas difícilmente llegarás a empezar nada e introducirás confusión en tus obras».

Leonardo da Vinci

Por un lado tenemos una nueva geometría que nos propone leyes de juego, por el otro la forma arquitectónica, que a partir de este orden propone estrategias. Pero, ¿qué es lo que hay entre ellos. ¿Cómo trasladar las ideas abstractas, los esquemas geométricos, a la arquitectura? ¿Qué es lo que sucede en este espacio intermedio entre la idea y la materia?.

La traducción de ideas a la forma consiste en procesos, caminos y métodos, que relacionen creativamente las ideas contenidas en el orden fractal y la forma arquitectónica. Para lograr la transferencia a la forma se experimenta mediante la elaboración de modelos. La construcción concreta de objetos se genera a partir de una estructura compositiva y sobre la que trabaja teniendo en cuenta jerarquías, crecimientos, combinaciones, texturas, etc. es decir elementos del diseño arquitectónico.

El espacio dinámico, el espacio complejo y las cualidades sensibles del espacio: la luz, el color, los materiales, son examinados a través de la escala a partir de las **estrategias** enunciadas: selección de formas, reelaboración del esquema de origen, jerarquización, equilibrio, contrastes, escala/proporción, búsqueda de la síntesis, articulación, cualificación, materialización.

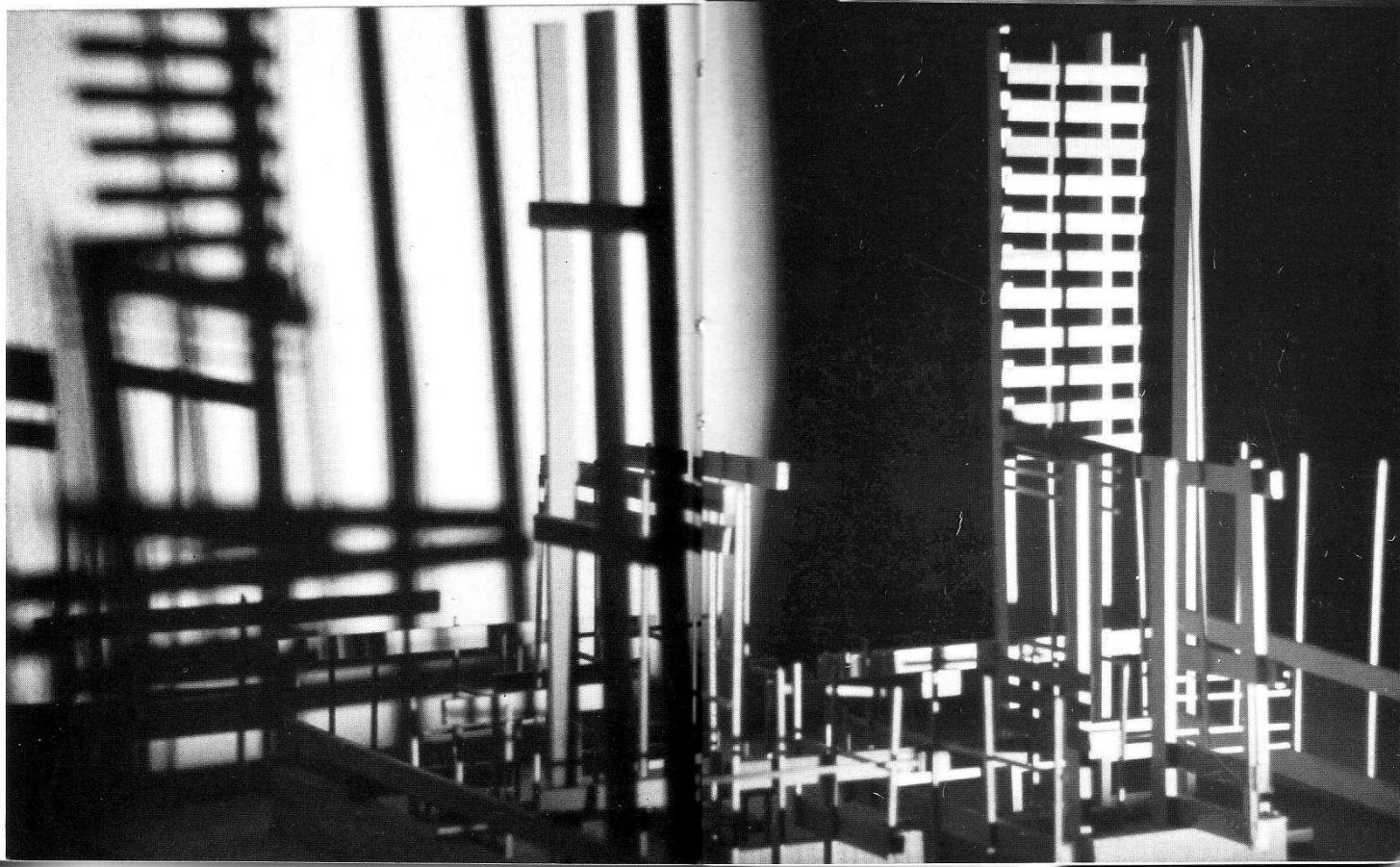
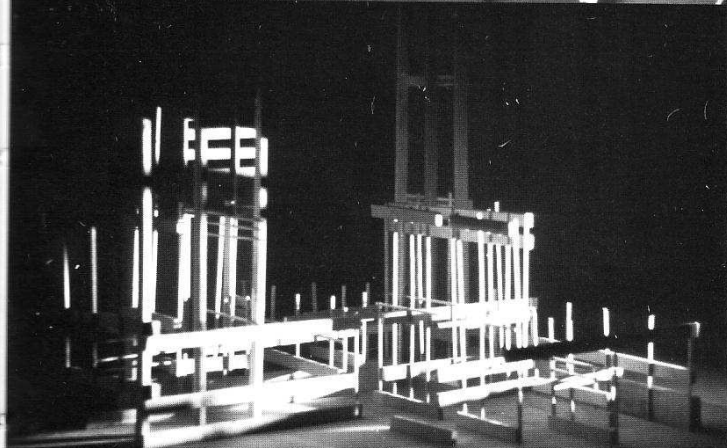
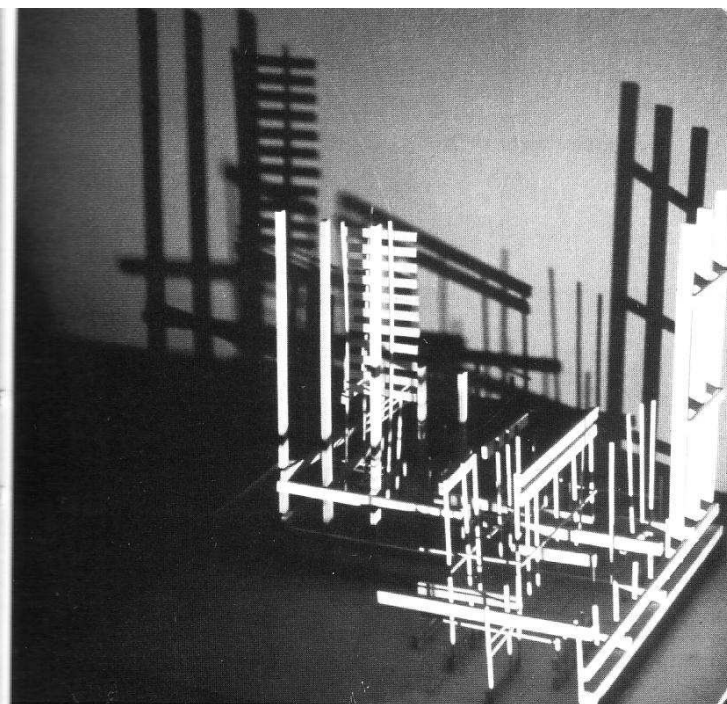
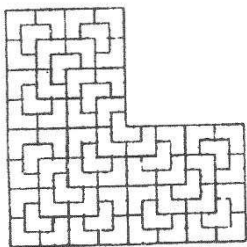
Lo que toma siempre protagonismo en los objetos siguientes es la manifestación de su propia estructura, la citación de sus órdenes geométricos intrínsecos y las estrategias utilizadas. Las exploraciones intentan explicitar los procesos, órdenes y elementos que la constituyen.

Los siguientes microscopios utilizan los fractales lineales, que sirven de base al diseño arquitectónico, operando como trazados o como módulos. Estos pueden combinarse con reglas de la geometría clásica, secciones áureas, por ejemplo. La idea es dejar las puertas abiertas a la utilización de varias geometrías al mismo tiempo.

trazado regulador cualificado

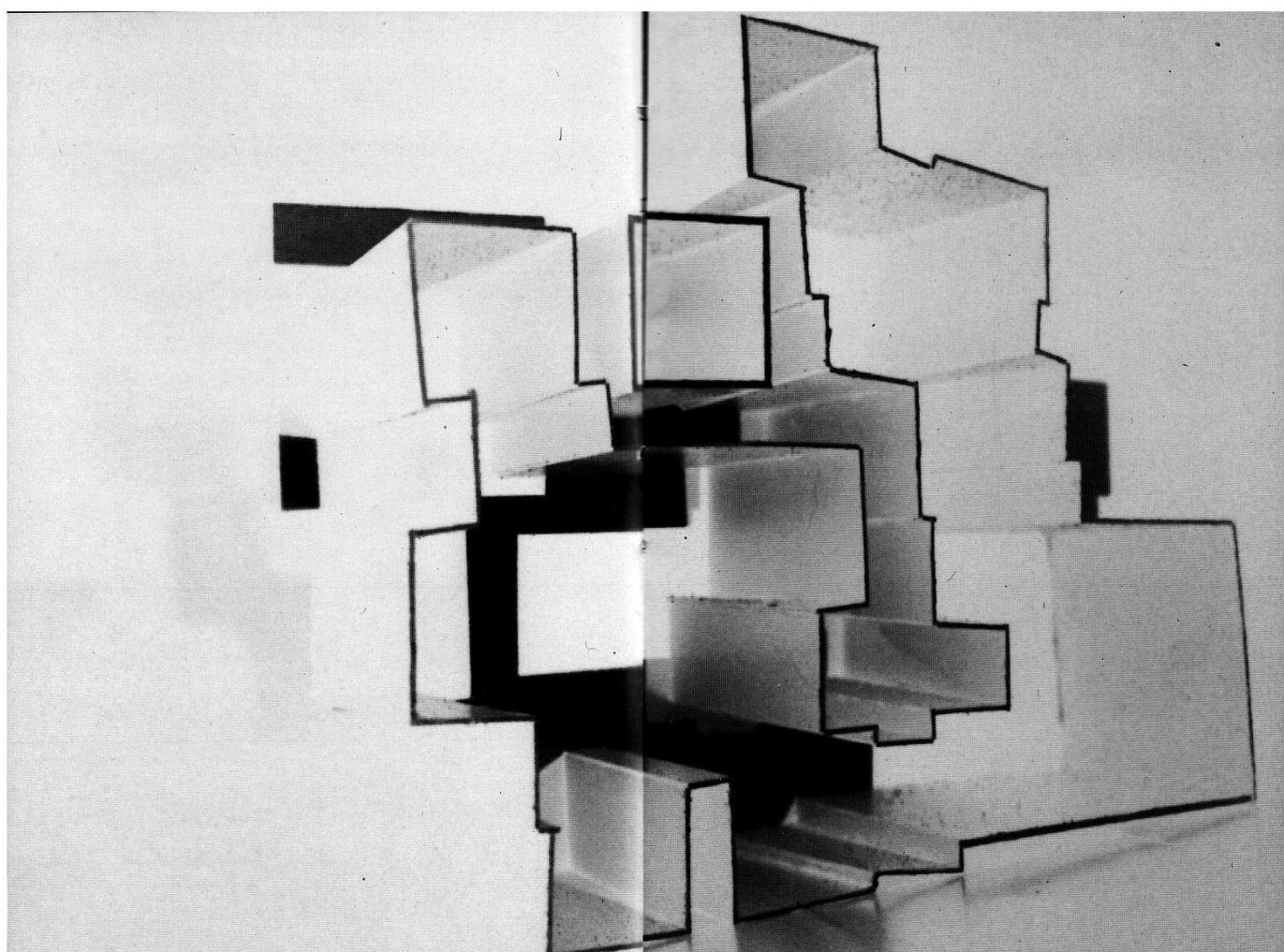
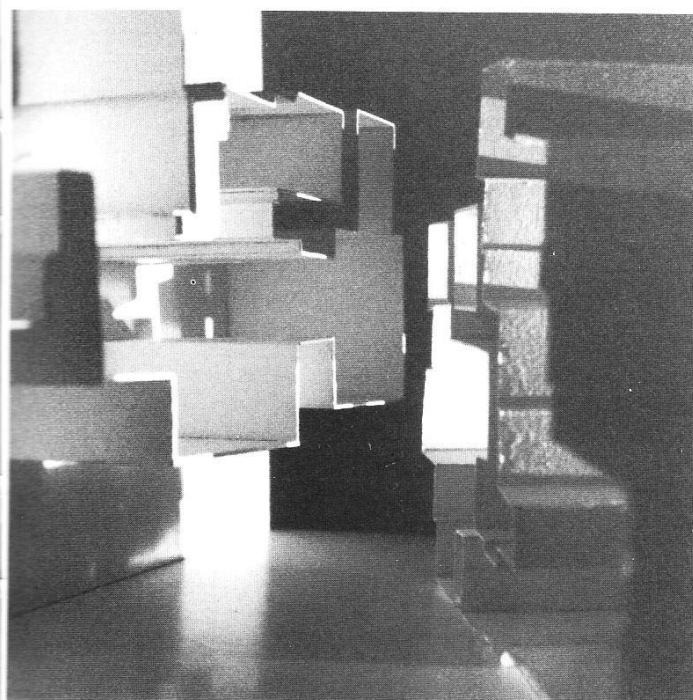
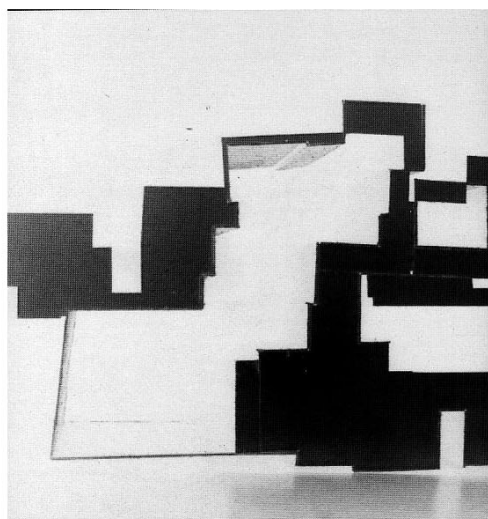
A partir de un tile que habíamos visto en un ejemplo anterior (pag. 130), se asigna una tercera dimensión y se cualifica su estructura geométrica.

Los elementos lineales definen el espacio a través del uso de las estrategias de cualificación, proporción, materialización, etc. ya analizadas. La luz y la sombra multiplican además la idea de complejidad.



sección extruida

De un fractal generado por Fractal Vision de Dick Olivier, se seleccionan dos piezas que son superpuestas y trabajadas como las secciones de un edificio, cualificando sus llenos y vacíos.

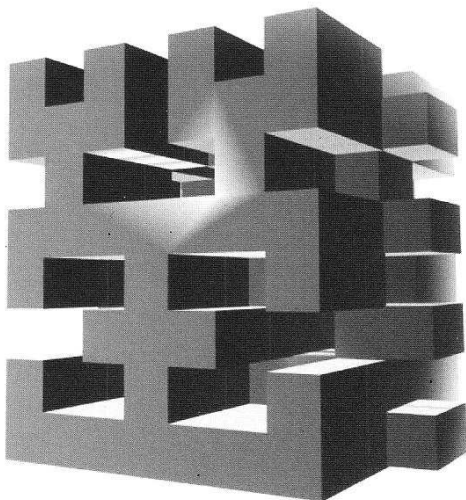
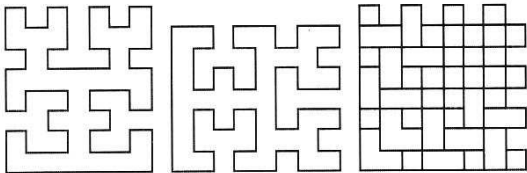


módulos fractales bidimensionales

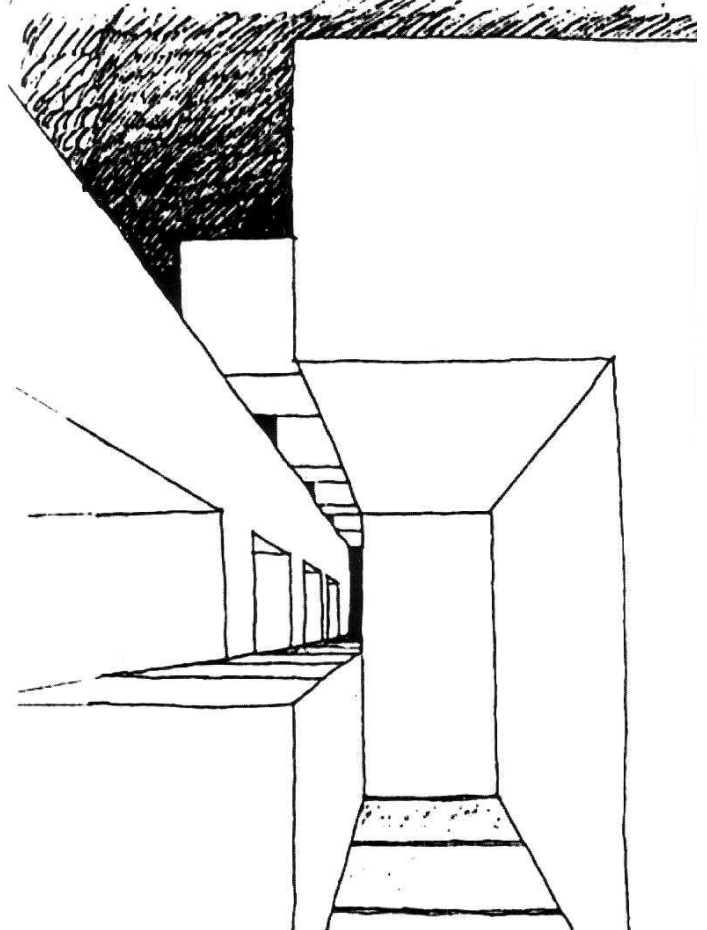
Son formas aisladas que dan por resultado una totalidad en la que rige la adición. Leyes de yuxtaposición y simetría determinan las formas de las agregaciones.

Hay un módulo definido a partir de la curva de Hilbert. Las reglas para generar formas a partir de un elemento básico son la agregación y la rotación. Se logra el ritmo a través de módulos colocados de manera uniforme.

Superposición de las curvas y volumen generado



Exploraciones del espacio interno



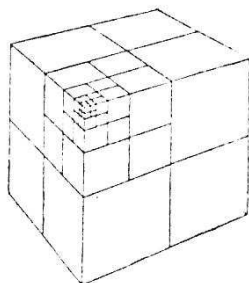
módulo tridimensional fractal cualificado

El módulo original es un cubo que aparece en el Modulor 2 de Le Corbusier, acompañado por una nota de Aulis Blomstedt que dice lo siguiente:

"El esquema de división progresiva de un cubo... -compartimentación continua en 8 nuevos cubos cada vez más pequeños (o su reagrupación en un cubo cada vez más grande)- constituye uno de los objetos de la investigación actual. La fórmula matemática es $8n$, donde n es un número entero afectado del signo $+$ o $-$. El simple principio de división parece ofrecer ciertas posibilidades a un sistema general de medida en arquitectura (si, con todo, se consigue ponerse de acuerdo sobre una medida de base : 1cm. (y de ahí, la serie 2, 4, 8, 16, 32, 64, etc...)) que podría darse como base a investigaciones aritméticas y técnicas).

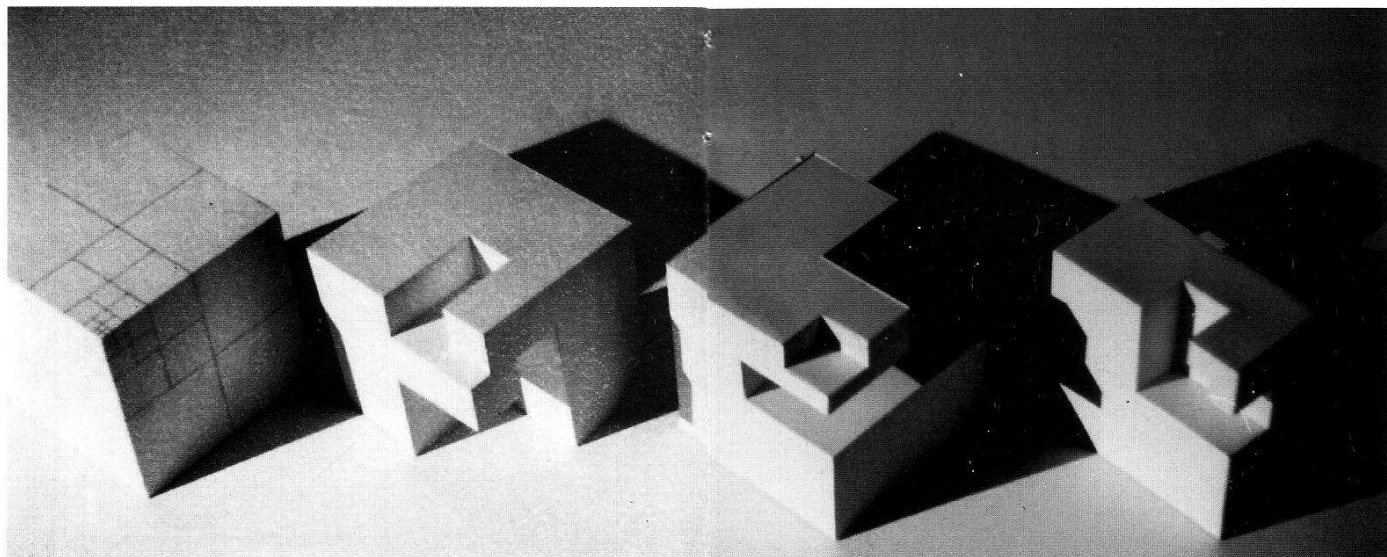
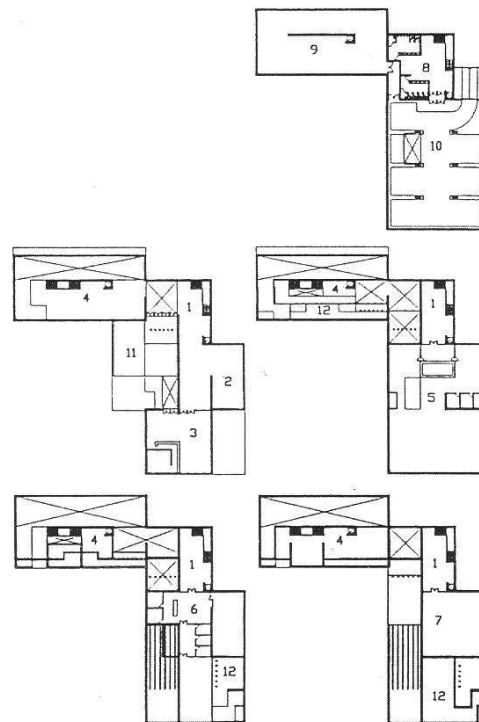
El autor de esta comunicación da las gracias por anticipado a toda persona que contribuya a esclarecer esta cuestión."

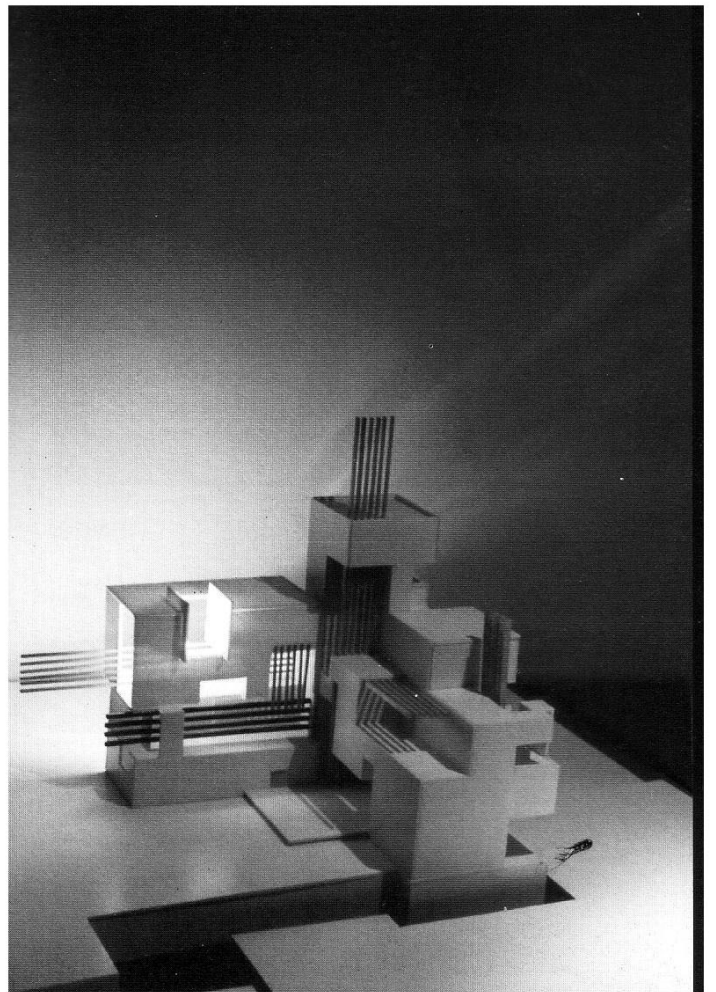
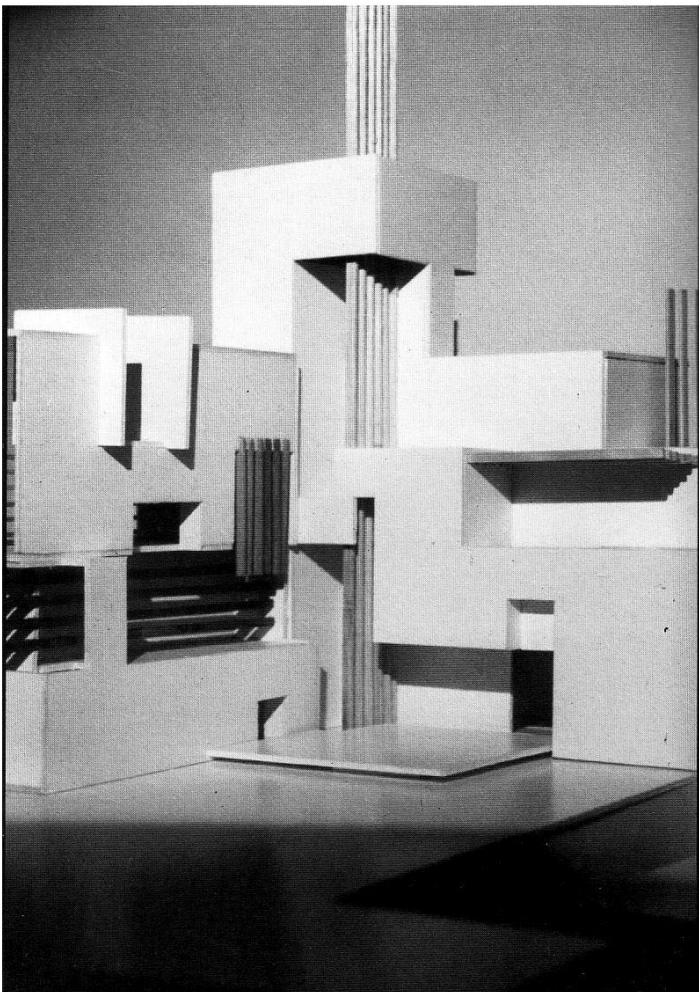
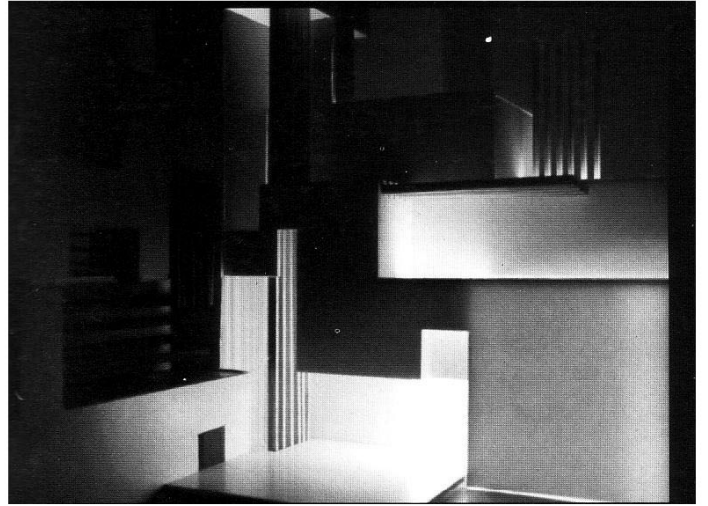
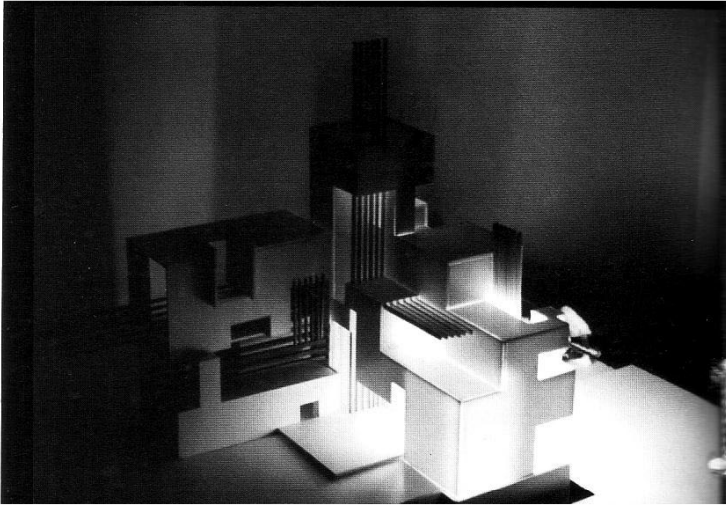
El cubo es excavado según su trazado, en diferentes formas. Estas son combinadas de acuerdo a los requerimientos del programa para un centro cultural (biblioteca, sala de exposiciones, oficinas)



Referencias :

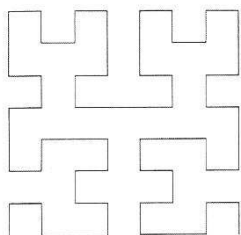
- | | |
|-------------------------|----------------------|
| 1. hall | 7. sala de máquinas |
| 2. shop | 8. baños |
| 3. bar | 9. depósito sala |
| 4. sala de exposiciones | 10. estacionamientos |
| 5. biblioteca | 11. ingreso |
| 6. área administrativa | 12. terraza |



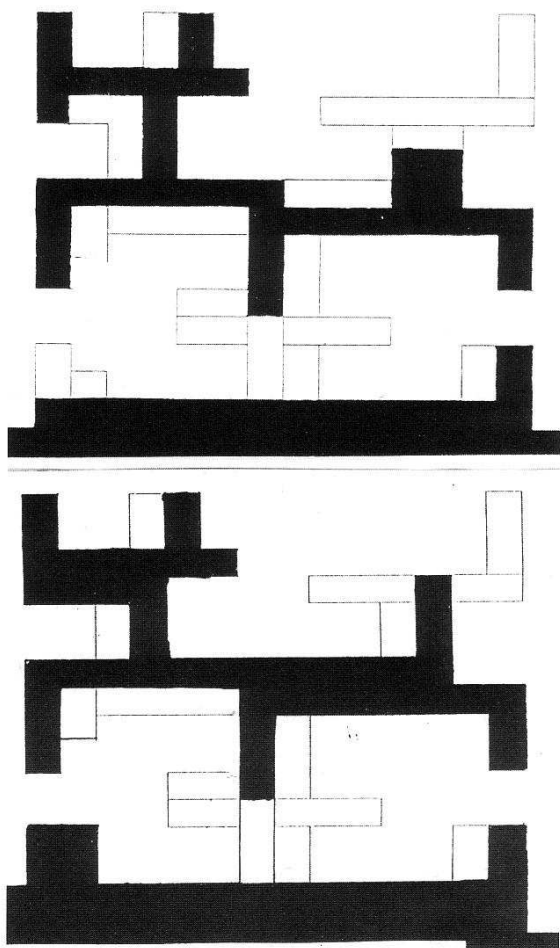


sección extruída

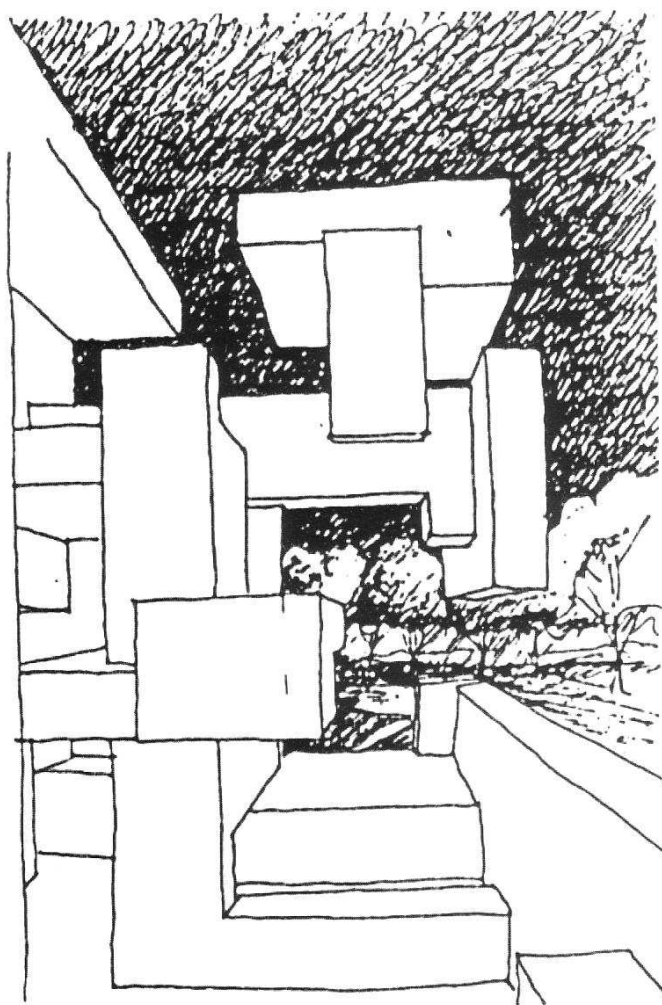
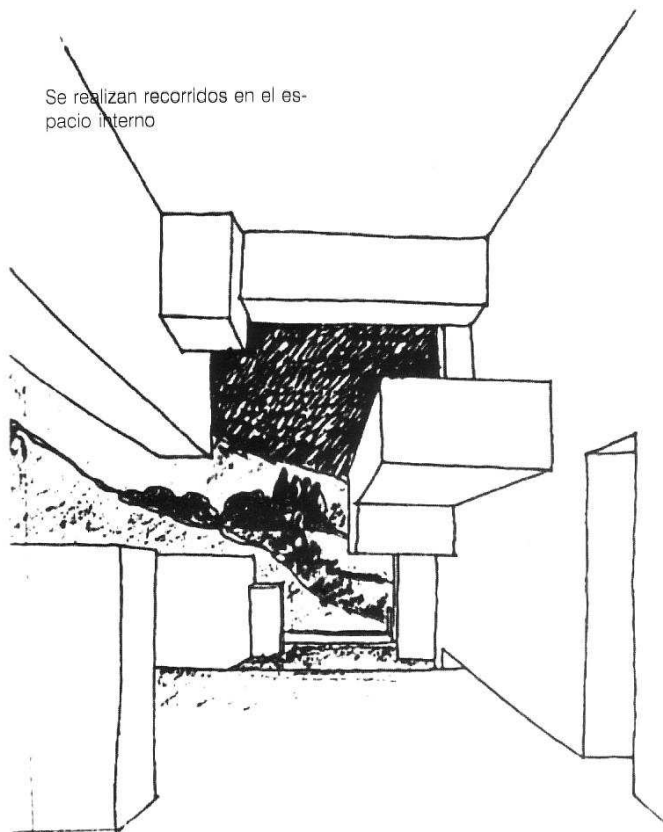
En este ejemplo se explora una curva de Hilbert como esquema geométrico generador. La curva de Hilbert es utilizada como trazado regulador. Se comienza con exploraciones abstractas para llegar progresivamente a la arquitectura.

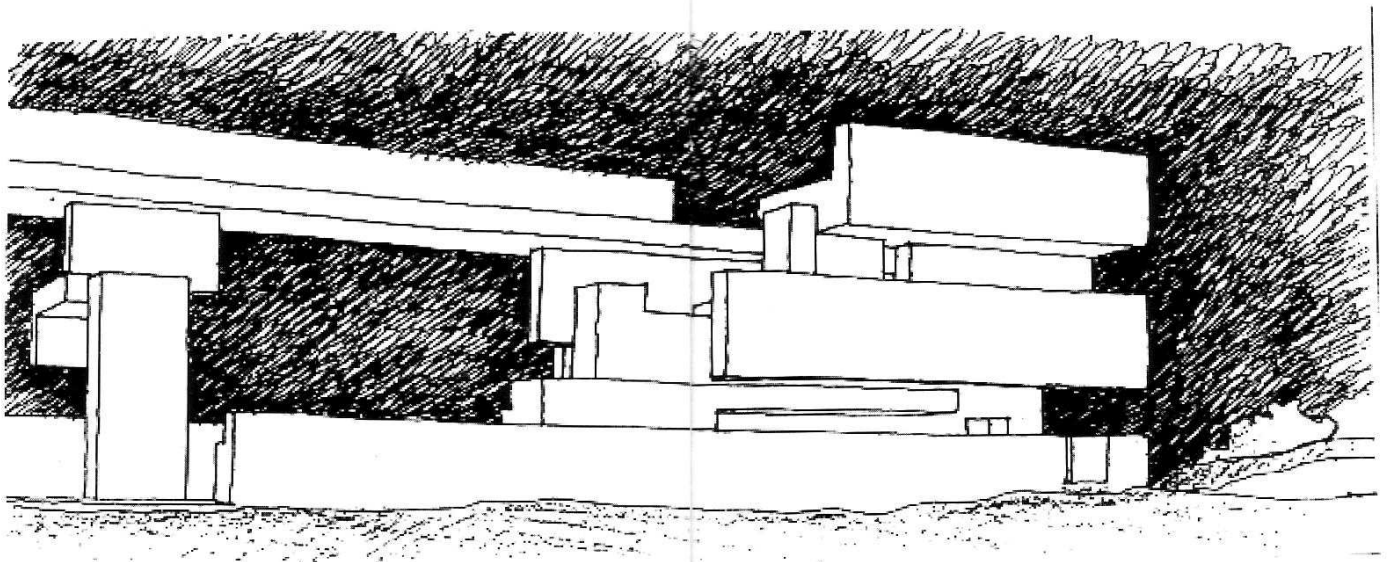
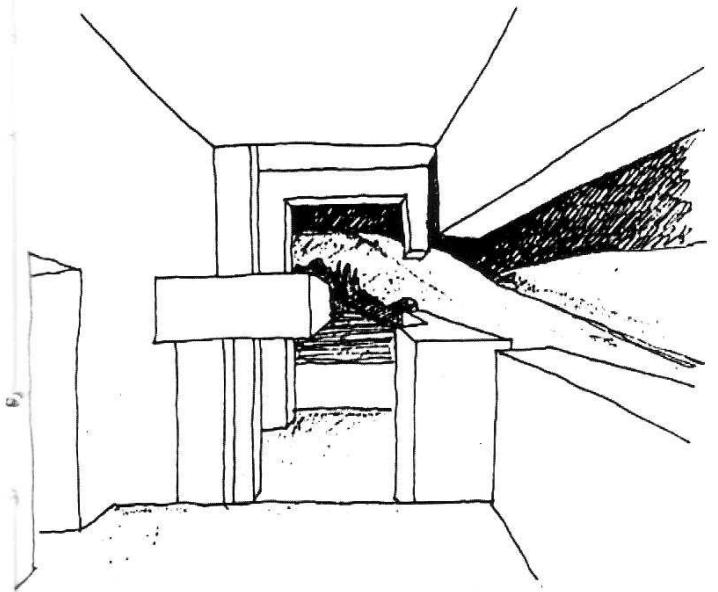
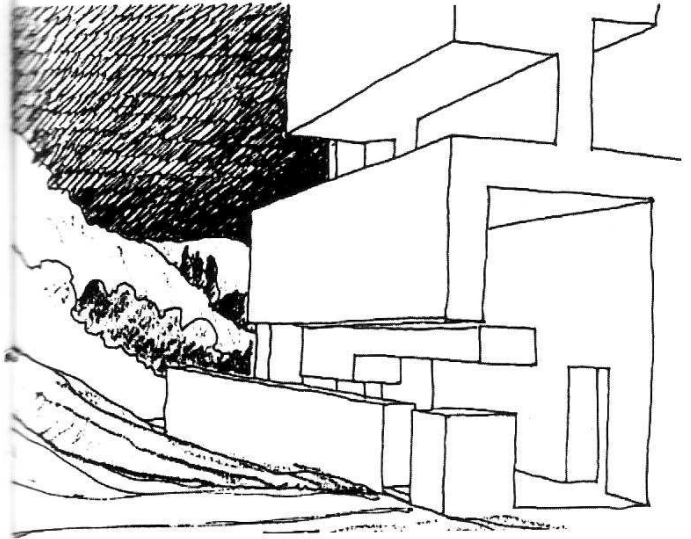
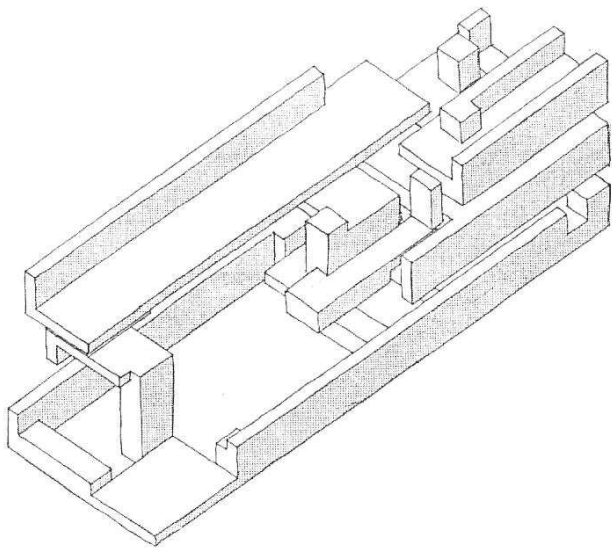


Si se superponen todas las secciones del edificio se re-compone la curva de Hilbert



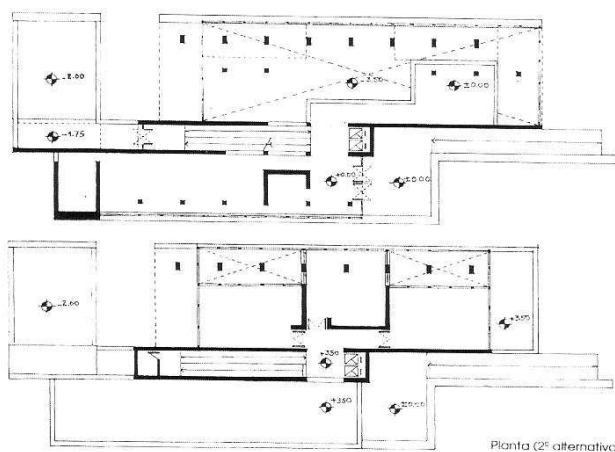
Se realizan recorridos en el espacio interno



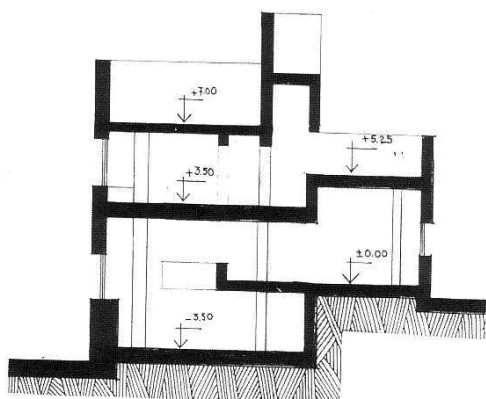


Después de la exploración anterior, se ajustó el planteo con el programa funcional de un centro de investigaciones.

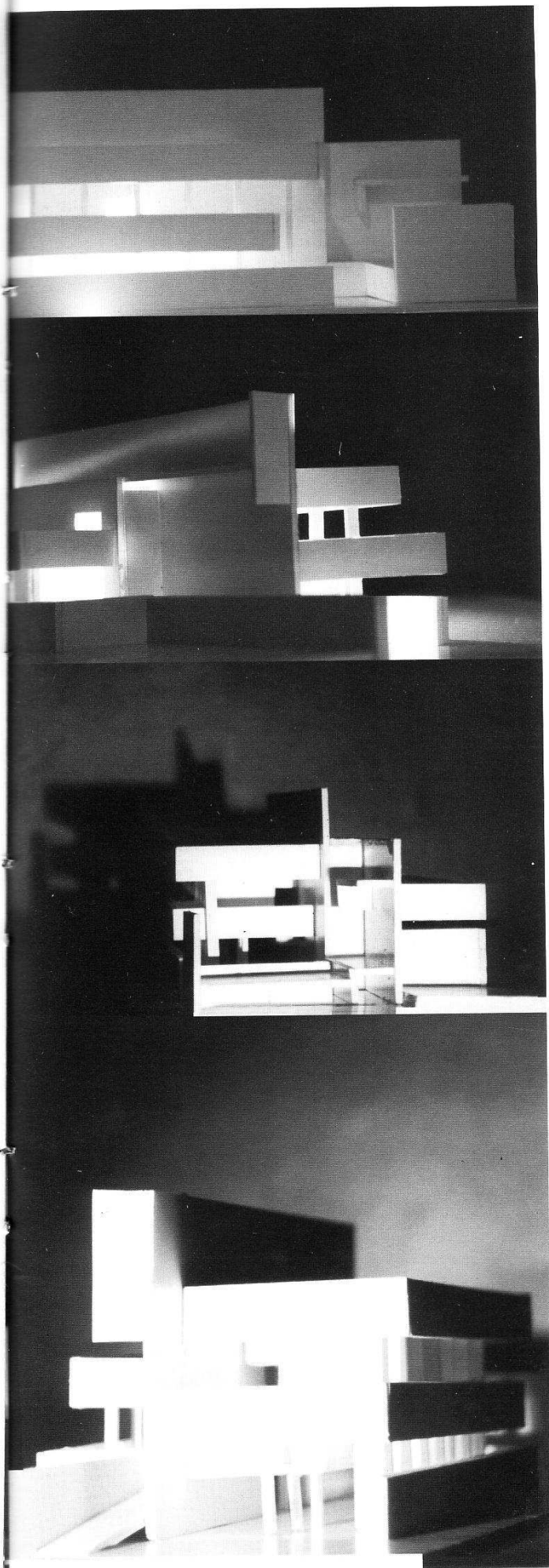
Planteo desarrollado con el arq. Omar Paris



Planta (2ª alternativa)



Corte (2ª alternativa)

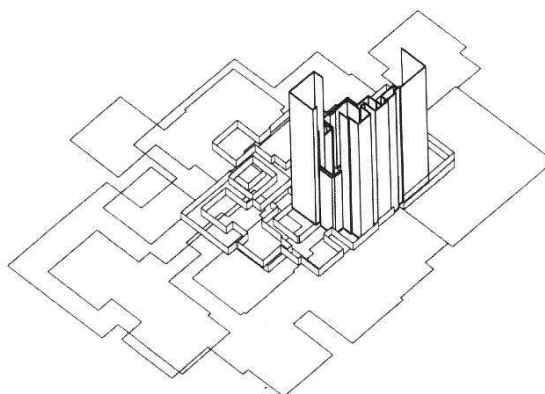
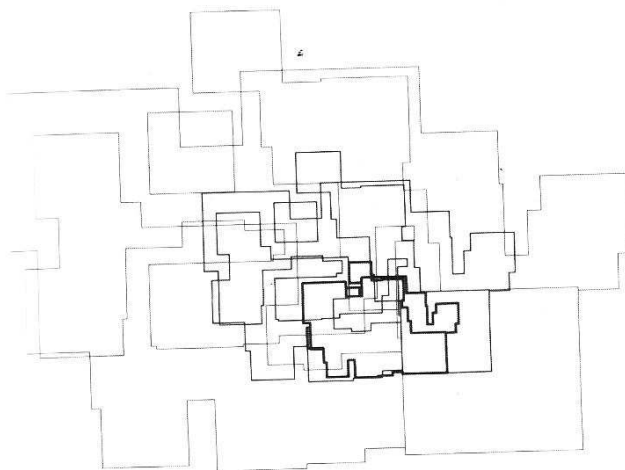


superposición de escalas

En este micro se ha seguido el siguiente proceso

1. generación del fractal
2. selección de formas
3. superposición de las formas
4. superposición de las escalas
5. cualificación del esquema estructural

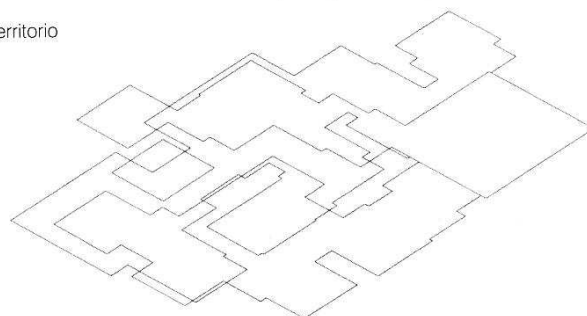
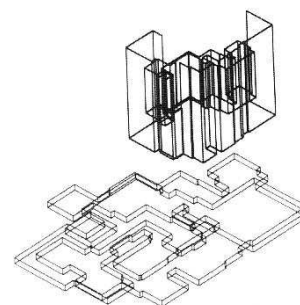
El esquema fractal permite el diseño en todas las escalas, desde el interior del edificio hasta el territorio.

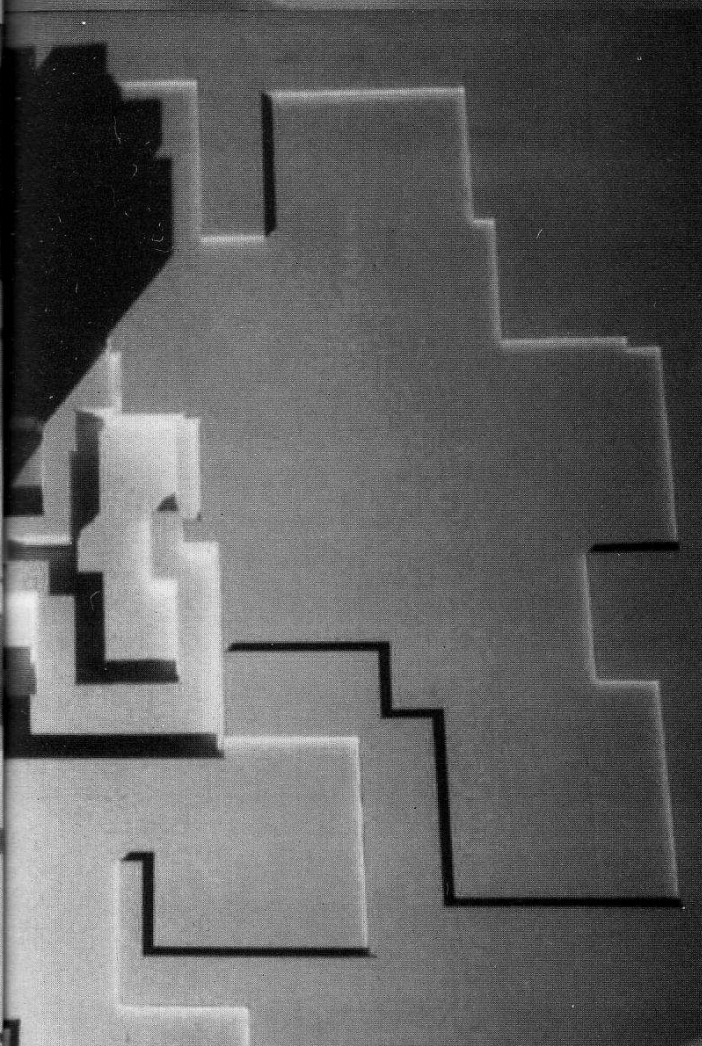
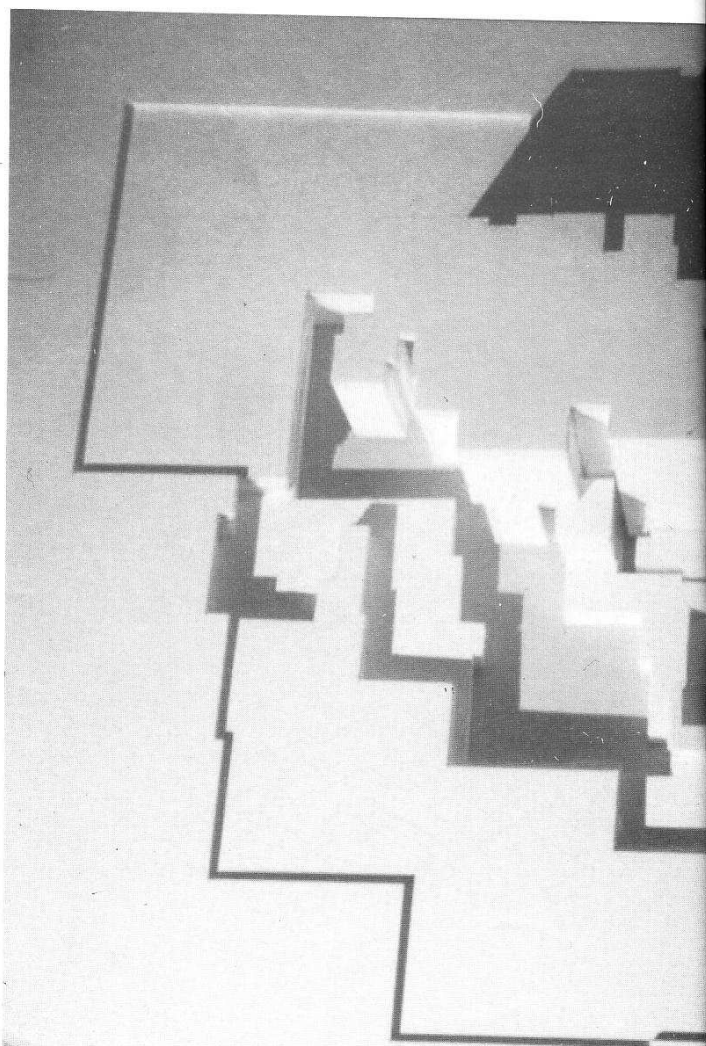
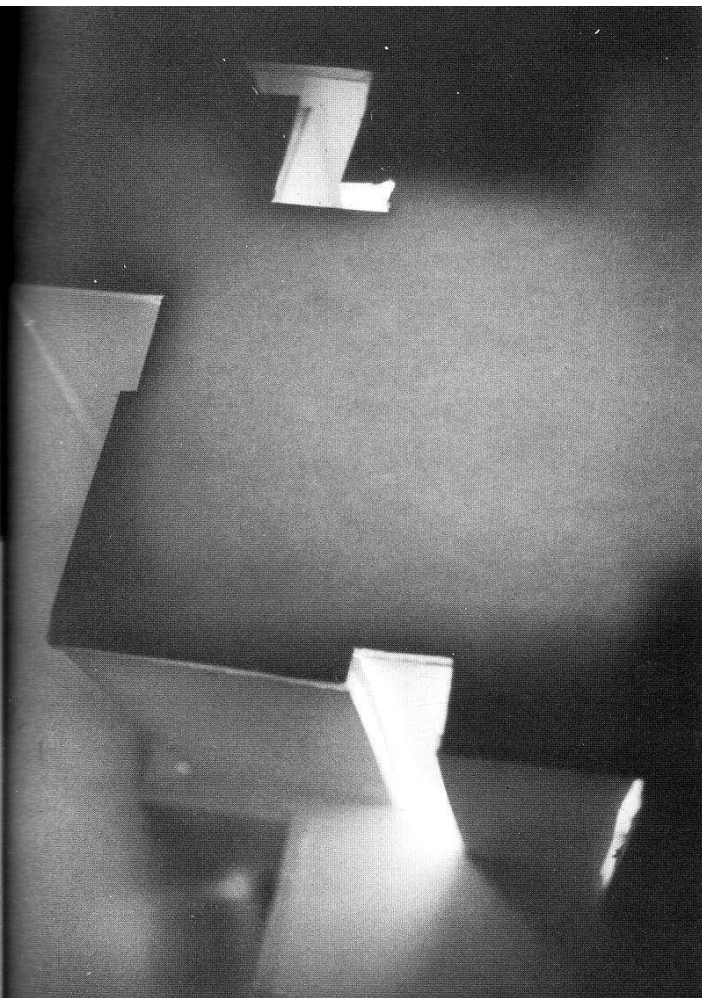
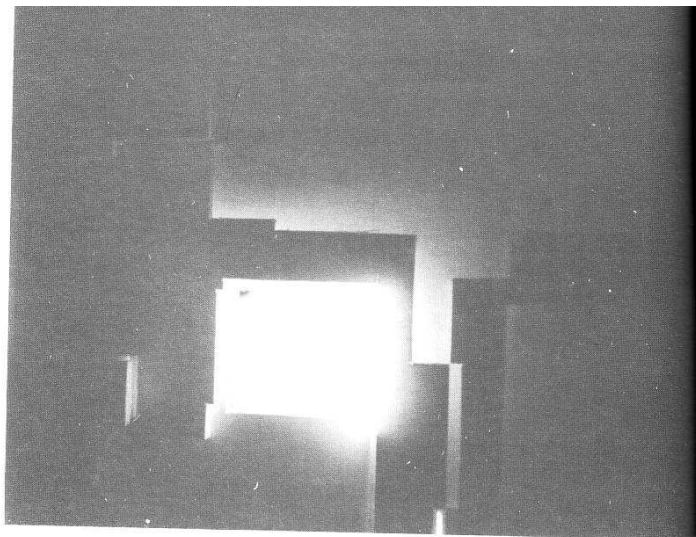


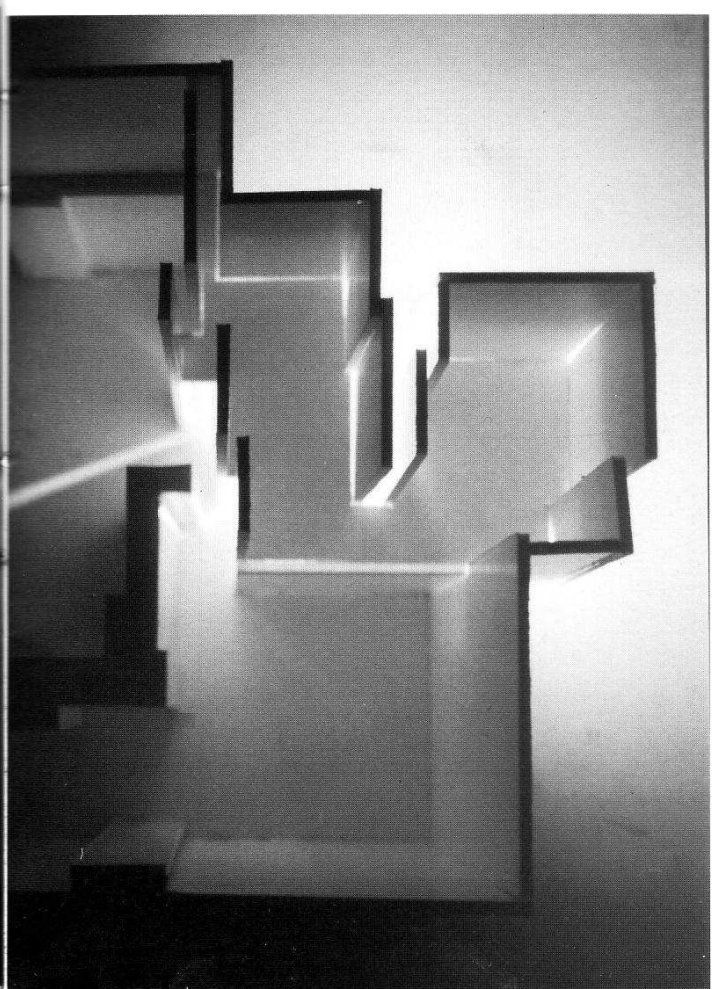
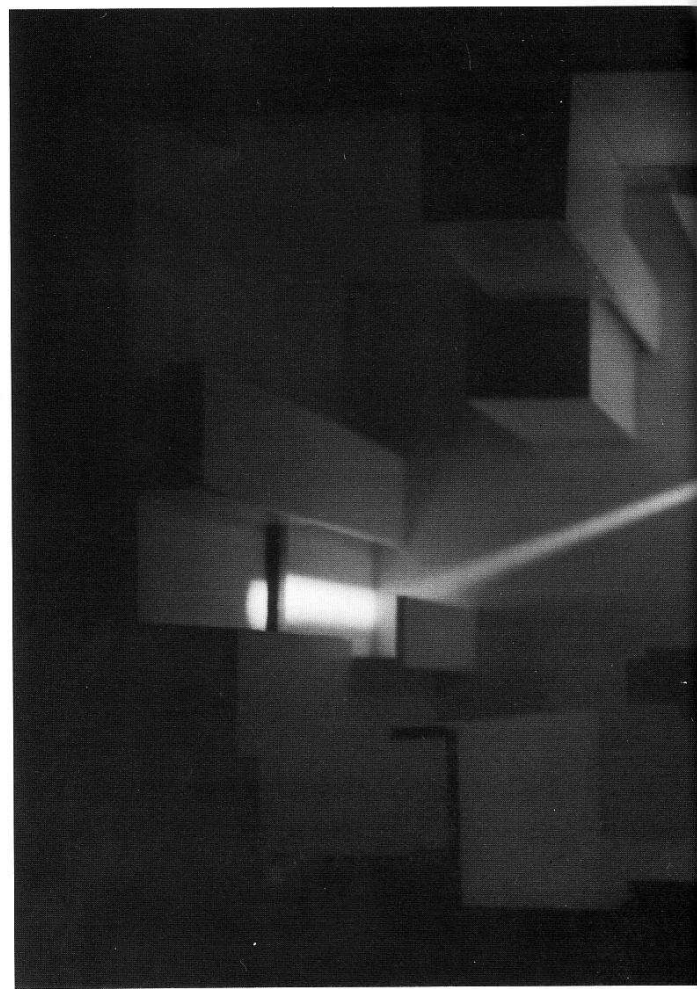
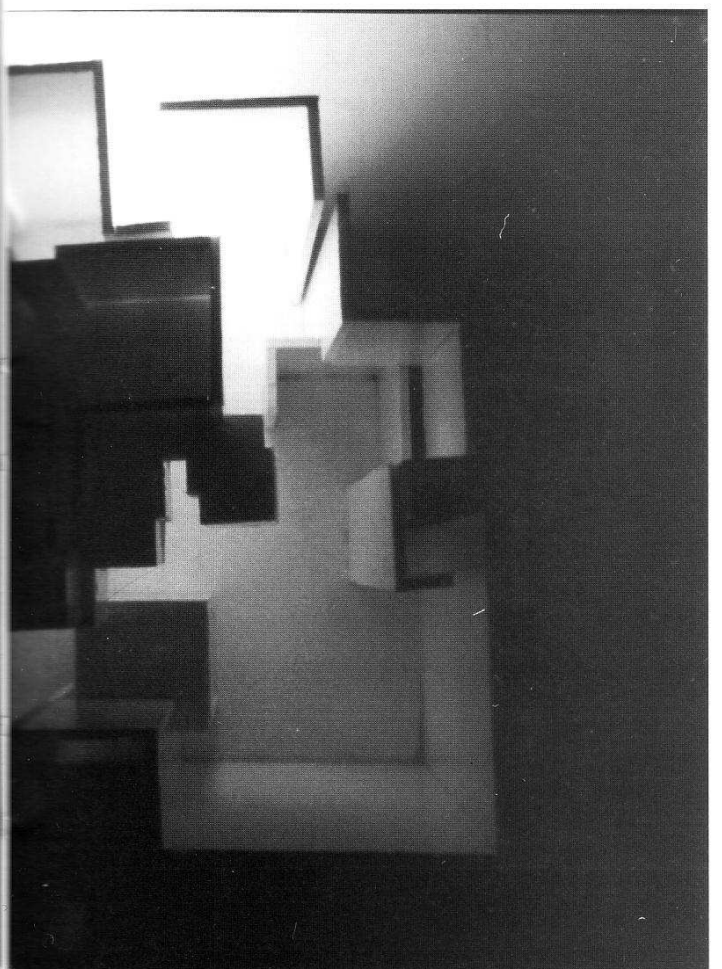
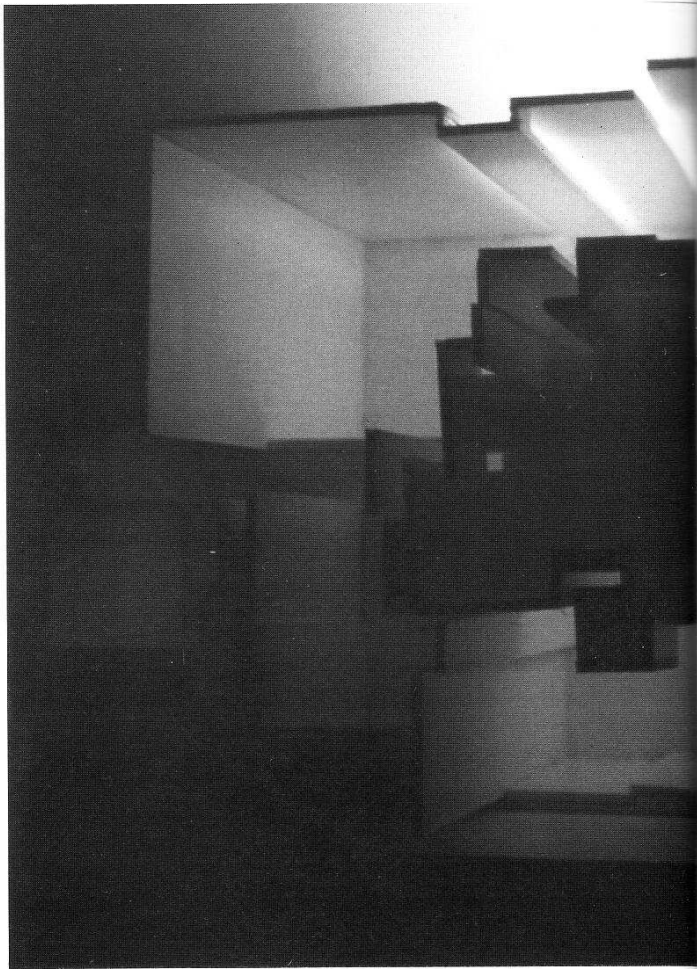
edificio

plaza

territorio



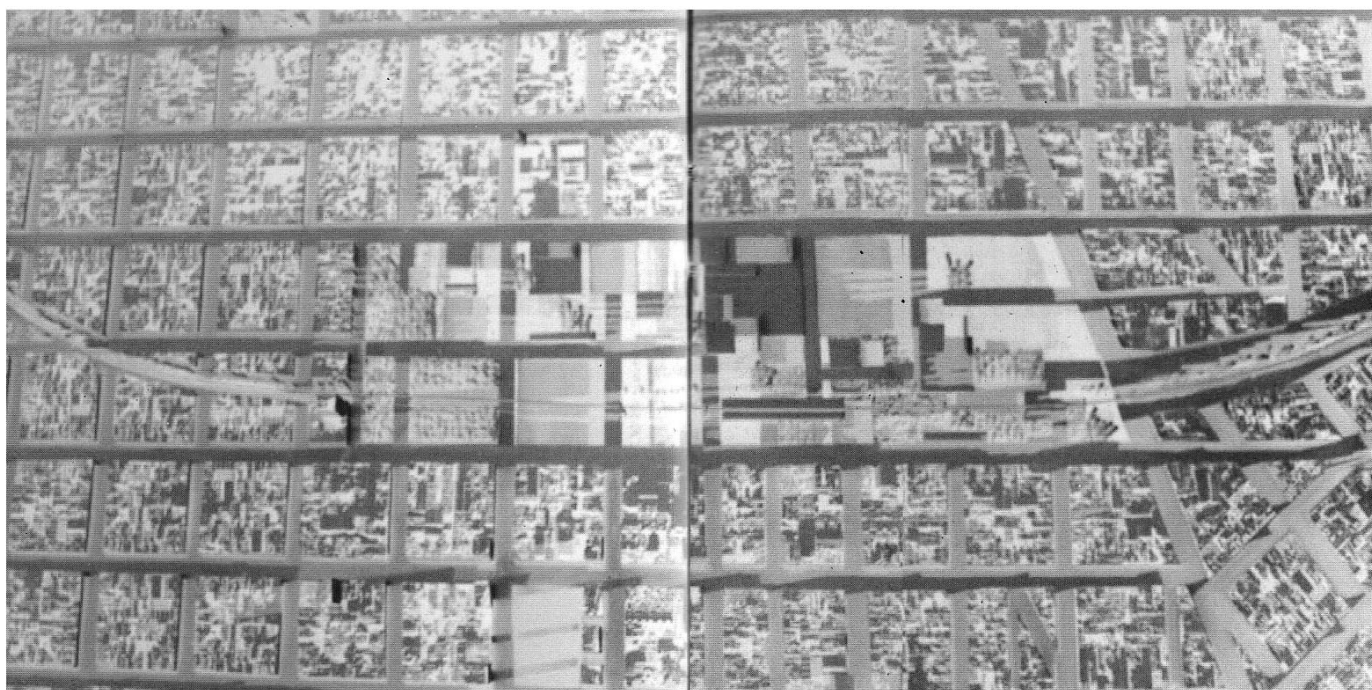


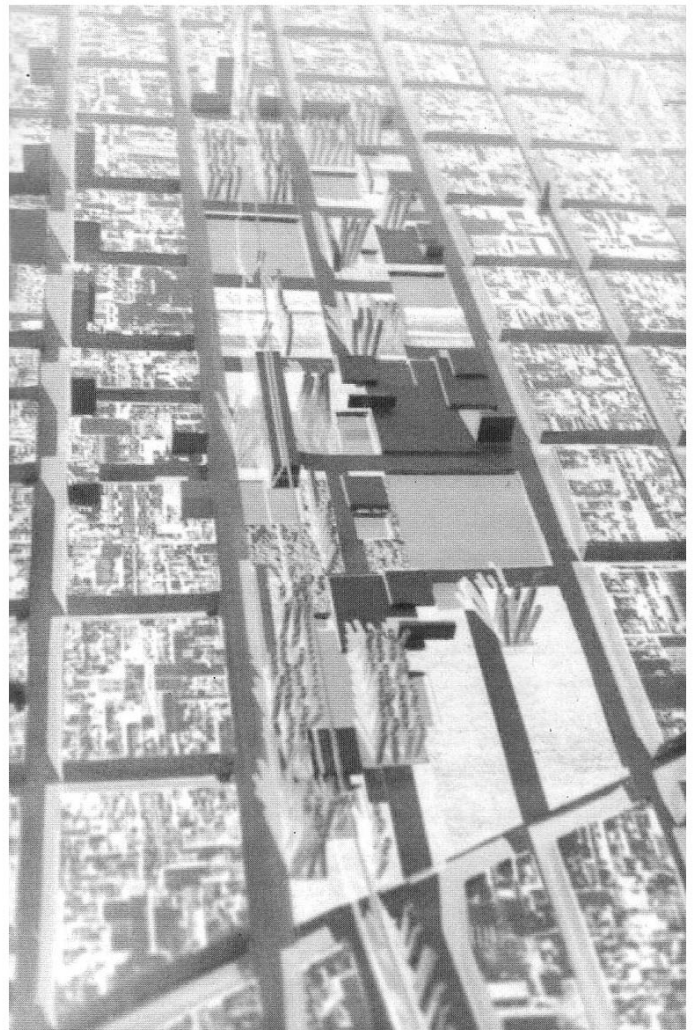
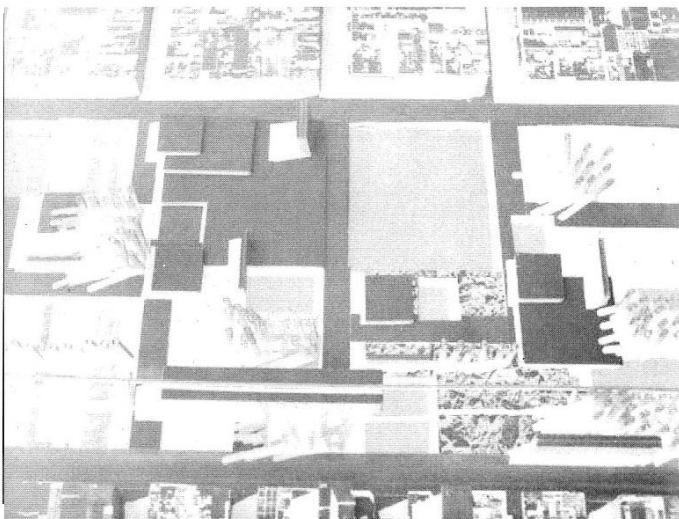
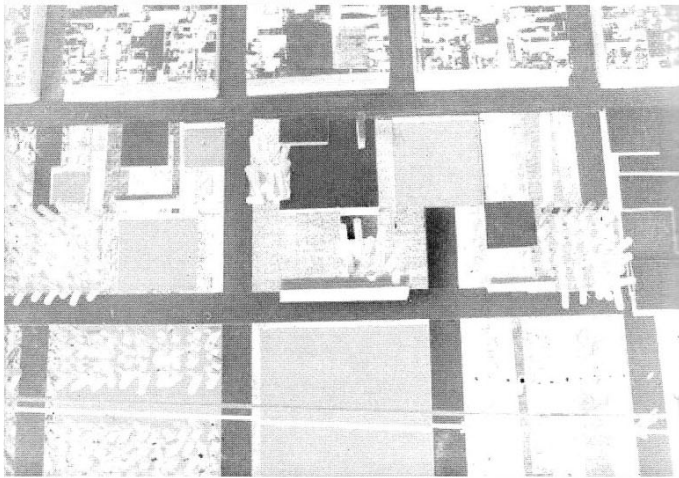


fractalización de tramas

Existe un orden fractal subyacente en la ciudad, generado por el trazado en damero, modelo impuesto por la conquista española. Las sucesivas subdivisiones de la manzanas, parcelas y el uso del suelo, determinan involuntaria pero sistemáticamente la generación de un orden fractal. La armoniosa inserción del objeto en su contexto integrando un conjunto con la edificación del sector está asegurado por la utilización de líneas preexistentes provenientes del lugar a las cuales se les aplica un proceso de fractalización. Este proyecto de parque en la ciudad de Córdoba utiliza el módulo de la manzana como iniciador que se repite en las iteraciones posteriores. Esto determina las diferentes partes del espacio público.

Los nuevos órdenes permiten expresar la complejidad de las metrópolis actuales. Son los instrumentos adecuados para operar en ellas y nos aportan claves para su lectura y comprensión.





orden e idea

En arquitectura dos fuerzas complejas interactúan : el orden y la idea. Si la arquitectura es la expresión de una **idea**, el **orden** es el soporte subyacente del conjunto de elementos que expresan la idea.

El orden es el tejido en el que se inserta el significado. Los criterios compositivos anteriormente estudiados sirven de soporte a la idea, que transmite el arquitecto en su obra.

Toda discrepancia entre orden y esencia interfiere en la lectura de la idea. Es necesaria una correspondencia de estructura entre el esquema y la idea que este comunica. La idea es la esencia del objeto arquitectónico expresado a través de un orden espacial que crea un todo unificado a través de las interrelaciones de las formas, las funciones, los modos de construir y el lugar.

El punto de partida del proceso de diseño es esta idea-esencia. Podemos definirla como la captación, comprensión e interpretación particular de la realidad, a través de la intuición y la razón. La idea-esencia, que genera y conforma el espacio, surge del encuentro de la personali-

dad creativa del diseñador con una realidad que lo impacta. La arquitectura intenta crear un lugar que esté habitado por la idea.

Las ideas contenidas y comunicadas por la arquitectura se refieren al tiempo, a la cultura, al lugar, al diseñador, etc. Los modos de composición arquitectónica derivan de la manera en la cual se percibe el mundo y estas reglas designan la cualidad espacial de un proyecto. La arquitectura refleja una concepción del mundo y un modo de entender la realidad. Cada visión del universo proporciona un modelo o paradigma que se transforma en reglas explícitas de composición y creación. Nosotros podemos usar la geometría para decir algo del mundo que nos rodea, elaborando correlaciones entre la nueva visión del mundo descrita por los fractales, sus posibilidades de expresar ideas y los procesos de proyectación.

En los fractales encontramos crecimiento, ramificación, descomposición y recomposición, fugas visuales, ritmos visuales, y formas que ya llevan en sí mismas una indicación de movimiento, una dinámica visual fuerte. No son unidades creadas instantáneamente sino procesos de generación, transformaciones de configuraciones espaciales. Sus formas son huellas de los

procesos que las crearon, son registros visibles de sus orígenes. Tienen el mismo orden que las formas de las mutaciones y las transformaciones, el perpetuo ritmo asimétrico de los procesos que aún no están fosilizados en términos de cosas.

La geometría fractal nos permite expresar la complejidad del espacio contemporáneo, sus dinamismos y tensiones. Las ideas del tercer paradigma encuentran su sustento en esta geometría. El uso de los fractales como orden subyacente contiene elementos de los otros dos paradigmas: las ideas intuitivas del modelo de los procesos, dentro de una estructura del paradigma del orden de estrictas leyes geométricas. Formas ordenadas y complejidad orgánica¹, este sería el doble aporte a la arquitectura de la geometría fractal como instrumento generador: la expresión de la simultaneidad de dos estados tradicionalmente contradictorios.

¹ Los científicos... descubrirán con sorpresa y con alegría que ciertas formas que hasta ahora se podían describir como granuladas, intermedias, ahuecadas, sinuosas, ramificadas, extrañas, enredadas, tortuosas, zigzagueantes, rugosas, etc. pueden ser de ahora en adelante ser estudiadas en manera rigurosa y vigorosa. Benoit Mandelbrot

El lenguaje generado por los fractales permite pensar nuevos pensamientos, articular nuevas ideas (complejidad, infinito, crecimiento, movimiento, expansión, articulación, totalidad, riqueza espacial, ambigüedad, etc.)

La geometría fractal contiene nuevas leyes de juego, nuevas posibilidades expresivas. El orden fractal permite otorgar a formas altamente complejas el orden que requiere la obra de arquitectura ya que están generadas de modo simple. En definitiva, los nuevos modos de concebir las relaciones entre orden y caos, nos presentan la existencia de un amplio campo de posibilidades creativas diferentes a las de los órdenes tradicionales.

Como todo orden que construye y contiene objetos posibles, la geometría fractal ofrece indicios para la redefinición de la idea del orden arquitectónico. El estudio de las ideas contenidas en los fractales propone procesos y caminos proyectuales para la práctica de la arquitectura y contribuye a la formulación de una teoría de la ideación del diseño arquitectónico.

Para finalizar...

"El orden que imagina nuestra mente es como una red, o una escalera que se construye para llegar a algo. Pero después hay que arrojar la escalera, porque se descubre que aunque haya servido, carecía de sentido."

Ludwig Wittengstein

Nos cabe hacer una advertencia sobre las relaciones entre arquitectura y geometría. Si bien hemos desarrollado procesos de diseños apoyados en la geometría fractal en particular, la pregunta que nos acompaña siempre es:

¿Cómo trasladar los esquemas geométricos a la arquitectura?

Debemos plantear que la geometría, (cualquier geometría), no puede ser llevada mecánicamente a la arquitectura. Es necesaria una **traducción** de sus esencias, de sus significados y de sus leyes. A través de nuestros trabajos, hemos considerado la geometría fractal como un orden arquitectónico, y éste es la herramienta indispensable para la traducción de las ideas a las formas. Pero el objetivo siempre, es ir más allá del esquema geométrico estructurante, elegir y desarrollar las estrategias a partir de las leyes planteadas: la jerarquización, la cualificación, la

selección de formas, la búsqueda de equilibrio, contraste, escala, proporción, síntesis, articulación, etc. **La geometría nos propone reglas de juego. La forma arquitectónica surge de la elección de estrategias a partir de este orden.**

La geometría siempre ha sido uno de los instrumentos más poderosos de la arquitectura, pero debe ser aplicada adecuadamente, buscando los puntos de encuentro entre el sentimiento y la matemática, entre la idea y el orden.

Hacemos notar que la dependencia literal de la matemática y la geometría conduce a la esterilidad. Es fácil perder de vista la idea en la fascinación que ejerce una estructura matemática y geométrica. El **orden** es un elemento que debe estar indisolublemente unido a **la expresión de una idea**, pero no se puede dejar que él, por deslumbrante que sea, nos distraiga o tome el control de la construcción de la arquitectura.

Decidir si un esquema es bueno o no implica algo más que un problema matemático. En última instancia, se trata de un problema de expresión. La matemática y la geometría no pueden orientar-

nos cuando queremos saber si esquema es adecuado a su fin. El pensamiento geométrico es virtual, mental, abstracto, mientras que el pensamiento arquitectónico es concreto, real, construido o construible dentro de la realidad.

Además tenemos que considerar que la estructura geométrica no es un orden cerrado. Palladio reservó para sí el derecho de violar las reglas. Y es este un elemento importante de su arte y su teoría. Su examen de las reglas de la proporción de las habitaciones concluye con las siguientes palabras:

«Existen todavía otras alturas para las habitaciones que no se hallan comprendidas en ninguna regla, y que el arquitecto deberá usar según su entender y las necesidades de las circunstancias.» Andrea Palladio Lib. 1, cap. XXIII

En el diseño es de suma importancia el juicio individual y la experiencia práctica. El arquitecto holandés Berlage, quien fue muy aficionado a la regla áurea, siempre dijo a sus colaboradores cuando la regla no funcionaba: «Corregid a ojo.»

Si bien la geometría es un elemento de control que tiene consecuencias decisivas en el proceso de producción de la forma, el diseño no se agota ni se explica por ella. Como dijo Louis Kahn: «Orden no significa belleza. La belleza surge de la selección.» Debemos recordar que la arquitectura no está hecha solamente de geometría abstracta, sino que se ocupa del espacio concreto en relación al hombre. Es por eso que interesa tanto el esquema abstracto como la operación reestructurante que no pertenece al campo de la geometría sino al diseño. Somos los diseñadores los que elegimos y desarrollamos las estrategias a partir de las leyes planteadas. Para evitar que nuestra producción se convierta en representación de apariencias contamos con el trabajo de diseño como una vía de búsqueda y de investigación de los nuevos órdenes arquitectónicos.