

# **DISEÑO DE SISTEMAS ESTRUCTURALES FLEXIBLES EN EL ESPACIO ARQUITECTONICO.**

## **DESIGN OF STRUCTURAL FLEXIBLE SYSTEMS IN THE ARCHITECTURAL SPACE.**

Dr. Arq. Carlos César Morales Guzmán.  
Investigador- Catedrático (Titular "C"), Universidad Veracruzana.  
E-mail: k\_the\_best@hotmail.com  
24 de Enero de 2011.

### **RESUMEN**

El origen conceptual del proyecto se produce en la reflexión análoga de la figura orgánica, en donde todo el documento hace mención de experimentos aproximados para un mayor entendimiento de la forma orgánica, pero este caso se utilizara para construir una metodología de diseño, el cual tenga como utilidad el diseñar espacios más flexibles en la estructura, hallando y comprendiendo el sistema estructural de un punto de vista más integral, también se observa el desarrollo del espacio flexible, el cual forja una variación de figuras en su entorno.

### **SUMMARY**

The conceptual origin of the project takes place in the similar reflection of the organic figure, where the whole document mentions experiments brought near for a major understanding of the organic form, but this case will be used to construct a methodology of design, which takes as a utility designing more flexible spaces in the structure, finding and comprising the most integral structural system of a point of view, also there is observed the development of the flexible space, which forges a change of figures in his environment.

**PALABRAS CLAVE:** Adecuación análoga, geometría orgánica, metodología.

**KEY WORDS:** Similar adequacy, organic geometry, methodology.

### **INTRODUCCION**

La falta de flexibilidad espacial en la arquitectura es parte casual de los problemas en las ciudades que crecen a un ritmo acelerado y no se encuentran pautas rítmicas que aseguren un espacio coherente en donde realizar actividades diversas, en la ciudad contemporánea, se requiere diseñar la arquitectura de tal manera que se logre una mayor armonía dentro del contexto.

Tenemos en cuenta que los problemas más comunes dentro de la arquitectura en la ciudad es que los edificios no son reutilizados a diferentes cambios, esto solo se someten para el cumplimiento de una sola función o época y no se piensa para un futuro cambiante e innovador, esto da por resultado un estancamiento total para estos espacios arquitectónicos, para prevenir estos problemas es necesario introducir un sistema de ritmos espaciales, los cuales se puedan colocar en el contexto con mucha más adaptabilidad creando una mejor alternativa en la arquitectura de la ciudad, esto asegura que las ciudades, pueblos y edificios, se encuentren en armonía con todas las leyes de la naturaleza y con el medio ambiente al servicio del usuario, ya sea individual y colectivo.

En una ciudad se encuentran diferentes tipos de edificaciones en las cuales solo se rigen por altura y anchura, estas se establecen dependiendo del espacio en donde se emplaza, las características similares se pueden replantear en diferentes conceptos más dinámicos y rítmicos en los cuales la estructura del edificio sea más flexible y modular, tomando en cuenta el rápido crecimiento de las

zonas urbanas y la falta de áreas verdes dentro de las ciudades, que pueden llegar a ser un pulmón para esta, ya que la estructura de la edificación puede ser desarmada o ensamblada en un lapso corto y así reactivar este predio como una zona verde dentro de la ciudad.

Bajo esta perspectiva sistémica de redes espaciales y flexibilidad estructural, podemos encontrar que una edificación se puede readaptar y transportarse de un lugar a otro dependiendo de la necesidad del usuario, ya que estas características no se encuentran regularmente en los edificios, el estudio busca diferentes alternativas de adaptación para una mejor integración de un edificio arquitectónico al entorno, la fusión generará espacios más articulados en donde la arquitectura no agrede al ambiente y mejor aun se integre a él, dejando una alternativa espacial al contexto, dependerá del desarrollo urbano de la ciudad y de sus fenómenos climatológicos, ya que la flexibilidad de este sistema se verá limitado bajo este tipo de contextos, los cuales nos darán las pautas de diseño más acordes para un mejor manejo de espacios en los edificios arquitectónicos de la ciudad.

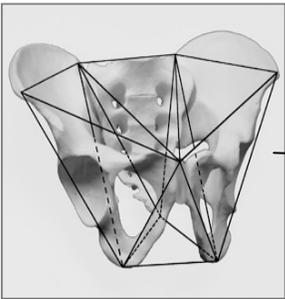
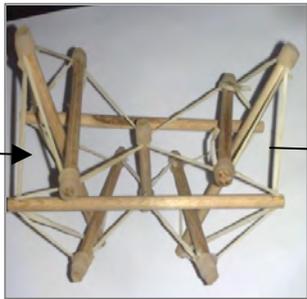
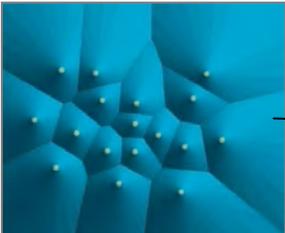
La fusión de estos planteamientos dan paso a nuevas formas arquitectónicas, cuya meta consiste en generar espacios dinámicos que puedan cambiar y acoplarse a un entorno variable, esto genera un principio estructural más flexible y articulado, por otra parte tenemos lo tecnológico que se concentrará en la construcción de estos espacios flexibles, (fácil manufactura e integración al entorno), espacios multifuncionales y de fácil crecimiento con capacidades de transportación variables, capaces de crear un sistema que genera una alternativa más coherente dentro de la ciudad, dejando edificios arquitectónicos más dinámicos que puedan tener diversas funciones.

## **FILOSOFÍA DEL PROYECTO DE INVESTIGACION**

Para entender la filosofía de las **Geometrías Fractales** en la naturaleza se desarrollaron diferentes tipos de experimentos para construir una metodología en donde podremos entender como producir espacios y estructuras biónicas (figura 1), por ello se analizará la mecanización de las estructuras plegables, la cual ayuda a comprender como se puede adaptar estructuras fragmentadas en la naturaleza, el concepto de plegabilidad en la estructura también nos da la versatilidad de generar formas más orgánicas en su piel se originará la integración de la forma en su contexto, la piel es la parte que ayuda ajustar su adaptación al clima de su entorno, dependiendo de la conformación del clima es cómo se desarrolla la piel de un ser viviente así la estructura biónica orgánica (figura 2), en esta parte de la investigación se realizará la traslación y los conceptos desarrollados en la investigación provocando la unificación de todas las percepciones que se han adquirido para crear un modelo orgánico. Para empezar hacemos nuestra primera experimentación observando en la naturaleza trazas celulares reticulares que tienen un patrón de crecimiento orgánico en base a una geometría fractal segmenta para crear un cuerpo complejo y de varias figuras itinerantes, adaptando 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 (figura 3), ya que su geometría se constituye de dobles curvaturas la cual se desarrolla empezando con una curva y se multiplica hasta generar las membranas parabólicas y estas se segmentan en varias formas diferentes generando varios tipos de modelos, estos se estabilizan cuando se traccionan en sus extremos ayudados por medio de postes que tensan la membrana para formar las dos curvas perfectas (figura 4), ya se ha comprobado anteriormente en la historia 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 genera la forma del modelo estructural del edificio, Candela hizo uso de ella en repetidas veces y segmentaba la parábola hasta crear un espacio con mucho movimiento.

Otro ejemplo de esta observación análoga de crecimiento orgánico con los sistemas estructurales ligeros se ve en las estructuras hinchables (figura 5) estas también tienen la propiedad de subdividirse en muchas secciones y formar sistemas estables gracias a una membrana llena de aire,

uno de los seres que tiene la forma de estructuras hinchables es el gusano de seda, es un buen ejemplo de bioforma hinchable, su forma de anillos enroscados le da la flexibilidad de protegerse y de adaptan rápidamente a su entorno, esto gracias a la uniones flexibles que tiene en su arcos biónicos, le dan estabilidad y fuerza a su cuerpo, en la estructura inflable tiene su principio estructural en la membrana inflada de aire ya que empuja la membrana hasta estar tensa y actual como modulo de compresión, al igual que un gusano se adapta y se subdivide en segmentos itinerantes, la estructura se mantiene erguida se combina la forma geométrica con el sistema inflables (figura 6), Frei Otto utilizo las membranas inflables para construir espacios rápido y económicos, esto podrían obtener grandes espacio, el subdividía las formas del membrana para generar formas naturales geométricamente, pero se apreciaba mucho al ritmo fractal que tiene la naturaleza, aun que el solo buscaba la eficiencia del material y la geométrica que lo estabilizaba por forma.

		<p><b>Figuras 1 y 2.</b> El sistema <i>tensegrity</i> es un sistema que 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: Dr. Morales, 2010.</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; writing-mode: vertical-rl; text-orientation: mixed;">             A D A P T A C I O N E S  E S T R U C T U R A L E S         </div>
		<p><b>Figuras 3 y 4.</b> La velaría sea concebida por medios geométricos diferentes tiene casi el mismo patrón de crecimiento. Fuente: Dr. Morales, 2010.</p>	
		<p><b>Figuras 5 y 6.</b> El sistema neumático está formado por membranas llenas de aire, algunas constituidas por arcos que tiene forma biónica de un gusano enroscado. Fuente: Dr. Morales, 2010.</p>	

## MORFOLOGIA GEOMÉTRICA ADECUADA A LA ESTRUCTURA

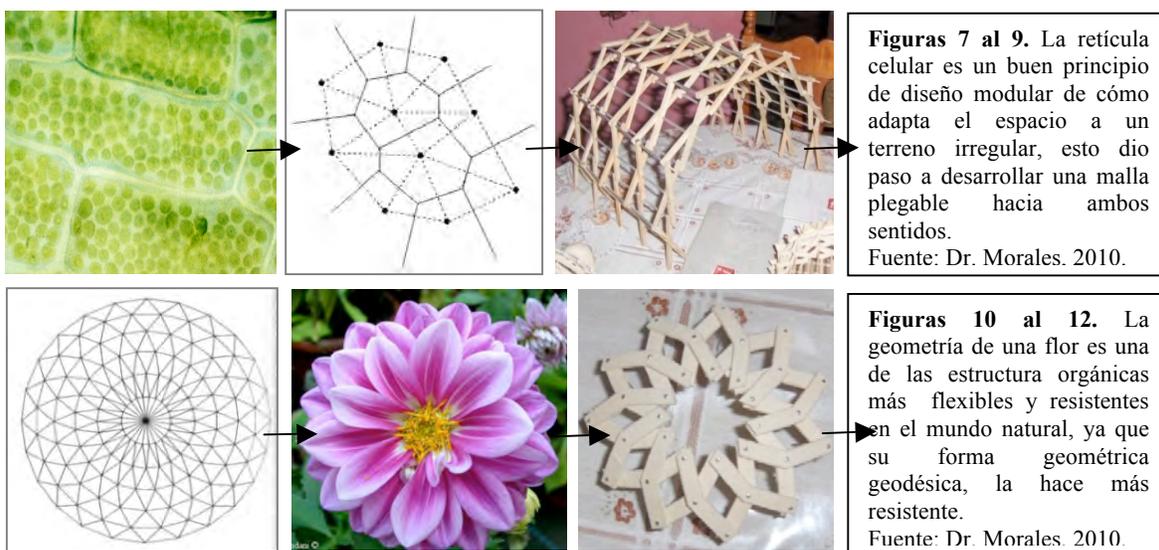
En la búsqueda de nuevas tecnologías, el uso de la biónica orgánica facilita las nuevas formaciones de espacios en la arquitectura, la **morfología-conceptual** se basa en la metodología que se utiliza, es la misma que se ha venido haciendo durante toda la investigación: generar geometrías estructurales flexibles en base a la biónica con el estudio análogo y la observación de la figura estructural de organismos, en este caso la geometría fractal compleja nos ayudará a concebir varias formas más aproximadas a las que genera la naturaleza, ya que su formación de diseño se elaborará por iteraciones que nos producen múltiples geometrías, pero en este tema sólo se utiliza para generar formas biónicas adaptables al contexto, para entender un poco lo que se hará en la

siguiente metodología, experimentaremos con tres de los grandes conceptos que se aplicarán en los modelos posteriores.

La primera experimentación se aplica en una geometría celular fractal, el concepto que se toma es la modulación y la adaptación de la estructura en el espacio, observando esta retícula modular podemos implementar una geometría que sea posible reproducir varias veces e integrar su estructura geométrica en el espacio; para generar esta retícula nos vamos a los principio fractales que es la segmentación de una figura varias veces, en este caso se construyó una malla reticular plegable con una figura en forma de “X”, (figuras 7 al 9), está diseñada para desplegarse un arco, y su repetitiva formación genera varios espacios modulares que son fáciles de montar en cualquier lugar.

Continuando con la experimentación de la otra figura orgánica, se analiza la geometría de una flor con ella se observa una figura en “X” ligeramente desviada con ángulos más cerrados en su punta inferior y ángulos más abiertos en su parte exterior, (figuras 10 al 12), la unión de estas piezas geométricas crea una cúpula geodésica circular rebajada y plegable en ambos sentidos, su forma geométrica se puede repetir varias veces y generar un organismo espacial más grande, el cual puede transportarse fácilmente; teniendo en cuenta estas experimentaciones justificamos la formación biónica y bioforma del siguiente modelo fractal.

### Adecuación Orgánica a la Estructura.



Después de la elaboración y comprobación de algunos modelos tridimensionales, logramos crear la segunda **Adecuación Geométrica** de la investigación, en donde la geometría fractal compleja es la que domina la concepción de este proyecto, (figuras 13 al 15), su principal característica es la función plegable de la estructura, la cual está hecha de láminas en forma de X, éstas se pliegan en un sentido y cuando se abren forman un arco grande.

La constitución de este proyecto es la figura biónica de un erizo, su cuerpo de forma cónica y sus delimitaciones representativas de una cúpula geodésica, generan la forma de la propuesta biónica plegable.

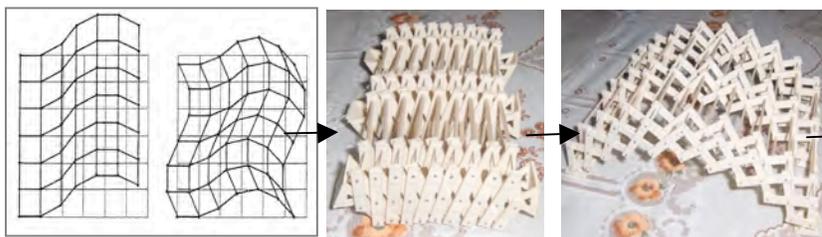
Además está diseñada de forma que al recibir la presión, absorba la fuerza del ambiente y a la vez amortiguar las diferentes coacciones que influyen en su contexto, primero se esquematizó la figura del erizo en un dibujo donde se analizó su forma y la geometría; ésta desarrolla su esqueleto, su geometría nace de un punto central de circunferencia el cual le da la forma cilíndrica a la armadura plegable, (figuras 16 al 18), esta estructura puede interactuar en varias repeticiones puesto que la malla plegable está constituida en tres arcos principales unidos por vigas que hacen que tenga mayor envergadura y estabilidad, los marcos pueden unirse repetitivamente en ambos sentidos.

Su cúpula geodésica se forma por la figura del lomo del erizo y hace evidente la cúspide de la pronunciada cúpula geodésica, la cual se puede plegar y transportar fácilmente, fabricada en figura de forma de X, (figuras 19 al 21), sus ángulos inferiores cerrados le dan propiedad de plegarse de manera horizontal abriendo una gran bocanada en donde se coloca un arco desmontable que estabiliza el empuje de la cúpula, este armazón plegable puede ser independiente del cuerpo estructural del erizo, aunque las dos en conjunto refuerzan sus formas y crean el esqueleto del erizo.

Por último se desarrolló la trompa y la cola del erizo, es un caparazón en forma de trompa que se pliega en un sentido y ayuda a cubrir las entradas de la estructura, ésta se mantiene en su forma gracias al tensor que une la forma del arco plegable en la entrada.

El piso también está pensado para plegarse y transportarse junto con la estructura plegable del erizo, hecha con armaduras tipo joins, con un nodo central que tiene un pivote que pliega el piso de la estructura interior, el piso está constituido por tres partes, las cuales se unen por nodos y juntas que se insertan en la uniones; arman un piso uniforme estandarizado, este piso está pensado para formar un colchón térmico y aislar la sensación térmica provocada por el suelo.

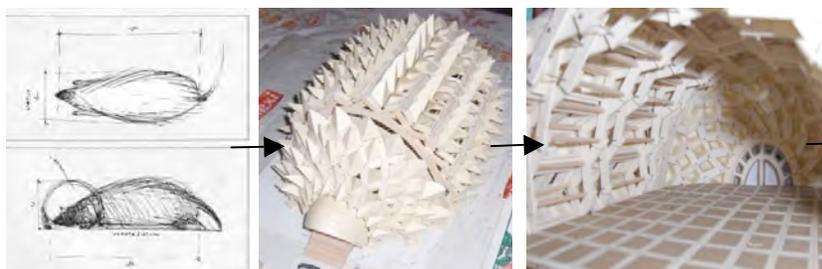
### Desarrollo de tecnología flexible



**Figura 13 al 15.** La figura principal de la estructura plegable, son los arcos principales que sostiene la edificación.  
Fuente: Dr. Morales, 2010.



**Figura 16 al 18.** La geodésica está hecha a base de formas de "X", que se unen en forma radial y en un extremo son más serrado los ángulos.  
Fuente: Dr. Morales, 2010



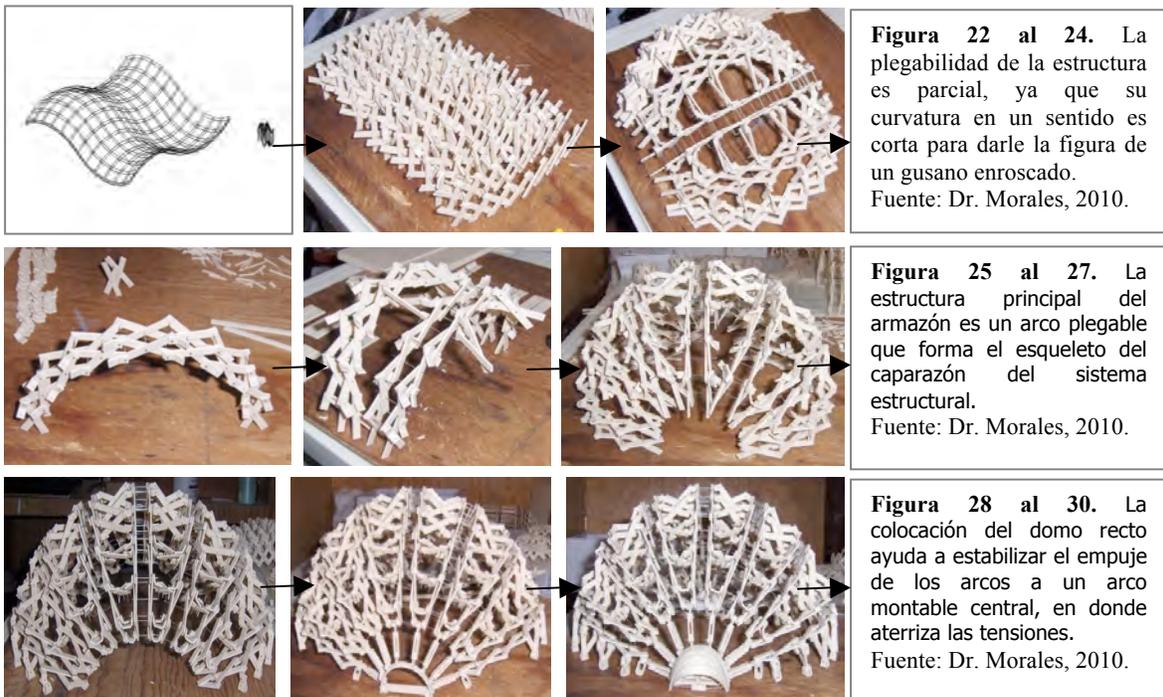
**Figura 19 al 21.** La piel que se desarrolla protegerse de la incidencia solar y de captar los vientos dominantes en su parte abierta.  
Fuente: Dr. Morales, 2010.

Siguiendo con la estructura biónica en la naturaleza, encontramos nuevas variantes de la **adecuación geométrica** plegable, este proyecto se basará en el mismo principio de marcos principales plegables, el cual conformará una forma biónica de gusano de seda; el gusano de seda está compuesto por anillos arqueados, (figuras 22 al 24), los cuales le dan la habilidad de plegar su cuerpo como si fuese un caparazón, haciendo esta reflexión biónica de la estructura de gusano implementaremos esta figura a un armazón plegable que se desarrollará; para ver el mecanismo de adaptación estructural de la segmentación anterior tienen el mismo principio de armaduras en “X”, pero en este caso forman diferente figura biónica, la cual se conforma de varios anillos en ambas direcciones y le da una mayor estabilidad al modelo experimental.

La estructura se desarrolla por la morfología biónica de los anillos plegables de gusano de seda, ésta tiene la flexibilidad de generarse en diferentes posiciones y formas, ya que el plegado del armazón cambia de figura cuando no está atiesado en sus puntos de anclaje, (figuras 25 al 27), esta unión está compuesta con un medio domo recto, el cual trasmite la tensión a un arco, que sostiene la geometría del caparazón; la figura de la estructura será de acuerdo a los atiesadores que rigidizan la estructura, ésta remata con unos apoyos en forma de punta que distribuye la compresión directamente a los basamentos.

El elemento que remata la armadura plegable que abre en ambos sentidos es un pequeño caparazón plegable, su crecimiento y desplegado puede graduarse de acuerdo a la unión que va a ligar a toda la cubierta bidireccional sujeta a los arcos laterales, (figuras 28 al 30), que tensionará a la estructura plegable; la fragmentación de la estructura es muy versátil, ésta puede formar más representaciones biónicas fractales de diferentes posiciones, como un gusano.

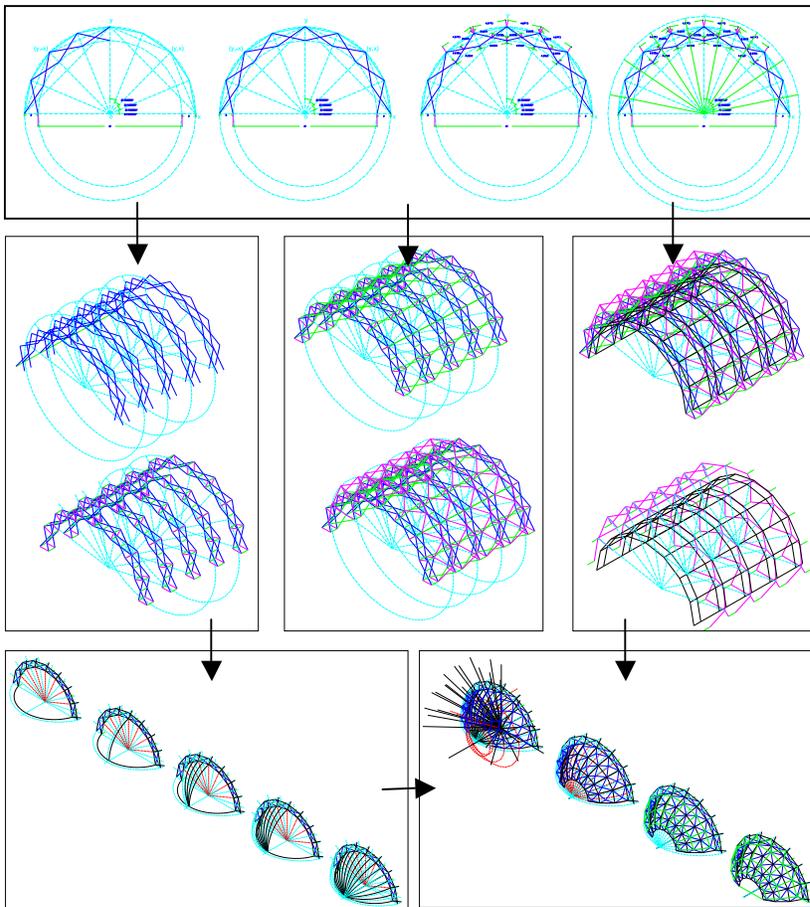
### Desarrollo de tecnología flexible



La adecuación de estos modelos experimentales, se desarrollan por métodos gráficos, ya que se utilizó la circunferencia como forma rectora de la figura orgánica de los modelos experimentales, en este caso ayudara a modular los miembros plegables de cada geometría propuestas en esta adecuación; se dibuja una circunferencia de guía para aplicar dicha traslación, ( por el momento solo se analizara el ajuste de la forma orgánica a la geometría), después de colocar el círculo se traza dos líneas rectoras X y Y, estas líneas ayudan a desarrollar la segmentación del círculo hasta formar la figura de tijeras, generando una armadura aligerada y flexible, (figuras 31 al 34), esta sección a su vez se multiplica, y crea una serie de armaduras itinerantes formando el cuerpo geométrico de la estructura, está a su vez se unen por medio de líneas y crean subestructuras geométricas que establecen mayor equilibrio en la geometría.

Después se toma la geometría de la armadura circular y se desarrolla la cúpula geodésica rebaja, esta se forma por medio de curvas circulares circunscritas en el centro de la armadura, siguiendo con el desarrollo dichas curvas se multiplican en su mismo eje hasta formar guías, (figura 35 y 36), en las cuales se tomaran para crear trazos que construirán una cúpula aligerada, la cual está unida por puntos nodales, teniendo por virtud reforzar la cúpula y distribuir las fuerzas que se llegaran a generar en un modelo estructural a escala.

**Desarrollo de geométrico flexible**



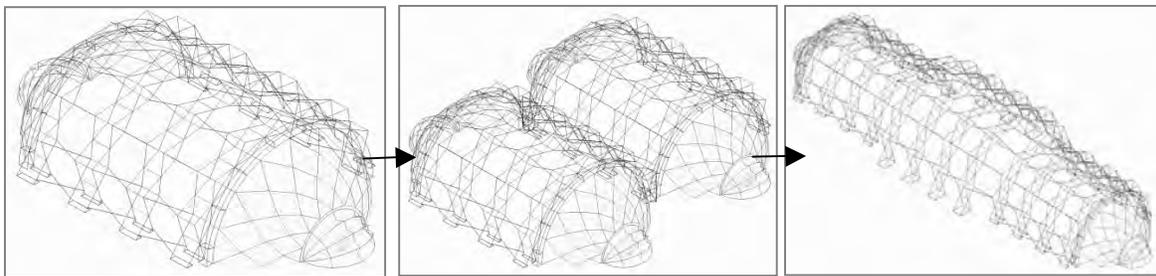
**Figura 31 al 34.** Desarrollo de una adecuación orgánica a la geometría, generado por formas y miembros modulares para su estandarización e iteración. Fuente: Dr. Morales, 2010.

**Figura 35 y 36.** La adecuación tiene varias formas orgánicas por lo que se deben utilizarse varias geometrías para crear una estructura flexible. Fuente: Dr. Morales, 2010.

Después del desarrollo análogo y gráfico del modelo se efectúa la adecuación geométrica para desarrollar su estructuración, el desarrollo geométrico nos brindará los diferentes casos geométricos de unión y de iteración del mismo modelo, ya que en este caso podemos lograr diferentes procesos geométricos de la estructura, ésta se compondrá de una guía circular que ayudará a formar la figura fractal del proyecto, la primer figura está compuesta de dos cuerpos que se comportan como armadura.

La parte más grande de la nave se integra por cuatro armaduras ligadas por vigas unidireccionales, la cual se pliega en un solo sentido, (figuras 37 al 39), su figura se compone de miembros de tijeras que unidas generan armazones ayudando a absorber los desplazamientos, la geodésica se compone con la misma figura de tijeras pero está puesta en la curva de la cúpula, la cual actúa también como amortiguador de los empujes de armazón; la iteración de este cuerpo puede combinar diferentes uniones geométricas de plegado en el armazón, en las diferentes combinaciones encontramos una variedad de posibilidades que plieguen la estructura, éstas pueden cambiar la propiedad de la geometría y convertirla en una cubierta bidireccional en ambos sentidos ayudando a darle una mayor estabilidad a la geometría del modelo, el crecimiento de la figura nos brinda un desarrollo de crecimiento de diferentes escalas y direcciones que forman una estructura modular autoconstruible.

### Desarrollo de geométrico flexible



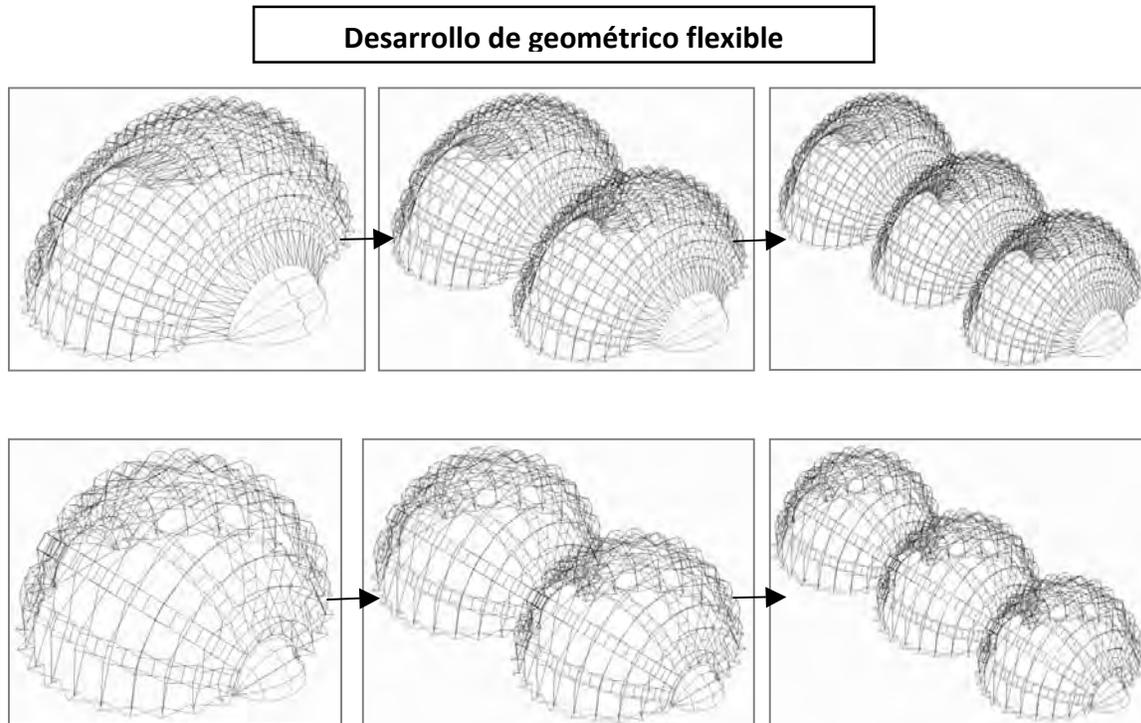
**Figura 37 - 39.** La geometría puede desarrollarse en diferentes escalas y uniones de diferentes combinaciones, al igual que puede generarse de diferentes piezas en “X” lo cual la hace más estable. Fuente: Dr. Morales, 2010.

La generación de la geometría de este modelo nos brinda un gama muy variada de posibilidades de plegado de acuerdo al arco que unirá a la cubierta ya que ésta es la que estabilizará y mantendrá unido al modelo; cabe mencionarse que esta figura como es bidireccional nos produce combinaciones y uniones muy variadas, de acuerdo a qué tan cerrado esté el arco se obtendrá una figura biónica rígida, la cual tiene la forma de un caparazón, pero a la vez flexible por la composición de marcos de armadura plegable abierta en ambos sentidos.

La figura del modelo geométrico se compone de marcos plegables en ambos sentidos unidos por arcos compuestos de armaduras, su figura por una “X”, y forman una armazón rígida; ésta sirve para contener el desplazamiento lateral de un sentido de la cubierta plegable, este ligamento puede repetirse varias veces en la cubierta plegable, (figuras 40 al 42), hasta formar un figura geométrica de un gusano compuesta por varios anillos plegables. Las repeticiones itinerantes de la geometría se deben a que está compuesta por muchas partes estandarizadas.

Esta geometría puede tener varias escalas y uniones pero su repetición sólo puede ser en un sentido en donde los arcos se unen con la cubierta, (figuras 43 al 45), estas segmentaciones generan una estructura biónica más grande, pasando a hacer la figura inicial de sólo un segmento del gran cuerpo

que se fractura en el modelo geométrico, la conformación de estas iteraciones forma una geometría fractal compleja dado que sólo inicia con una figura normal repetida varias veces hasta conformar una gran entidad biónica.



**Figura 43 - 45.** La conformación de la geometría del gusano de seda se desarrolló por marcos plegables en ambos sentidos, sujetos por un arco de armadura que contiene el desplazamiento lateral de la geometría. Fuente: Dr. Morales, 2010.

## CONCLUSIÓN

En el estudio de la tecnología estructural y la industrialización del espacio arquitectónico, la edificación desarrollo un principio estructural celular, el cual se manejó como un sistema de redes y ritmos espaciales, esto da como consecuencia hacer una estructura flexible, adaptable a su contexto en su forma, y versátiles a cambiar los espacios de las estructuras, su principio de diseño se inclino sobre la elaboración de un nodo el cual podía unir dos elementos creando un sistema estructural muy flexible y resistente.

La perspectiva conceptual es justificación en las tendencias arquitectónicas, las cuales dejan principios básicos que pueden ayudar a reforzar mi tema, en la estructura del tiempo se encontraron cuatro postulados arquitectónicos en donde se origino la investigación, esta tendencias son el grupo Archigram, Metabolismo Japonés, Arquitectura High Tech, Arquitectura de Bioforma y Biomecánica, su origen es la creación de estructuras montables, flexible y adaptables, creando un icono de diseño para la investigación.

En cuanto la aplicación de los conceptos con el proyecto se ejecutaran varias aproximaciones sucesivas por medio de la geometría arquitectónica, en consecuencia se encontraran hipótesis

proyectuales que se adaptaran muy fácilmente al proyecto final, ayudando a determinar que la geometría ortogonal es la más adecuada a su contexto.

Todo esto dejará una propuesta geométrica formal cual se analiza con la estructura de los referentes, sirven para saber el porqué del origen de mi propuesta, extrapolando sus principios utópicos, técnicos, y morfológicos, creando una propuesta más variable donde su peso relativo es la composición rítmica espacial de la estructura mutará como una célula has adaptarse a su entorno, también implicara agregar las técnicas bioclimáticas para obtener un mejor confort dentro de los espacios.

Sin embargo, la adaptación tendrá limite y para metros que se tendrá que aplicar en el proyecto arquitectónico, evitando las desviaciones a otros campos que no nos interesa, la línea conductual se concentrara en la elaboración de un sistemas industrial flexible con implementaciones de un material que puedan soportar las condiciones climáticas extremas en este caso las inundaciones del sitio que son muy frecuente entre agosto y octubre, ocasionando muchas pérdidas económicas y espaciales que no tan fácilmente se puede recuperar.

Por último, el tema de investigación puede tener otras utilidades no precisamente es para uso habitacional para por la versatilidad de la estructura ocasiona que los espacios se puedan manipular muy fácilmente, esto se podría aplicar a edificio de oficinas o conjuntos edificios comercial, estructuras de un centro comercial, hasta crear un mega estructura que pueda albergar varios espacios vivenciales entre sus áreas, por lo tanto mi tema se cumplirá con la meta especificada al principio que es generar una estructura adaptable a diferentes tipos de uso.

## REFERENCIAS

**Banham, Reyner**, *Mega estructuras: futuro urbano del pasado reciente*, Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 2ª. ed., 2001.

**Benévolo, Leonardo**, *Historia de la arquitectura moderna*, Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 8ª ed., 1998.

**Behling, Sophia y Stefan**, *Sol power. La evolución de la arquitectura sostenible*, Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 2002.

**Doczi, György**, *El Poder de los límites*, México, Editorial Gustavo Gili, S.A de C.V., 7ª ed., 2002.

**Flores, Cecilia**, *Ergonomía para el diseño*, México, Designio D.R. Librería, 2001.

**Fonseca, Xavier**, *Las Medidas de una casa (antropometría de la vivienda)*, México, Editorial Concepto, 2002.

**Glancey, Jonathan**, *Historia de la arquitectura*, Madrid, Grupo Planeta Dorling Kindersley, 2001.

**Leoz, Rafael**, *Redes y ritmos espaciales*, Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 3ª ed., 1982.

**Montaner, Josep María**, *Arquitectura y crítica*, Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 3ª. ed., 2002.

-----, *La Modernidad Superada*, México, Editorial Gustavo Gili, 1997.

-----, *Después del movimiento moderno. Arquitectura de la segunda mitad del siglo XX*, Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 5ª ed., 2002.

-----, *Las Formas del siglo XX*, Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 2002.

**Moore, Fuller**, *Compresión de las estructuras en la arquitectura*, USA, Traducción en México, Editorial Interamericana McGraw-Hill, 2000.

**Pople, Nicolás**, *Casas experimentales*, México, Ediciones G. Gili, 2001.

**Thompson, D'arcy**, *Sobre el crecimiento y la forma*, Madrid, Hermann Blume, 1980.