

Aplicaciones de sistemas geométricos orgánicos como diseño para las estructuras arquitectónicas

Carlos César Morales Guzmán*
Calixto Martínez Cruz**

Resumen. El estudio de esta metodología de diseño plasmada en este documento, analiza el desarrollo geométrico para adecuar figuras orgánicas que pueden llegar a tener una aplicación arquitectónica, lo más importante de la investigación es experimentar y detectar si ya hay sistemas estructurales que nos pueden ayudar a realizar las adecuaciones geométricas más coherentes en el espacio arquitectónico, pero para llegar a dicha interpretación se utilizan geometrías de apoyo para los experimentos, como son: la euclidiana, la proyectiva, la topológica y la fractal, éstas pueden ayudar a resolver de forma básica el desarrollo de la figura orgánica en una estructura espacial versátil.

Palabras clave: metodología conceptual, adecuación geométrica, interpretación estructural.

Summary. The reflection of this design methodology embodied in this document, analyzes the geometric development to show us how organic figures could have an architectonic application. The most important research is to experiment and find out if there are structural systems that can help us to be more consistent about the alignment geometry in architectural space, but to support such interpretation researchers used for experiments: euclidean, projective topological and fractal geometries. And discovered they can help to solve basic shape development of the organic figure versatile in a spatial structure.

Keywords: Conceptual Methodology, Geometric Adjustment, Structural Interpretation.

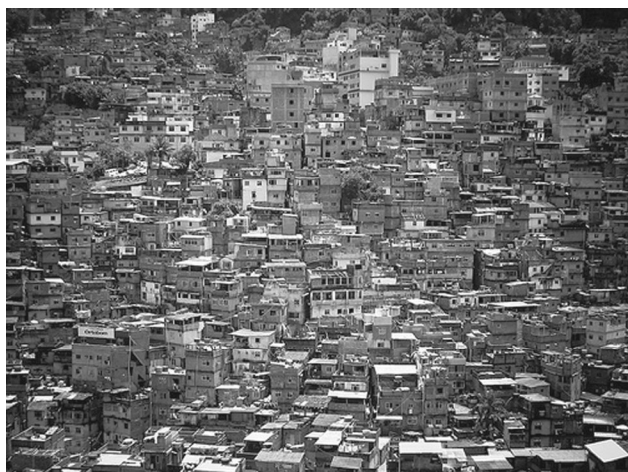


Figura 1. El crecimiento no planeado genera una imagen contaminante en las ciudades actuales y no adecúa satisfactoriamente sus espacios. Fuente: www.nosoylinciente.pe (2009).

En la arquitectura existen varios tipos de sistemas, pero dentro esas categorías hay dos tipos de edificaciones que sobresalen más (figura 1): las edificaciones convencionales (que se construyen a través de la costumbre) y las no convencionales que no buscan nada más que cumplir con la función que les fue asignada; por otro lado, las edificaciones convencionales son aquellas que buscan cumplir otra u otras funciones aparte de las que le fueron asignadas, pero en la ciudad no existen pautas rítmicas que ayuden a crear una buena espacialidad funcional, esto provoca que los espacios no sean rentables en algún momento de su vida útil.

Por lo regular, los espacios de cobijo están contruidos a base de concreto armado o de tabique, lo cual no permite un desarrollo rápido (figura 2); la falta de alternativas estructurales y geométricas hace que su reparación y mantenimiento sean tediosos y muy caros, esto complica la economía del usuario; cabe mencionar el factor tiempo en una construcción, el cual incide en la mayoría de los espacios en la ciudad, para ello se necesita un nuevo sistema geométrico más dinámico, que ayude a crear una alternativa estructural más viable que se adapte a diferentes tipos de entorno, para cuando llegue el momento de su reparación sea fácil su restauración.

El objetivo principal de esta investigación es proporcionar un método de diseño conceptual diferente al convencional (figuras 3 y 4) que se adecue a las geometrías de su entorno, esto bajo una interpretación estructural flexible, la cual transformará al espacio en un objeto cambiante de acuerdo al entorno; así pues esta propuesta se acota a sólo el diseño metodológico y la adecuación geométrica-flexible para generar prototipos alternativos de estructuras plegables con ven-



Figura 2. Las zonas de alto riesgo pueden tener daños severos en sus estructuras y hacerlas inhabitables. Fuente: www.briconsola.com, (2011).

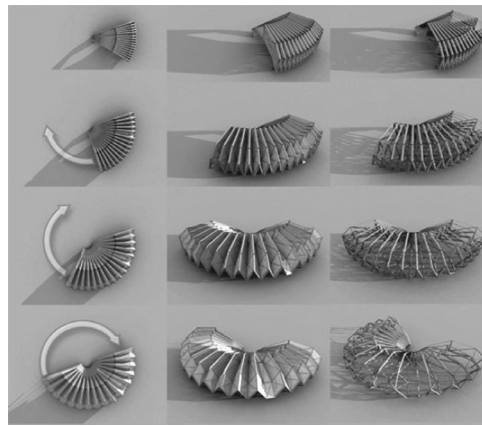
tajas de crecer para el usuario, que también servirán para un uso múltiple de funciones arquitectónicas, y versatilidad en el desarrollo de emplazamiento de mayores claros que generen plusvalía para ciudades de constante crecimiento.

Planteamiento

Para llevar a cabo los parámetros de una propuesta estructural con una geometría orgánica se definirán las premisas y cotas de la metodología a seguir, las cuales analizan las partes que se aplicarán en los modelos, que son: la fenomenología-conceptual, la adecuación de la geometría y la interpretación estructural; éstas dejarán una pauta marcada en la proyección de modelos aproximados, para no desviarse de la aplicación de los conceptos principales en las propuestas arquitectónicas.

El factor fenomenológico-conceptual está sujeto a la adaptación del entorno del modelo, pero sus conceptos primarios son los que le dan la forma final a los modelos (figura 5), en primer lugar, la forma del modelo está compuesta por un sistema geométrico flexible, la red espacial ayuda a componer la retícula estructural del modelo, esto da como consecuencia modulación y estandarización a sus piezas; en cuanto a su envolvente, se someterá a pieles de superficie mínima, esta composición se va dando por medio de traslaciones geométricas que servirán para estabilizar la geometría del modelo, lo que tendrá como resultado el concepto de estructura orgánica.

La adecuación de la geometría. La analogía es la mayor herramienta para generar la producción de modelos biónicos y biofórmicos, en consecuencia, se traslada a una geometría que servirá para entender correctamente



Figuras 3 y 4. Las soluciones de espacios están en los nuevos sistemas alternativos, ya que éstos son flexibles y fáciles de construir. Fuente: noticias.arq.com.mx (2010).



Figura 5. La forma conceptual va de la mano con la tecnología, así que dependerá de la morfología conceptual; y ésta define que la geometría se adecua mejor a la propuesta, en este caso un sistema de redes y ritmos espaciales. Fuente: foroxerbar.com (2010).



Figura 6. La tecnología se basará en desarrollar un sistema versátil de montar y de transportar, en donde sus espacios sean adaptables en varias funciones. Fuente: asiaviaje.com (2010) foroxerbar.com

la función estructural de los sistemas que se utilizarán en este mismo medio: para abordar el tema se implementará el uso de cuatro geometrías que se asemejan más a la geometría orgánica, como son: geometría euclidiana, proyectiva, topológica y fractal, éstas ayudarán a obtener una aproximación arquitectónica del espacio orgánico.

En cuanto a la interpretación estructural de las propuestas (figura 6) se toman los conceptos de prefabricación y montaje, los cuales adaptan la adecuación espacial, además de que la manera de concebir un proyecto de forma industrializada la hace más rápida de construir, esto se logrará por medio de interpretaciones estructurales de sistemas ya existentes que puedan adaptar las formas naturales a un proyecto arquitectónico.

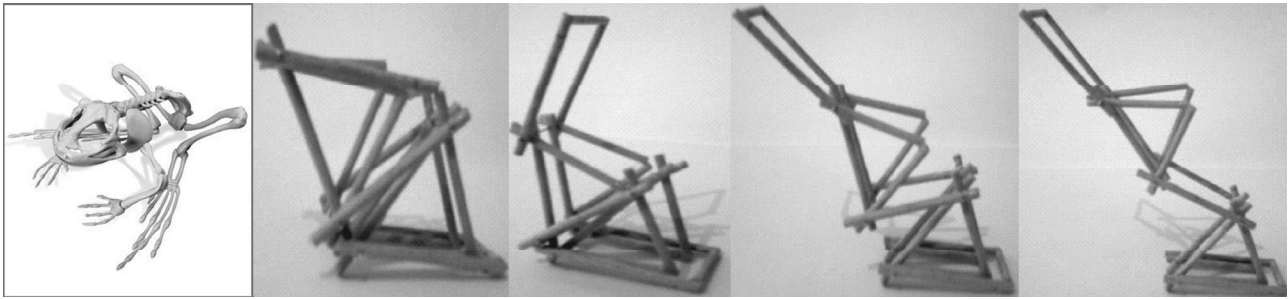
Para entender mejor los conceptos, definiremos su significado:

La prefabricación se define como la habilitación de elementos fuera de obra, permitiendo que los tiempos de construcción se reduzcan por la habilitación simultánea de la construcción, sus piezas industrializadas optimizan el

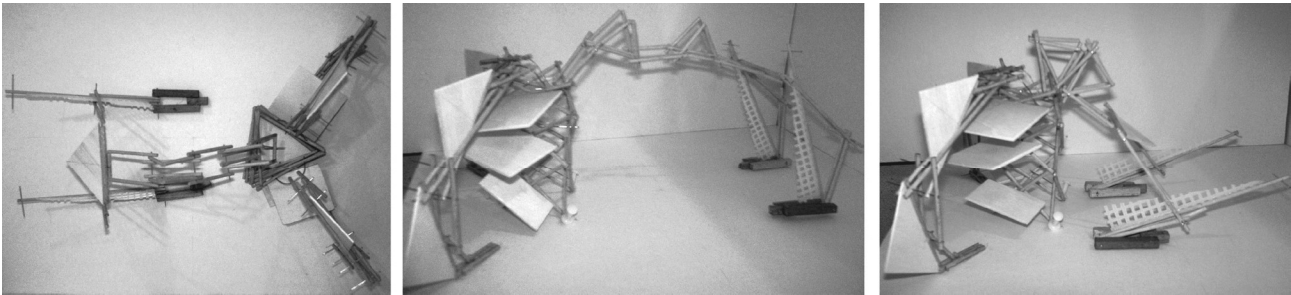
tiempo de ensamblado. El montaje se controla por adosamiento y plegados, éste depende de la estructura que se utilice y dará como resultado la versatilidad de acoplarse.

Hipótesis teórica

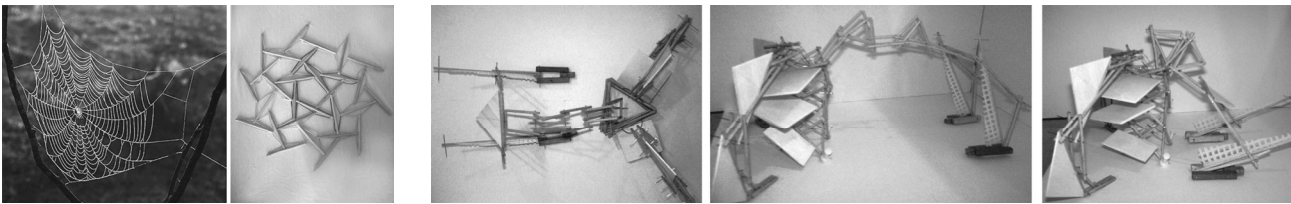
El primer tópico a realizar será la aplicación fenomenológica, en este caso, los conceptos orgánicos aplicados son la articulación como unión flexible y la telaraña como superficie ligera adaptable, de ellos se realizará el proceso de diseño que se adecuará a una geometría orgánica. La articulación, como estudio de diseño, se basará en la figura de la rana, ya que su movimiento por medio de salto hace que la transformación de su cuerpo sea constante, viendo esta analogía de desplazamiento observamos que sus patas hacen que su cuerpo se equilibre a la hora del salto; la biónica de la rana se analizará por medio de un modelo iconográfico realizado para notar la forma de cómo se desplaza a la hora de saltar (figuras 7-11) podemos observar que su mecánica de traslado le ayuda mucho gracias a



Figuras 7-11. La biónica de la rana forma articulaciones flexibles que ayudan a entender el sistema estructural de su cuerpo, genera diferentes adaptaciones en su entorno natural. Fuente: Taller de Síntesis del Diseño (2012).



Figuras 12-14. El modelo iconográfico genera los principios conceptuales, que se extrapolarán para formar un sistema flexible en el espacio arquitectónico. Fuente: Taller de Síntesis del Diseño (2012).



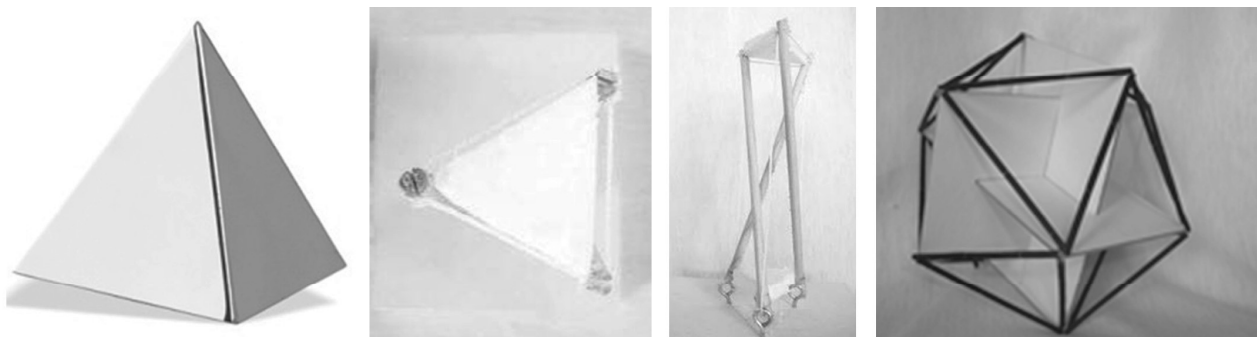
Figuras 15 y 16. La telaraña es una de las geometrías más complejas de la naturaleza, pero su desarrollo también se compone de triángulos irregulares unidos en un punto, formado por una espiral, cuya traza ayuda a tener mayor resistencia a la tracción. Fuente: Taller de Síntesis del Diseño (2012).

Figuras 17 y 19. El modelo iconográfico de esta forma biónica cumple el cometido de enseñarnos el principio de estabilidad por tracciones y compresiones en superficies mínimas. Fuente: Taller de Síntesis del Diseño (2012).

sus articulaciones flexibles, en donde recarga su mayor peso es en las patas traseras, su tronco superior es grande y robusto, esto ayuda a absorber el aterrizaje de dicho salto, de igual manera le proporciona versatilidad a la hora estar cambiando de posición (figuras 12-14). Por último, el conjunto de todas estas uniones flexibles dan paso al modelo icono final, cada movimiento depende de las uniones articuladas que tiene en todo su cuerpo, dando como resultado una estructura cambiante y le permite adaptarse a diferentes entornos. Si comprendemos la estructura biónica de la rana podremos llegar a la conclusión que un sistema retráctil es el más apto para desarrollar el modelo iconográfico de esta figura biónica y nos ayudará a comprender cómo funcionan estos sistemas articulados.

Continuando con este desarrollo, el siguiente planteamiento es el estudio de la telaraña como principio de diseño fenomenológico, el principio de esta estructura biónica es la propiedad física de la telaraña, la eficiencia observada en los arácnidos, en el uso de materiales a partir de una mínima masa, generan una malla estructural capaz de atrapar

y asimilar el impacto generado por insectos voladores de gran tamaño (figuras 15 y 16). La capacidad de la telaraña para adaptarse a diferentes niveles de fuerza es la clave de su estabilidad; esta forma biónica tiene la propiedad de generar superficies muy esbeltas, esto porque su material es mucho mas resistente que otros materiales como el acero; por consiguiente, esta geometría estructural nos servirá para realizar la piel modulada de un sistema estructural cambiante a su entorno (figuras 17-19), la construcción de este proceso nos brindará la concepción de cómo crear un modelo ícono, que realice adaptaciones constantes a su estructura, este principio geométrico se puede comparar con sistemas de tensegrity o tenso estructura, estos sistemas aplican la superficie mínima en su geometría, por esta virtud pueden alcanzar grandes claros y diseñar diferentes formas, entendiendo bien esta asimilación, obtenemos un modelo iconográfico basado en este principio estructural, pero combinado con la concepción de una forma biónica de la telaraña.



Figuras 20-23. La geometría euclidiana nos permite conocer una estructuración más funcional dentro del espacio orgánico, y la forma más sencilla de resolver el sistema flexible. Fuente: Taller de Síntesis del Diseño (2012).



Figuras 24-26. La geometría proyectiva nos da más libertad de diseño, pero nos penaliza en la coherencia estructural, bien empleada pueden obtenerse formas espaciales adecuadas para interpretar un sistema versátil. Fuente: Taller de Síntesis del Diseño (2012).

Adecuación geométrica

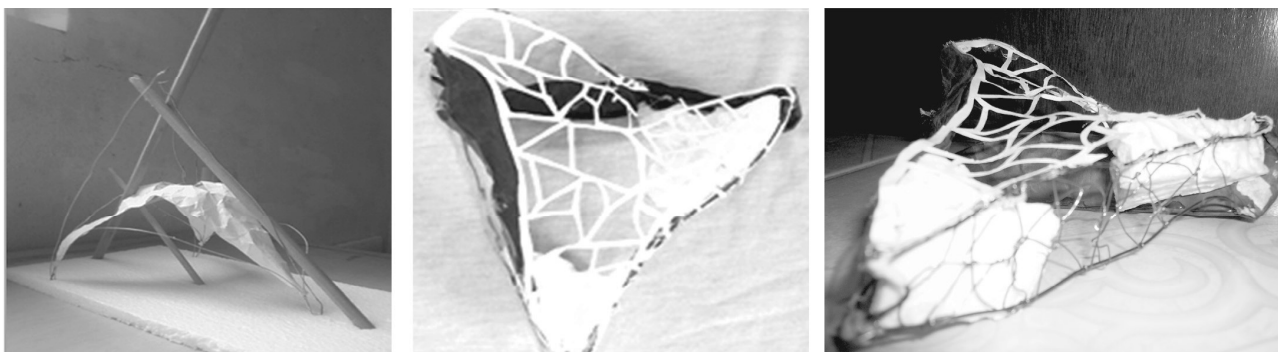
Posteriormente al desarrollo fenomenológico se realiza la interpretación geométrica de los modelos iconográficos anteriores, esto se logrará experimentando con modelos básicos que ayuden a entender la adecuación formal del proceso de diseño, para que los modelos tengan la modulación adecuada. Se analizaron los desarrollos anteriores y se detectó que la figura básica de los modelos es el triángulo, dicha figura en la naturaleza da proporción, armonía, modulación, ritmo y estabilidad, es una de las figuras más estables y a la vez flexibles para adecuarse como principio geométrico en un modelo estructural modulable.

Se utilizarán para el experimento: las geometrías euclidiana, proyectiva, topológica y fractal, éstas tienen la virtud de desarrollar rápidamente estructuras óptimas para aplicaciones arquitectónicas funcionales, ya que su comienzo primario para el desarrollo de estos sistemas geométricos se basan por el punto, la línea, y el plano, que en consecuencia formarán un volumen, de estos elementos se desprenderán las experimentaciones siguientes, con el fin de aplicar formas modulares que se integren al contexto, también se tendrá en cuenta el concepto de la articulación y esbeltez, con esto podremos desarrollar modelos más estructurados en dichas geometrías.

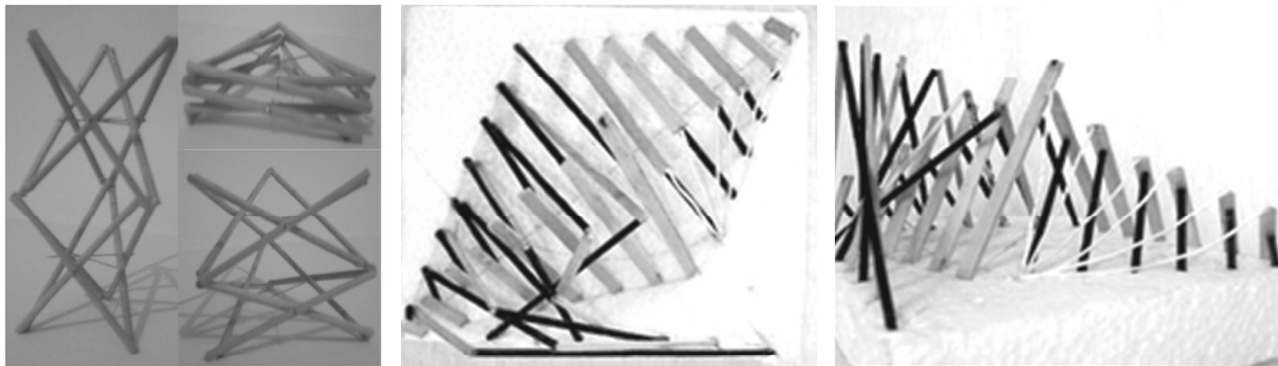
La geometría euclidiana es aquella que estudia las propiedades del plano y el espacio tridimensional. Se distingue por sus figuras planas, partiendo de las tres básicas predominantes: el cuadrado, el triángulo y el círculo, y de las combinaciones que se derivan de éstas, pero siempre siguiendo un patrón ortogonal.

Para entender esto, se desarrolla, un modelo de la figura del triángulo el cual contiene los principios de la geometría euclidiana (figuras 20-23), observamos que la utilización de postes y cables aplican en la geometría ortogonal, pero flexible a la vez, por las articulaciones en las uniones que en dado momento, esta misma geometría, podría cambiar la forma del triángulo, simplemente se genera un "espacio" utilizando los cables para tensar el plano, principio que utiliza las estructuras tensadas, la utilización de cubiertas (planos), soportes (puntos) y cables (líneas), hacen alusión a los elementos conceptuales del diseño, con los cuales se generan composiciones armónicas y agradables, aclarando que en este caso, se utilizaron con el fin de generar un espacio arquitectónico modular.

La geometría proyectiva estudia una parte de la euclidiana, pero proyectando la tridimensionalidad de las figuras planas hacia uno o varios puntos de fuga que se encuen-



Figuras 27-29. La geometría topológica nos brinda el principio de irregularidad en todo el espacio, ya que puede expandirse hasta el infinito, lo primordial de esta geometría es la aplicación de superficies mínimas, y su aplicación en el sistema espacial. Fuente: Taller de Síntesis del Diseño (2012).



Figuras 30-32. La geometría fractal, es la geometría que más se asemeja a la naturaleza, por consiguiente, es el que mejor se adapta a las formas orgánicas y a los sistemas flexibles estructurales en la arquitectura.

Fuente: Taller de Síntesis del Diseño (2012).

tran ubicados en la profundidad del espacio generado en el campo visual de planos. La principal característica que distingue a esta geometría es la profundidad de la forma hacia diferentes puntos, indicando una dirección en el espacio, este principio designa la repetición de líneas a partir de uno o varios ejes regulatorios de la forma espacial y tridimensional; obteniendo así figuras abstractas que se descomponen en el infinito.

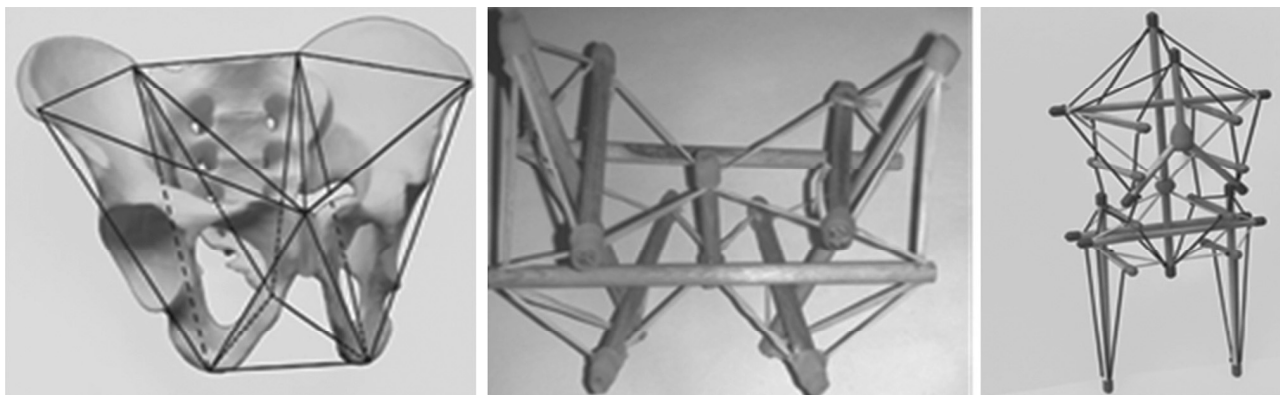
Siguiendo con la figura del triángulo, se llega a la siguiente experimentación de la geometría proyectiva (figuras 24-26), donde la línea (cables), el punto (intersecciones) y el plano (cubierta) serán protagonistas de formación del modelo a partir de un punto de partida, se formó un triángulo a partir del triángulo base, se proyectaron líneas en diferentes direcciones, las intersecciones de esas líneas formaron los puntos donde se comenzaron a levantar los postes y, asimismo, partiendo de esos puntos se "estiró" la estructura; gracias a los cables se logran sostener algunos postes inclinados, creando así una estructura estable.

La geometría topológica es una geometría que permanentemente tiene una continuidad en su forma, no importando la métrica en ella, sino la colocación secuenciada de las partes estructurales de la forma, también es parte de las

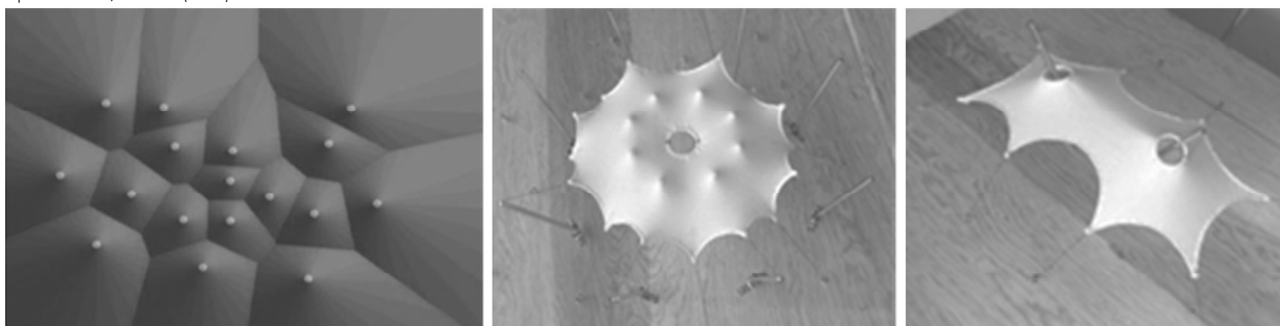
figuras euclidianas y proyectivas, asumiendo la materialización laminar de las mismas con características maleables o flexibles. Entendiendo la definición antes mencionada, podemos decir que esta geometría no se basa en formas básicas, sino en la disposición secuencial de sus partes como un todo, entonces se propicia un sistema estructural adaptable a las condiciones del espacio en toda su forma.

Este tipo de geometría es la llamada geometría de la lámina de caucho (figuras 27-29), ya que las figuras son sometidas a transformaciones muy drásticas y pierden sus propiedades métricas y proyectivas. Partimos de la misma forma triangular antes descrita, en este caso sufre más transformaciones geométricas, pero sin perder la esencia del triángulo, la cubierta está compuesta por una membrana irregular simulando las formas de una malla, las cuales son parte de la cubierta, la mayor parte de la geometría está basada en este mismo principio, pero se siguen utilizando las mismas premisas, las cubiertas compuestas de líneas (malla), los puntos (intersecciones), el plano (los apoyos), que derivan a un volumen que sirve de apoyo al modelo y mantiene equilibrada su forma.

La geometría fractal. Un fractal tiene una base matemática que puede gozar de autosimilitud a cualquier escala,



Figuras 33-35. Los sistemas estructurales actuales pueden adecuarse a las formas biónicas de la naturaleza, en este caso el sistema tensegrity se puede adaptar a muchas formas geométricas ya que su propiedad más importante es el mínimo de requerimiento de material para formar una estructura. Fuente: chicago-chiropractor.blogspot.mx, (2010), Fotos: Experimentales, Morales (2009).



Figuras 36-38. Las células son una forma de estructura modular que genera espacios más adaptables en el entorno, las velarias a su vez también se adaptan al entorno por medio de segmentación parabólica, y genera formas celulares en su sistema. Fuente: fotos experimentales, Morales 2009, www.espacial.org (2010).

su dimensión no es del todo entera, ya que goza de auto-repeticiones que significan que el objeto fractal no depende del observador, es decir, si tomamos algunas tipos de fractales podemos comprobar que al hacer un aumento doble, el dibujo es exactamente igual al inicial, así pues, si hacemos un aumento mayor, el dibujo resulta igual porque todas las partes se parecen al todo.

En el experimento se diseñará algo básico (figuras 30-32) para que la geometría fractal no sea tan compleja, pero con el mismo principio trabajado en las otras geometrías, la línea, el punto y el plano, que formarán el volumen del triángulo, éste tendrá el principio de la reproducción o autosimilitud de la figura original, en principio se dividió el volumen de la figura en postes y cables, en donde se hacen intersecciones que conllevan después a planos, generando la figura triangular seccionada, en varias vistas, ésta forma una estructura resistente y estable, que construye un espacio adaptable a varias posibilidades de crecimiento en su interior y exterior.

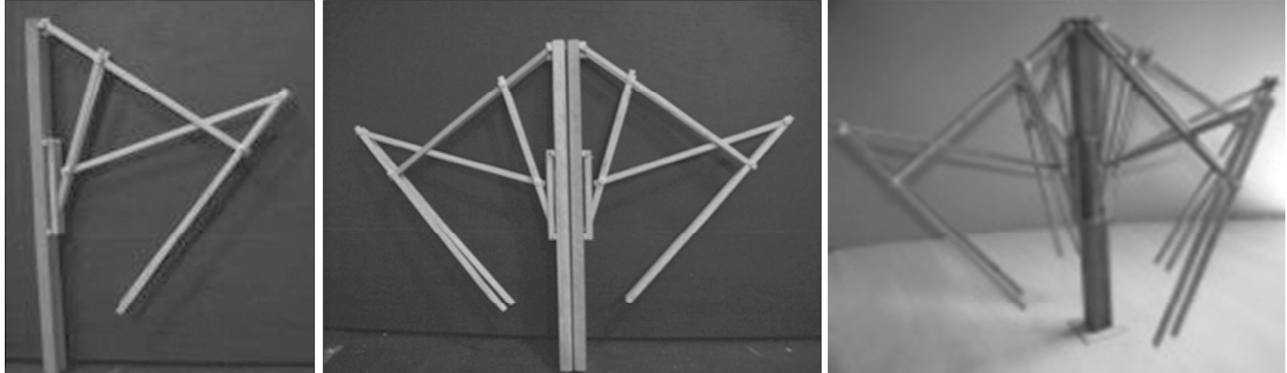
Para interpretar la generación de la fenomenología conceptual y las adecuaciones geométricas estructurales en el espacio, desarrollaremos unos ejemplos de morfologías conceptuales de la naturaleza; esto, para entender los diferentes tipos de experimentos compa-

rativos en donde se utilizará una metodología de diseño en las estructuras orgánicas, así podremos entender cómo producir espacios y estructuras biónicas, en donde anteriormente se experimentó con la figura biónica y orgánica para producir varios modelos que nos servirán de guía para producir la tecnología flexible a través de la geometría, por ello se verá la geometrización de las estructuras flexibles, la cual ayuda a comprender cómo se pueden adaptar estructuras fragmentadas en la naturaleza. Para adaptar estas estructuras orgánicas se hacen interpretaciones de sistemas estructurales, un ejemplo es el sistema tensegrity (figuras 33-35) el cual puede desarrollar formas orgánicas en su geometría, gracias a su geometría versátil hecha por cables que se traccionan de tal manera que comprimen los postes y esto equilibra la tracción y compresión que actúa en su sistema, la estructura es eficiente gracias a que los esfuerzos solamente actúan en los vectores de unión.

El concepto de flexibilidad en la estructura también nos da la versatilidad de generar formas más orgánicas en su piel, originando la integración de la forma en su contexto; la piel es la parte de un ser viviente que ayuda a ajustar su adaptación al clima de su entorno; dependiendo de la conformación del clima es como se desarrollará la piel de



Figuras 39 y 40. La propuesta está basada en la figura biónica de una rana, la flexibilidad de su estructura se da por las articulaciones de su esqueleto, este concepto ayudará a desarrollar la cubierta retráctil. Fuente: Taller de Síntesis del Diseño (2012).



Figuras 41-43. La adecuación geométrica de esta estructura biónica es un fractal lineal, pues su estructura se segmenta ortogonalmente, pero con ayuda de las articulaciones, éstas son las que le dan la justificación de ser un fractal, ya que se reproduce con una figura base. Fuente: Taller de Síntesis del Diseño (2012).

un ser viviente, así como el desarrollo de la estructura biónica orgánica, en esta parte se realizará la traslación y los conceptos desarrollados anteriormente, que provocará la unificación de todas las percepciones que se han adquirido para crear un modelo orgánico.

Para empezar, hacemos nuestra primera adecuación geométrica experimental, observando en la naturaleza trazas celulares reticulares que tienen un patrón de crecimiento orgánico, con base en una geometría fractal segmentada (figuras 36-38), para crear un cuerpo complejo y de varias figuras itinerantes, se adapta, entonces, este concepto de crecimiento progresivo fractal a los sistemas estructurales. Encontramos que el desarrollo de las velarías se basa en un mismo principio de iteración, ya que su geometría se constituye con dobles curvaturas, la cual se desarrolla empezando con una curva y se multiplica hasta generar las membranas parabólicas, éstas se segmentan en varias formas diferentes y generan diversos tipos de modelos.

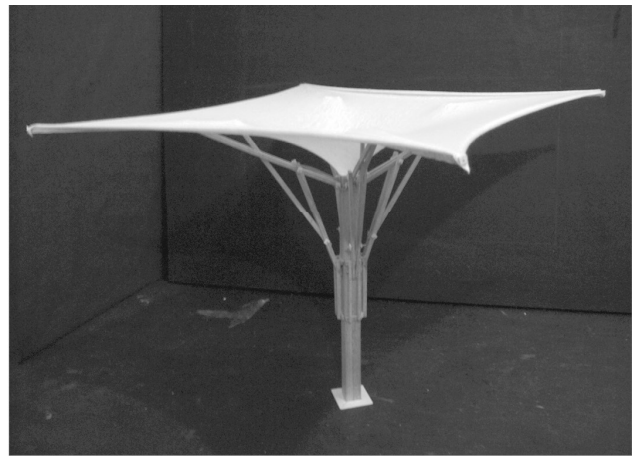
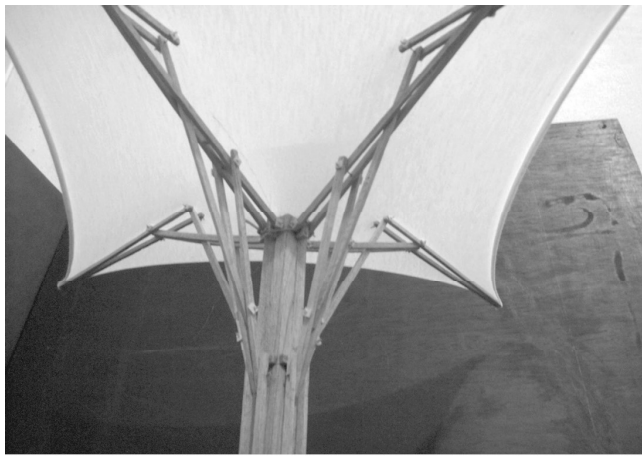
Las membranas parabólicas se estabilizan cuando se traccionan en sus extremos ayudados por medio de postes que tensan la membrana para formar las dos curvas perfectas, ya se ha comprobado anteriormente en los modelos que el uso de esta geometría parabólica también se puede utilizar en otros tipos de sistemas estructurales, en donde

la subdivisión de la curva parabólica generó la forma del modelo estructural del edificio, Candela hizo uso de ella en repetidas ocasiones y segmentaba la parábola hasta crear un espacio con mucho movimiento, el resultado de esta adaptación de analogías con sistemas estructurales, ayuda a producir modelos tecnológicos alternativos en el espacio arquitectónico.

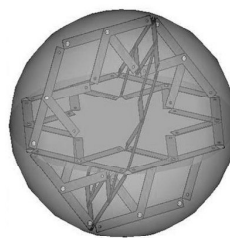
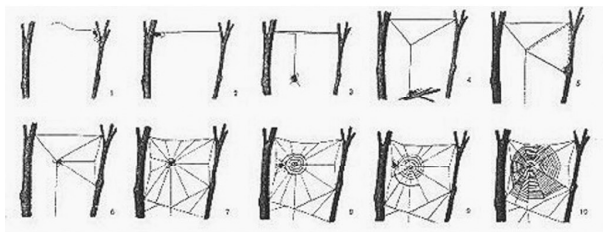
Justificación del proyecto

Para justificar el desarrollo de los experimentos anteriores, se realizarán modelos arquitectónicos plegables, con un sistema estructural articulado y versátil que pueda desarrollar modulación en su estructura, esto hace que la forma del espacio arquitectónico sea más dinámico; cuando se interpretan los modelos anteriores, retomamos la biónica para la estructura, la adecuación geométrica para su modulación y la interpretación estructural para su estabilidad.

La primera aproximación arquitectónica propuesta se aplicó a una cubierta transformable tipo paraguas, ésta se desarrolla primeramente con una morfología conceptual de la figura de la rana para generar su estructura articulada (figuras 39 y 40), ya se explicó que las articulaciones ayudan a desarrollar diferentes formas de adaptación al entorno, es por eso que la



Figuras 44 y 45. La propuesta termina con una interpretación arquitectónica, generado por una cubierta tipo paraguas plegable, ésta se desarrolla con una superficie mínima en su techumbre y produce una serie de accesorios articulados que le da la capacidad de transformarse constantemente. Fuente: Taller de Síntesis del Diseño. (2012).



Figuras 46 y 47. La segunda propuesta aproximada, se desarrolla con una morfología fenomenológica de la geometría de una telaraña, y tiene principios que ayudan a formar una serie de uniones flexibles que sirven para adaptarse a su entorno. Fuente: Taller de Síntesis del Diseño (2012).

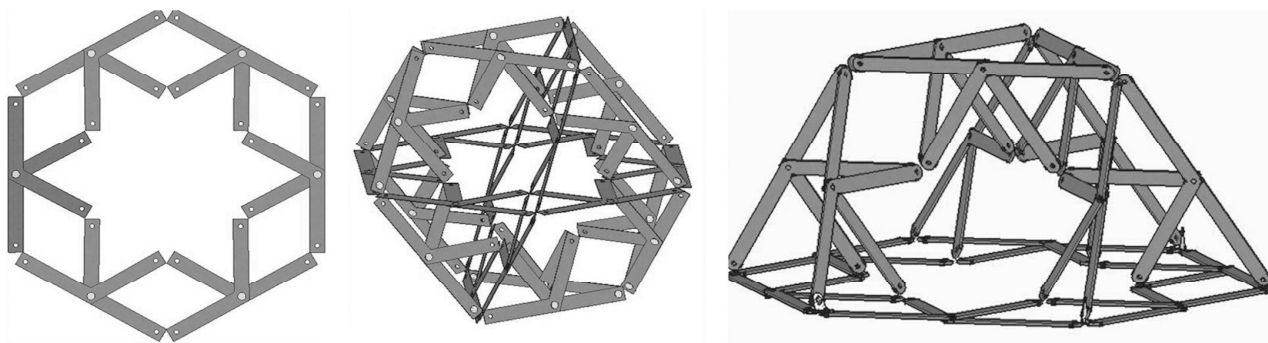
propiedad cambiante de la estructura es una articulación que puede tomar varias formas, en este caso se tomará para una cubierta retráctil.

La adecuación geométrica que se implementa a la propuesta es fractal lineal, se define con la iteración lineal de sus partes, además de ser una combinación de la euclidiana y la fractal. Aunque su función sea modular y sus miembros estructurales. Así se logrará la versatilidad espacial del modelo (figuras 41-43) donde observamos que la estructura geométrica está compuesta por una figura base articulada, que se repite cuatro veces, dicha figura forma un poste central que le ayuda a estabilizar su estructura, también genera un accesorio retráctil en el centro, la cual le permite plegarse hacia arriba y hacia abajo.

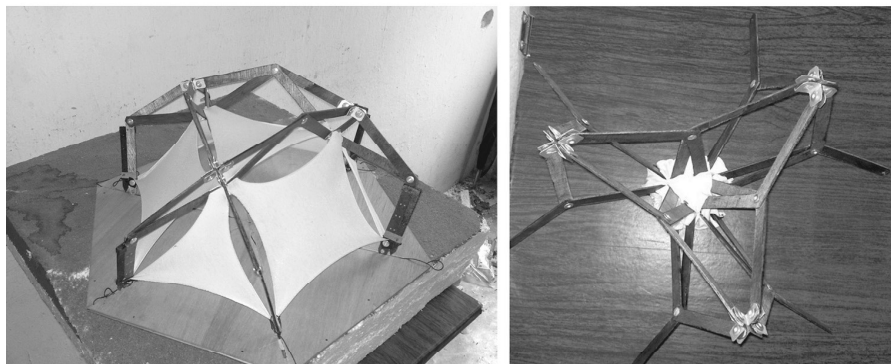
En cuanto a la interpretación estructural, está basada en la tensoestructura, ya que la cubierta se rige también por la velaria colocada en la parte superior, pero se puede llegar a interpretar como un sistema hecho a base de nodos articulados (figuras 44 y 45), esto deja una propuesta geométrica formal, y sirve para saber el porqué del origen de la misma al extrapolar sus principios técnicos y morfológicos, crea una propuesta más flexible que puede llegar a reproducirse en un entorno variable.

La segunda propuesta aproximada, se desarrolla de la morfología de la telaraña, está compuesta por una geometría tetraédrica, que también se puede ver en las estructuras geodésicas (figuras 46 y 47), si se aplica el modelo arquitectónico, desarrollamos a través de la fenomenología de la malla, una conformación de figuras geométricas que desarrollan un espacio orgánico modular, también puede gestar varias posiciones en su entorno, y genera transformaciones variadas en su estructura, la cual tendrá varias funciones dentro de su espacio, pero para este caso será otra cubierta ligera retráctil.

Su adecuación geométrica se desarrolla de la geometría fractal lineal, esta geometría tiene la virtud de unir una geometría ortogonal y desarrollar su iteración de formas más complejas, pero no deja de ser fractal, ya que se segmenta por una figura base en su propio espacio (figuras 48-50), observamos que la figura base es una "K", que forma un hexágono, se repite en varios planos interceptando sus nodos y formando una cubierta geodésica plegable, al mismo tiempo proporciona una cubierta de superficie mínima que ayuda a que su geometría sea más versátil y modular.



Figuras 48-50. La adecuación geométrica se basó en la geometría fractal lineal, esta geometría desarrolla la segmentación, cuya figura base, es la figura "K", la cual forma un hexágono y se reproduce en todos sus nodos hasta formar la cubierta plegable. Fuente: Taller de Síntesis del Diseño (2012).



Figuras 51 y 52. La segunda propuesta aproximada concluye con la interpretación de un prototipo retráctil compuesto por una superficie mínima, ésta le ayuda a que su espacio y su estructura puedan cambiar en varias funciones. Fuente: Taller de Síntesis del Diseño (2012).

La interpretación estructural, se desarrolló por el principio de una geodésica retráctil con una superficie mínima, esta adecuación estructural nos permitió ver el predominio de los sistemas que utilizan la menor cantidad de material para realizar sus miembros estructurales, y como su piel es lo más ligera para no agregar peso en su sistema (figuras 51 y 52), observamos que el prototipo parte de uniones articuladas plegables éstas ayudan a que la estructura pueda cambiar constantemente de forma y adecuarse a su entorno, de igual manera tiene la virtud de seguir un patrón para desarrollarse en varias aglomeraciones.

Conclusión

La consecuencia de aplicar una metodología fenomenológica en la figura orgánica se produce en la experimentación, esto nos deja un estudio crítico de los fundamentos teóricos que se desarrollarán a base de procesos geométricos conceptuales en los cuales se espera que la metodología ayude a determinar la secuencia de las acciones de un proceso de diseño arquitectónico (figura 53) en el que se apliquen los conceptos de flexibilidad estructural y

espacial, detonamos con principios de diseño en donde se captura de forma análoga y se aplican a un modelo experimental, en donde se puedan conseguir las características principales de una adecuación geométrica en la que podamos aplicar a un proyecto, consiguiendo un diseño más acorde al contexto.

La estrategia a abordar, conlleva al problema del espacio y la estructura que se realizará por medio de ensayos experimentales, éstos se elaboraron por medio de extrapolación de conceptos detonantes de experimentos a realizar y por formas de principio estructural en la arquitectura, que forme un desarrollo de modelo análogo que sirva de guía para generar propuestas adecuadas geométricamente.

Por ello, el desarrollo estratégico experimental nos marcará el análisis de la adecuación de la geometría orgánica como diseño aplicado a la construcción de un sistema estructural flexible y versátil en el espacio arquitectónico, el cual llevará la observación de las analogías experimentadas a un proyecto (figura 54), su principal aplicación es proponer una alternativa de diseño, buscando que de una u otra forma provoquen la motivación de experimentar nuevos procesos de diseño para descubrir nuevas soluciones de

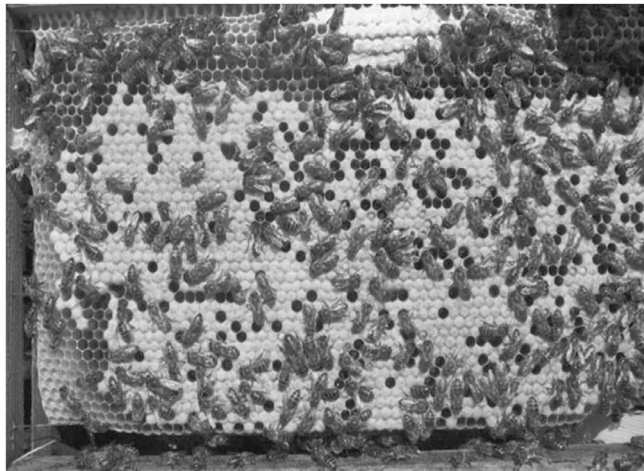


Figura 53. La geometría de las aglomeraciones naturales ayuda a crear un sistema modular geométrico y genera diferentes adaptaciones en su entorno natural. Fuente: juansanzsanz-temisto.blogspot.mx (2009).

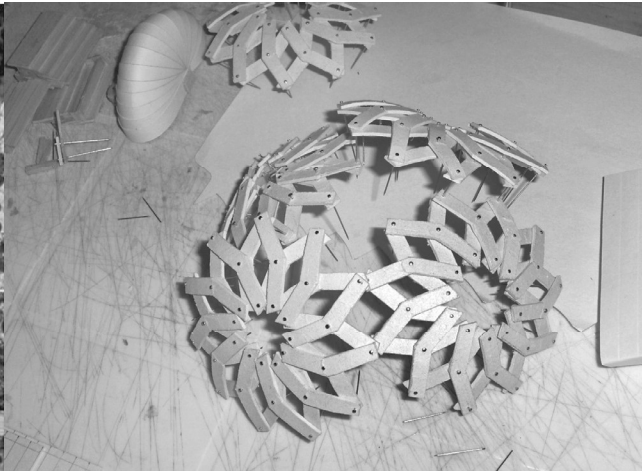


Figura 54. La agrupación toma forma y crea una célula madre, esta crece por medio de estructuras pilares. Fuente: Fotos Experimentales, Morales (2009).

espacios arquitectónicos a través de geometrías orgánicas, desde un punto de vista de crecimiento natural con el contexto y no sólo el hecho de amontonarla en un espacio determinado, sino realmente establecer una directriz que ligue con orden y coherencia, mediante un sistema estructural elaborado con diferentes principios conceptuales y estructurales, el cual se determinaría en un proceso de diseño; cabe decir que este proceso podrá implementar para el descubrimiento de nueva tecnología a través de la extrapolación de los conceptos de diseño a un proyecto, dando como resultado diseño geométrico estructural flexible en el espacio arquitectónico ☺

Fuentes de consulta:

- Aguilera, Néstor (2003). *Un Paseo por el Jardín de los Fractales*, 1a ed., Editorial Olimpia, España.
- Bonsiepe, G. (1975). *Teoría y práctica del diseño industrial*, 1a ed., Barral Editores, Barcelona.
- Campos Newman, Luis E. (1995). *Geodéos (Trazo Básico)*, 1a ed., Editorial Universidad Iberoamericana A.C., México.
- Doczi, György (2002). *El Poder de los Límites* 7a ed., Editorial Gustavo Gili, S.A de C.V., México.
- Elam, Kimberly (2003). *Geometría del Diseño* (Estudio en proporción y composición), 1a ed.; Editorial Trillas, México.

- Mandelbrot, Benoit (2003). *La Geometría Fractal en la Naturaleza*, 2a ed., Editorial Tusquets, España.
- Morales Guzmán, Carlos César (2012). *Diseño de Sistemas Flexibles en la Arquitectura*, Editorial Académica Española.
- (2012). *Síntesis del Diseño. Estructuras en la Arquitectura*, Universidad Veracruzana.
- Thompson, D'arcy (1980). *Sobre el crecimiento y la forma*, Madrid, Hermann Blume.
- Vogel Steven (2000). *Anclas y Palancas: Mecánica Natural y Mecánica Humana*, 1a ed., Editorial Tusquets Editores, S.A. Barcelona.

*Datos de los autores:

***Doctor en Arquitectura. Catedrático investigador, Titular “C” de la Universidad Veracruzana.**
k_the_best@hotmail.com

****Maestro en Construcción. Profesor de tiempo completo, Titular “B” de la Universidad Veracruzana.**
cmartinez@uv.mx