

## SISTEMAS DE DISEÑO PARA LA VIVIENDA

CARLOS CÉSAR MORALES GUZMÁN

Universidad Veracruzana. Facultad de Arquitectura, Región Poza Rica-Tuxpam, México.

Morales Guzmán, C. C. (2011). Sistemas de diseño para la vivienda. *Revista de Arquitectura*, 13, 118-127.

Licenciatura en Arquitectura, Universidad Veracruzana, México. Máster en diseño arquitectónico y bioclimatismo, Universidad Cristóbal Colón, Veracruz, México.

Máster en ingeniería para la arquitectura, opción estructuras, Universidad Camilo José Cela, Barcelona, España.

Doctorado en arquitectura, área diseño y tecnología, Universidad Nacional Autónoma de México.

Diplomado en Ingeniería Estructural (orientado a programas de cálculo de estructuras). Computers & Structures, Inc, Caribe, Ciudad de México, México.

Catedrático Investigador (Titular "C"), Universidad Veracruzana. Facultad de Arquitectura, Región Poza Rica-Tuxpam, Universidad Veracruzana.

Responsable del Laboratorio de Estructuras y del CA de Arquitectura y Urbanismo.

Publicaciones:

Diseño de sistemas estructurales flexibles en el espacio arquitectónico, *Revista de Diseño y Producción de Tecnología* (2010, octubre).

Design of Geometric Structural Flexible Systems in the Architectural Space (2008).

Diseño de Sistemas estructurales por descubrimientos análogos. *Revista Esencia y Espacio*, 32.

Diseño de sistemas generados por procesos bioclimáticos en el espacio arquitectónico. *Revista Bitácora Arquitectura*, 12.

Diseño de Sistemas Orgánicos Flexibles en la Arquitectura. *Revista Gaceta Universitaria UV*.

dr.arqmorales@gmail.com / k\_the\_best@hotmail.com

### INTRODUCCIÓN

El presente artículo es el resultado de la investigación "Diseño de sistemas estructurales flexibles en el espacio arquitectónico", realizada en el grupo de investigación Arquitectura y Urbanismo, y dentro de la línea Diseño arquitectónico estructural y bioclimático; el objetivo del proyecto gira en torno a generar estructuras retráctiles para que funcionen en diferentes espacios. Su origen conceptual se produce en la reflexión análoga de la figura orgánica; el documento hace mención de experimentos aproximados para un mayor entendimiento de dicha figura, pero este caso se utilizará para construir una metodología de diseño que tenga como utilidad crear espacios más flexibles en la estructura hallando y comprendiendo el sistema estructural desde un punto de vista más integral; también se observa el desarrollo del espacio flexible, el cual forja una variación de figuras en su entorno.

La falta de flexibilidad espacial en la arquitectura es una de las causas 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.

Es necesario tener en cuenta que los problemas más comunes dentro de la arquitectura en la ciudad es que los edificios no son pensados para adaptarse a los diferentes cambios, estos solo se construyen para el cumplimiento de una sola función, y no se piensa en un futuro cambiante e innovador; lo anterior da como resultado un estancamiento total para estos espacios arquitectónicos. Para prevenir estos problemas es necesario introducir un sistema de ritmos espaciales que se puedan poner en el contexto con mucha más adaptabilidad creando una mejor alternativa en la arquitectura de la ciudad, esto asegura que las ciudades, los pueblos y los edificios se encuentren en armonía con todas las leyes de la naturaleza y con el medioambiente al servicio del usuario, ya sea individual y colectivo.

En una ciudad se encuentran diferentes tipos de edificaciones las cuales solo se rigen por su altura y anchura, estas se establecen dependiendo del espacio en donde se emplazan; en consecuencia 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 urba-

### RESUMEN

El origen conceptual del proyecto es la reflexión análoga de la figura orgánica; el documento hace mención de experimentos aproximados para un mayor entendimiento de la forma orgánica, pero este caso se utilizará para construir una metodología de diseño que tenga como utilidad diseñar espacios más flexibles en la estructura, hallando y comprendiendo el sistema estructural desde un punto de vista más integral; también se observa el desarrollo del espacio flexible, el cual forja una variación de figuras en su entorno. Los sistemas de diseño para la vivienda tendrán como consecuencia la formación de sistemas estructurales más flexibles para los espacios arquitectónicos dentro de la vivienda.

**PALABRAS CLAVE:** analogía, figura orgánica, metodología de diseño, hábitat flexible, bioclimática.

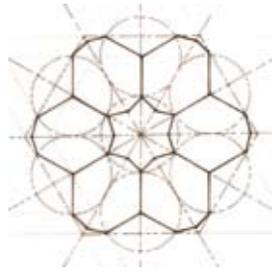
### SYSTEMS OF DESIGN FOR HOUSING

#### ABSTRACT

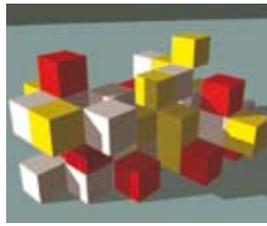
The conceptual origin of the project takes place in the similar reflection of the organic figure, where the whole document mentions experiments brought near for a major understanding of the organic form, but this case will be used to construct a methodology of design, which takes as a utility designing 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. Design systems for housing will result in the formation of structural systems more flexible architectural spaces within the home.

**KEY WORDS:** Similar reflection, organic figure, methodology, flexible habitat, bio-climatic.

Una propuesta teórica para resolver el desorden en la ciudad son los sistemas de redes y ritmos espaciales que rompen con la monotonía y crean una plusvalía en el sitio.

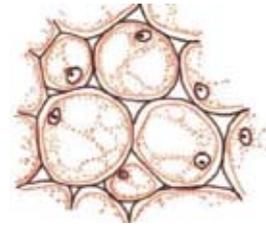


▲ Figura 1.  
Trazas de diferentes redes espaciales que originan un punto simétrico radial donde los dos encuentran una retícula rítmica.  
Fuente: Morales (2009).

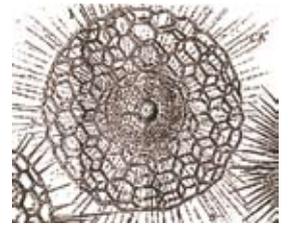


▲ Figura 2.  
Pautas rítmicas que ayudan al crecimiento de la red conceptual, producen diferentes composiciones de formas más coherentes para el ambiente natural y su contexto.  
Fuente: Morales (2009).

Para crear pautas más coherentes dentro de la ciudad se observa el crecimiento de las formas orgánicas, las cuales ayudan a generar sistemas estandarizados más adaptables y flexibles.



▲ Figura 3.  
Los conceptos celulares crean sistemas de redes espaciales orgánicas que se adaptan al contexto en que se encuentran.  
Fuente: Doczi (2002).



▲ Figura 4.  
Así como las células de carbono crecen adaptándose a un entorno, también tienen un límite espacial dentro de su organismo.  
Fuente: Thompson (1980).

nas y la falta de áreas verdes —pulmones de las ciudades—, 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.

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; dado que estas características no se encuentran regularmente en las edificaciones, el estudio busca diferentes alternativas de adaptación para la mejor integración de los edificios al entorno, la fusión generará espacios más articulados en donde la arquitectura no agreda al ambiente y, mejor aún, se integre a él dejando una alternativa espacial al contexto, el cual dependerá del desarrollo urbano de la ciudad y de sus fenómenos climatológicos, ya que la flexibilidad de este sistema se verá limitada bajo estas condiciones, las cuales darán pautas de diseño más acordes para un mejor manejo de espacios en los edificios arquitectónicos de la ciudad.

La fusión de estos planteamientos da 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 posibilidades de transportación variables, capaces de crear un sistema que genera una alternativa más coherente dentro de la ciudad, dejando conceptos de diseños más dinámicos, que puedan tener diversas funciones.

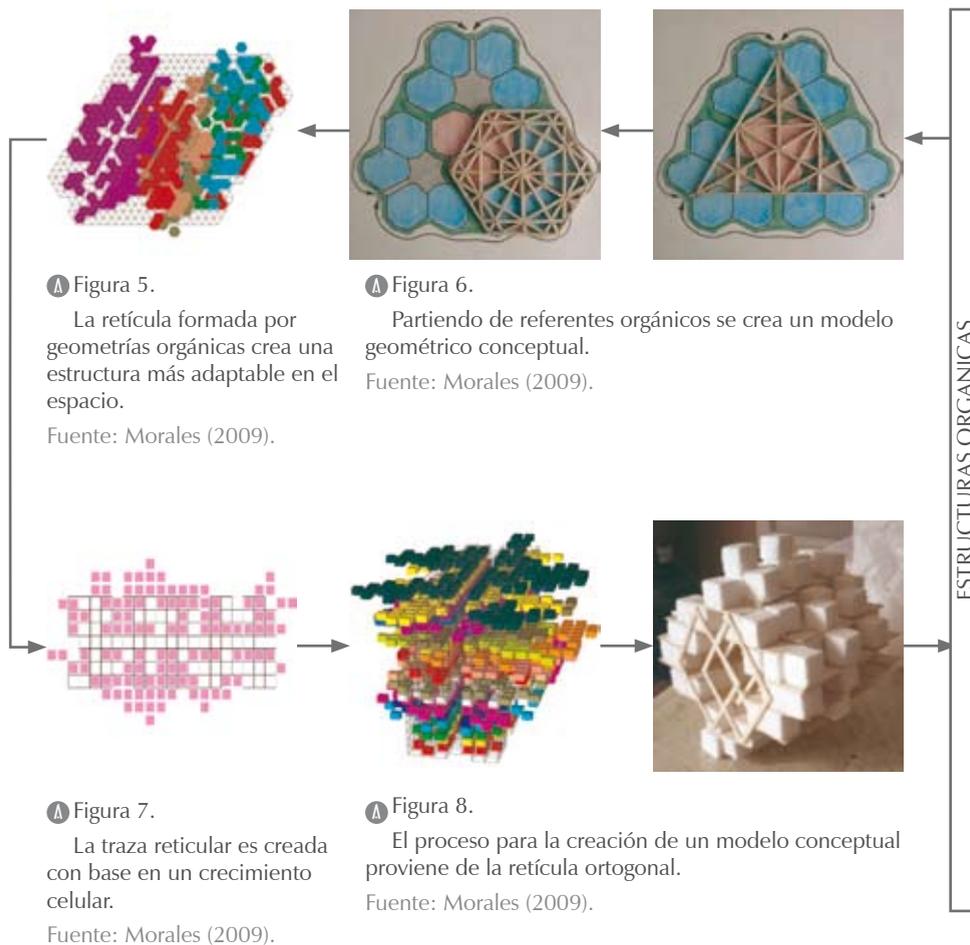
## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y METODOLOGÍA

Para generar este sistema flexible describiremos y explicaremos los estudios más detallados al respecto, estos exponen diferentes puntos los cuales ayudarán a trazar un línea conceptual del tema dado que abordan un sistema de redes y ritmos espaciales; Rafael Leoz dice que:

... existen dos tipos fundamentales de redes espaciales sistematizadas que obedecen a un crecimiento coherente; una de esas formas es aquella que da lugar a redes que es el que nos sirve de punto de partida o de centro de desarrollo inicial. La otra forma es la que tiene infinitos puntos de simetría radial, todos con la misma jerarquía (Leoz, 1982).

Una aplicación teórica más práctica para trabajar un sistema de redes y ritmos la encontramos en la geometría de puntos radiales (figura 1); este ejemplo tiene como principio que toda articulación, ya sea estructural o espacial, parte de un inicio con un punto de apoyo el cual ayuda a generar formas de crecimiento más armónicas y precisas, esto para un mejor manejo de la composición y el espacio; para aplicar estas redes es necesario materializar un ritmo espacial dentro de ellas que nos ayude a construir una celda que pueda tener varias composiciones en las cuales se aplique un proceso de diseño orgánico versátil en el espacio arquitectónico, esto se puede lograr por medio de formas geométricas que no deben ser tan complejas (figura 2), una de las formas más flexibles de manejar es el cubo, la cual puede crecer de manera modular debido a que se compone de lados iguales, lo que ayuda a apoyarse uno sobre otro dando así un buen ejemplo de composición de ritmos que se pueden materializar en una red sistémica de estructuración en un espacio.

La aplicación teórica de modelo conceptual deja claro que el concepto por abordar será la



## HIPÓTESIS TEÓRICO-CONCEPTUAL

Partiendo de estos referentes empíricos se creará un modelo teórico-conceptual que partirá de conceptos naturales, esto podrá darnos pautas de diseño más coherentes (figura 5), con un crecimiento natural, adaptable a un contexto variable, con la versatilidad de cambiar de formas en sus espacios (figura 6), pero modulados con una estructura flexible que brindará facilidad de crecer en un entorno variable; la aplicación de los conceptos supone formar una traza reticular cuadrada (figura 7), esta crea un sistema de redes espaciales que forman una estructura ortogonal que puede crecer en sentido vertical u horizontal dependiendo de la adaptación de las cápsulas cúbicas dentro de esta trama.

El crecimiento de los cubos se da con base en un ritmo espacial que trata de dar pautas congruentes dentro de la red ortogonal, su forma puede variar de acuerdo con la dimensión y el cuerpo de la retícula (figura 8), todo esto nos deja un concepto de volumen tridimensional el cual tiene como aplicación teórica determinadas pautas y límites de diseño ya que cualquier forma geométrica, por más flexible que sea, tiene un límite en un determinado entorno, ya sea por la forma o por las limitaciones de área en el contexto; su propio universo le da la pauta de crecimiento ya que entre más se desarrolla menor es su espacio interior así como el área de crecimiento —esto también sucede en las formas orgánicas—, aun así este planteamiento teórico deja un plan de crecimiento sucesivo con un desarrollo por etapas y con ritmos, el cual hace que no se salga de composiciones adaptables a un contexto variable dentro de sus límites perimetrales y tridimensionales. Para comparar y demostrar que la propuesta teórica tiene un peso relativo dentro de la investigación se elaboraron unas propuestas teóricas conceptuales a partir de la problemática por resolver en este documento, esto nos ayudará a entender qué tipo de necesidades se tienen que satisfacer (Doczi, 2002; Moore, 2002; Montaner, 1993).

flexibilidad estructural del espacio adaptándose a un contexto variable generado por una traza orgánica ortogonal en donde serán manipulados los espacios y la estructura de un modelo conceptual. Para crear un sistema de redes y ritmos espaciales analizaremos los tejidos celulares como base de diseño (figura 3), lo que nos ayudará a comprender de una manera más congruente lo que significa un sistema estructural y cómo influye en la versatilidad de los espacios de un modelo; este principio de diseño se encuentra en la estructura de una célula madre vegetal ya que sus aristas forman un nodo de encuentro que ayuda a que se conecte todo el grupo de células, esta forma orgánica tiene la facilidad de acoplarse a casi cualquier tipo de superficie espacial y su acomodo puede variar tanto horizontal como verticalmente.

Pero toda forma natural o geométrica tiene un límite de crecimiento, un ejemplo de ello es la célula de carbono en la cual sus aristas son hexagonales, sus centros radiales crean una forma de crecimiento modular pero entre más crezca su cuerpo espacial será más reducido su espacio interior, esto nos deja claro que el crecimiento estructural espacial tiene condiciones de desarrollo ya que entre más crezca el organismo (figura 4) sus zonas de expansión serán más pequeñas debido a la colocación de la estructura de la célula. Comprendiendo esto podemos analizar que los cuerpos orgánicos crecen con parámetros y fronteras, y sus agrupaciones complejas tienen una pauta rítmica de crecimiento ya que dependen del espacio en donde se reproducirán (Thompson, 1980).

## FILOSOFÍA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN – RESULTADOS

Para concretar el desarrollo del proyecto de investigación analizamos que en la ciudad existen dos tipos de edificios (figura 9): los convencionales (que se construyen a través de la costumbre), y que buscan cumplir solo con la función que les fue asignada; por otro lado, los no convencionales (figura 10) son aquellos que buscan cumplir otra u otras funciones aparte de las que les fueron asignadas.

Por lo regular, los espacios de cobijo son hechos a base de concreto armado o de tabique, los cuales no permiten un desarrollo rápido, la falta de alternativas estructurales hace que su reparación y mantenimiento sean tediosas y muy caras, esto complica la economía del usuario; cabe mencio-

nar el factor catástrofe natural, el cual incide en la mayoría de las viviendas en zonas de inundación, para ello se necesita un nuevo sistema estructural que ayude a crear una alternativa más viable que resista las agresiones climáticas y que al momento de su reparación sea fácil de elaborar, esto lograría una mejor adaptación al entorno ayudando a no perjudicar la economía del usuario (figura 11).

El objetivo principal de la propuesta es proporcionar un sistema geométrico-estructural flexible diferente al convencional que sea autosustentable y resista los fenómenos climáticos (figura 12), esto bajo una red de ritmos espaciales la cual hará del módulo un objeto cambiante de acuerdo con la necesidad del usuario que lo habite. Así pues, esta propuesta se acota al diseño de un prototipo alternativo de vivienda con las ventajas de crecer y tener un catálogo de alternativas manipulables para el usuario, que también funcionará en las zonas de subdesarrollo ya que estas carecen de algunas infraestructuras urbanas; el emplazamiento de estos espacios crea mayor desarrollo y genera más plusvalía, obligando a tener puntos de encuentro social en las áreas exteriores de los módulos, lo que genera convivencia entre las comunidades (Fonseca, 2002; Pople, 2001).

Para aterrizar la propuesta arquitectónica se definirán las premisas y cotas del proyecto, las cuales analizan las partes que se aplicarán en el modelo, estas son: la contextual, la bioclimática, la morfológica-conceptual y la tecnológica-estructural; estas dejarán una pauta marcada en el proyecto para no desviarse de la aplicación de los conceptos principales en la propuesta arquitectónica.

Respecto al área *contextual* del sitio y sus posibles incidencias climáticas, estas podrían agredir la propuesta arquitectónica del proyecto (figura 13); así, el estudio del lugar indaga sobre los tipos de catástrofes y fenómenos que podrían subsistir en el área de emplazamiento, esta verificación del terreno ayuda a determinar las posibilidades que puede haber en el sitio.

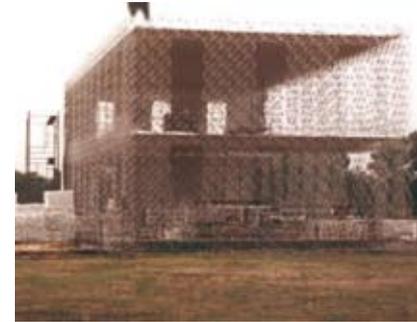
La situación *bioclimática* de la propuesta estará sujeta al fenómeno climático del lugar, esta aportará técnicas que ayuden a lograr un confort más óptimo en el modelo y en el programa arquitectónico de la propuesta (figura 14), su detección en los estudios bioclimáticos incide de manera importante en la morfología del proyecto ya que su adaptación se hará de acuerdo con el factor climático del sitio y el contexto donde se encuentre.

El factor *morfológico-conceptual* está sujeto a la adaptación climática del modelo, pero sus conceptos primarios son los que le dan la forma final a la propuesta (figura 15). En primer lugar, la forma del modelo se compone de un sistema de redes y ritmos espaciales, la red espacial ayuda a componer la retícula estructural del modelo, esto da como resultado la modulación y estandariza-



▲ Figuras 9 y 10.  
Los edificios monótonos que se encuentran en las ciudades actuales no son flexibles para su crecimiento.

Fuente: Morales (2009).



ción de sus piezas; en cuanto a su envoltente, esta se someterá a ritmos espaciales, tal composición rítmica se va dando por medio de accesorios que serán para proteger o ayudar a mantener un confort amigable en el modelo, creando así el concepto de mutación celular.

En cuanto a la *tecnología-estructural* del proyecto se toman los conceptos de prefabricación y montaje, los cuales se adaptan a la propuesta (figura 16); la manera de concebir un proyecto de forma industrializada lo hace más rápido de construir. Para entender mejor los conceptos definiremos su significado:

▲ Figuras 11 y 12.

Las soluciones de espacios están en los nuevos sistemas alternativos ya que son flexibles y fáciles de construir.

Fuente: Morales (2009).

▼ Figuras 13 y 14.

El contexto es uno de los factores que se analizó para saber qué técnicas pasivas se acoplan mejor al entorno de sitio, esto se refleja en la morfología del modelo.

Fuente: Morales (2009).



▲ Figuras 15 y 16.

La forma conceptual va de la mano con la tecnología, por lo que dependerá de la morfología conceptual, esto define qué tecnología se adecua mejor a la propuesta, en este caso un sistema de redes y ritmos espaciales.

Fuente: Morales (2009).

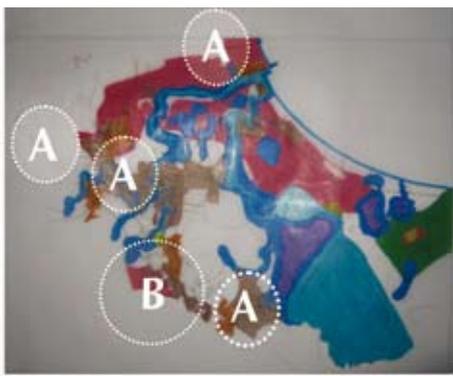


Figura 17.

Zona A: ocurren inundaciones de alto riesgo, y por la falta de restricciones a la construcción en lugares de catástrofes ocurren pérdidas materiales de alto costo monetario.

Figura 18.

Zona B: se encuentra en las zonas alejadas de la ciudad, por tanto, como no hay mucho desarrollo su crecimiento es desordenado provocando un caos dentro de los espacios de hábitat.

Fuente: Morales (2007).

Figura 19.

Zona C: se destinó para edificios de vivienda de poca densidad pues debido a su suelo no se pueden construir edificios demasiado grandes.

Figura 20.

Zona D: se encuentra también en áreas destinadas a vivienda pero puede soportar construcciones con mucha densidad y peso.

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 ensamble. El montaje se controla a manera de acoplamientos, la estructura que se utilice le dará la versatilidad de acoplarse a ella.

El terreno contextual del proyecto se localiza entre los municipios de Medellín del Bravo y Boca del Río, ubicados entre las latitudes de 19° 03' y 19° 07' con longitudes entre 96° 06' y 96° 09', en la región de Sotavento del estado de Veracruz; su altitud varía a nivel del mar, 10 m, y sus superficies son 42,77 km<sup>2</sup>, en Boca del Río y de 370,14 km<sup>2</sup> en Medellín del Bravo; sus límites son: en el norte el puerto de Veracruz y en el sur Fabio Altamirano y Jamada. Su clima es cálido-húmedo y su temperatura anual promedio está entre los 26 °C, estos municipios se encuentran en estado de subdesarrollo, sus vías principales son de comercio, para el transporte terrestre, en donde se encuentra una inversión económica de mediano plazo.

Las zonas destinadas para uso de vivienda no están siendo aprovechadas; por el contrario, el terreno propuesto (zona A) (figura 17) se encuentra en un sector no apto para el hábitat; el equipamiento urbano crece en las zonas cercanas al río en las cuales ocurren inundaciones en los meses de agosto y octubre ocasionando pérdidas materiales muy grandes para la población, la cual se ve afectada también a largo plazo debido a que hay sectores en donde el agua se estanca y dura hasta dos meses en secarse provocando que el suelo sea fangoso y no apto para reconstruir; este tipo de suelo no es el correcto para cimentar un hábitat, la superficie de estos suelos es inestable y puede llegar a dañar la estructura de la vivienda. La falta de leyes que regulen la construcción propicia la proliferación de este tipo de vivienda en estas áreas.

Otra problemática son las aglomeraciones de vivienda (zona B) que crecen de forma desordenada creando un desequilibrio urbano y ambiental ya que estas viviendas no son aptas para el usuario, su propio desorden provoca que no haya espacios de interacción creando un desequilibrio social y visual en la imagen urbana, por tanto, estos problemas demandan otro tipo de vivienda alternativa no convencional que se adapte a las necesidades del usuario que habita estos lugares propensos a catástrofes naturales (Morales, 2007, 2009).

Dentro de la problemática del sitio se encontraron áreas de oportunidades donde el crecimiento de la vivienda es más productivo y genera mejores hábitat dentro del lugar, esta área se encuentra en dos zonas las cuales tienen distintas características y diversas aplicaciones constructivas.

La primera área (C) (figura 19) que encontramos está destinada para uso de vivienda, pero se encuentra en suelo de siembra así que su resistencia es baja; se recomienda solo construir viviendas pequeñas que no excedan muchos pisos pues esto provocaría que se hunda la edificación o se colapse completamente debido al peso propio; ya que el suelo tiene poca compactación rápidamente puede cambiar de estado óptimo a fangoso, aunque su sección está fuera de las inundaciones que ocurren en el área.

Sus vías de transporte se localizan muy cerca de la zona, lo cual contribuye al desarrollo del emplazamiento de viviendas y al crecimiento de la población circundante, generando áreas más viables para construir con una mejor calidad de vida.

La segunda área se encuentra en otra zona de crecimiento de vivienda (D) (figura 20), pero aquí su suelo es más resistente ya que es arenoso, por lo que se pueden construir edificios grandes y con menores dimensiones de cimentación; sin embargo, algunos sectores no son aptos para la construcción debido a que se localizan cerca de las costas del río con sectores de manglares los cuales provocan encharcamientos y debilitan el suelo por sus raíces horizontales. Por otra parte, esta zona cuenta con poca infraestructura así que las aplicaciones bioclimáticas serán un factor muy importante en esta dos zonas.

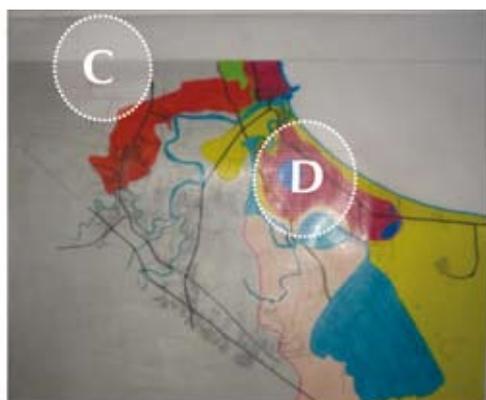


Tabla de datos climáticos para la ciudad de Boca del Río, VER

Año: 2002	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Máxima (°C)	26.66	23.32	29.03	34.06	35.42	35.4	35.21	35.76	34.62	33.31	26.92	25	31.06
Mínima (°C)	12.7	12.85	15.11	20.92	22.24	23	22.17	22	22.5	21.55	15.3	14.19	16.92
H. relativa	81.2	86.8	64.51	74.5	82	81	80.9	84.6	80	77.9	83.4	86.6	80.28
Lluvia (mm)	1.46	2.41	3.81	1.69	4.99	1.97	2.3	6.67	12.03	14.8	1.96	2.07	4.68
Vientos	NE	NE	SE	SE	NE	NE	SE	SE	E	NE	NE	NE	NE
Vel. (m/s)	1	1.28	1.16	1.06	1.19	1.2	1.22	1.19	1.23	1.16	1.2	1.03	1.16

Para la elaboración de la propuesta se toma la zona D donde se ubicará la vivienda alternativa, la cual tendrá la adaptabilidad necesaria para generar un plus dentro de las comunidades, así como otorgar cobijo y protección al usuario que habite estos lugares (Morales, 2007, 2009).

Para la aplicación de técnicas *bioclimáticas* al proyecto se realizaron estudios detallados de los fenómenos climáticos que inciden en el terreno, estos son: la temperatura, la precipitación pluvial, los vientos y la incidencia solar, estos factores crean el clima de la zona.

A partir de uno de los primeros análisis se creó la tabla climática de los fenómenos (tabla), esta se hizo con los datos climáticos del municipio de Boca del Río, donde la temperatura se calculó con la fórmula de Szokolay, la cual dio entre 22° 76' y 28° 76', ese es el rango de confort que debe tener el interior del modelo para que el usuario se sienta a gusto y sin molestias.

Para la humedad relativa el rango de confort es de 30 a 70%, el cual es apropiado para el usuario; en cuanto a la velocidad del viento su rango de confort para un hábitat debe ser entre los 3 a 5 m/s, pasando ese rango es incómodo para el usuario, su orientación se mide por medio de la rosa de los vientos; se encontró que los vientos dominantes provienen del noreste durante casi todo el año, y los vientos secundarios provienen del sureste solo que se presentan en los primeros meses del año.

Otro factor que se estudió fue la precipitación pluvial del lugar, la cual se presenta con mayor fuerza entre los meses de agosto y octubre, en este lapso las precipitaciones aumentan a tal grado que inundan los ríos y llegan a provocar daños en las comunidades arraigadas a las afueras de la ciudad. Debido a lo anterior, se necesita una vivienda que pueda transportarse o reconstruirse más rápido de lo normal para crear un cobijo para la población afectada: este mismo fenómeno climático se

aprovechará para abastecer de agua a la vivienda en los meses de poca precipitación pluvial.

Después del análisis climático las recomendaciones para aplicar técnicas pasivas en la zona cálida-húmeda son:

- Orientación óptima de los espacios: noreste para una mejor captación de vientos.
- Dispositivos de protección: se crearán dobles pieles que formen un colchón térmico en las orientaciones suroeste y sureste, las cuales tienen una incidencia más continua del sol en el proyecto.
- Dispositivos y accesorios que ayuden a tener una ventilación: cruzada y acelerada.
- Materiales ligeros y térmicos: tabla, roca, madera comprimida, tabla de tepezitl las cuales son de materiales porosos.
- Colores y texturas en exteriores: fachada SSE, colores claros con texturizado para no agredir tanto la reflexión.
- Orientación óptima de los espacios: noreste, con su eje térmico de asoleamiento ESE-NNO, y requerirá protección durante todo el año.
- Captación de agua lluvia por medio del techo con sus respectivos filtros y almacenamientos.
- Dispositivos ahorradores de agua.
- Reutilización de aguas grises.

Tabla.

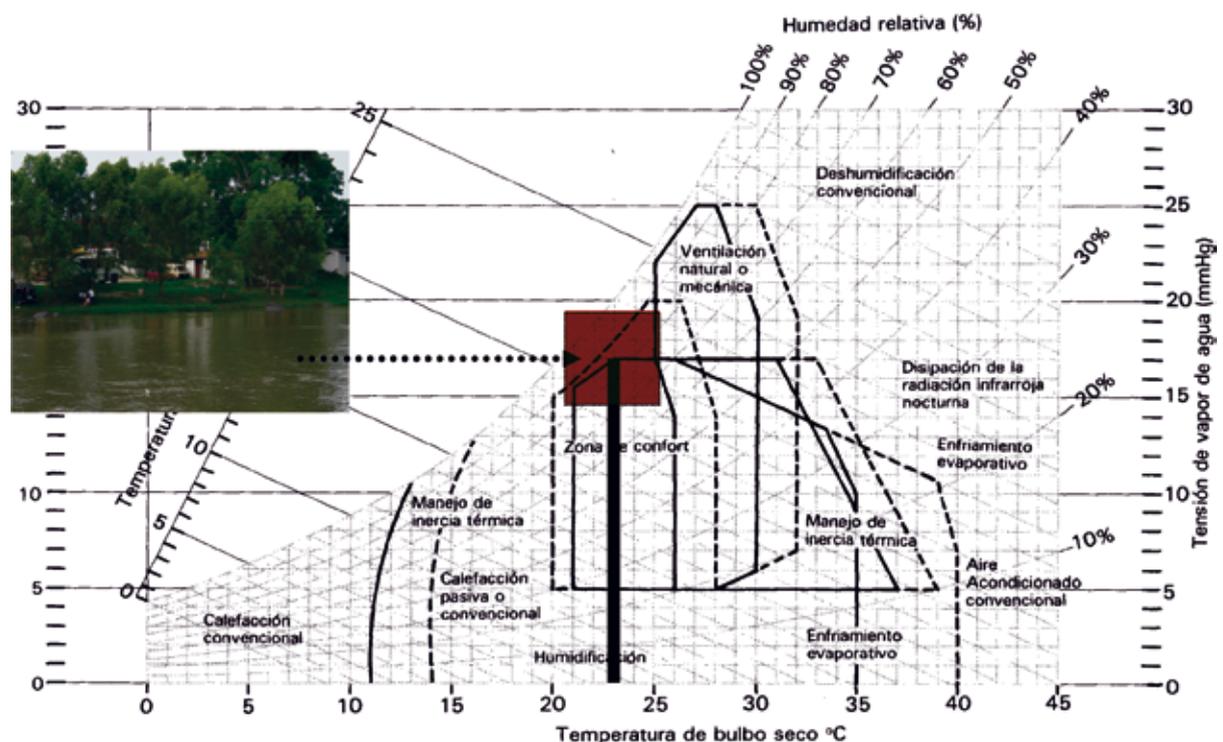
Localización de los fenómenos climáticos que inciden en el lugar propuesto. Los cuadros grises son las zonas de confort que se pueden aprovechar para el proyecto.

Fuente: Morales (2007).

Figura 21.

Tabla sicrométrica del doctor Givoni.

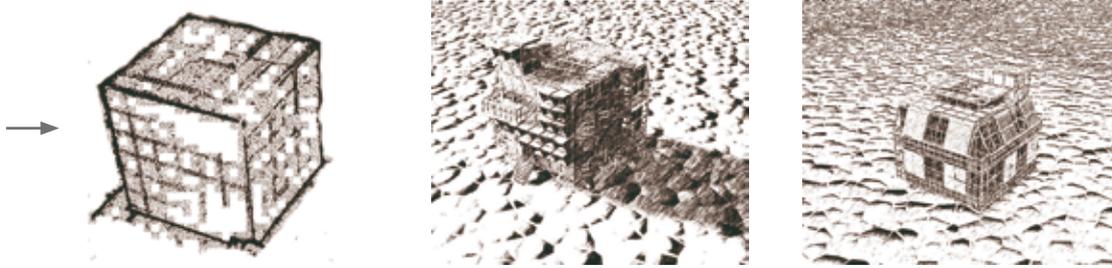
Fuente: Morales (2007).



Figuras 22, 23 y 24.

El modelo se basa en un cubo multimorfológico que evoluciona a través de una red espacial en la que compone ritmos en sus fachadas.

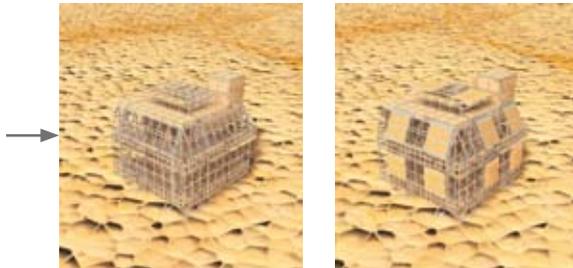
Fuente: Morales (2009).



Figuras 25 y 26.

En las fachadas sureste y suroeste, el modelo muta con una sobreestructura con persianas que ayudan a protegerlo de la incidencia solar.

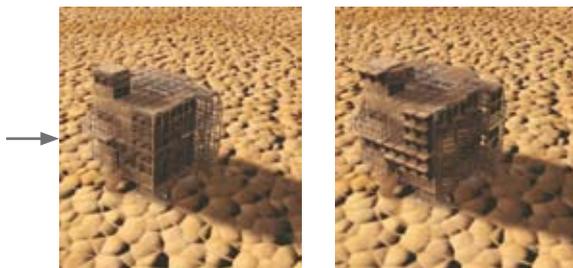
Fuente: Morales, (2009).



Figuras 27 y 28.

En las fachadas noreste y noroeste el modelo muta con dispositivos climáticos que aceleran los vientos exteriores hacia el interior.

Fuente: Morales (2009).



SISTEMA FLEXIBLE

sidades que se requieran; este modelo flexible y cambiante se desarrolla por medio de su sobreestructura, que envuelve a la estructura y le da la forma cúbica que muestra, esta se compone de cuatro fachadas diferentes, las cuales reaccionan de distinta manera de acuerdo con el punto cardinal donde se encuentren ubicadas. Esta sobreestructura enmarca al modelo dándole una jerarquía de composición y ritmo, al quedar expuesta al igual que los materiales y la tecnología que la conforman. La estructura del modelo es una simple traza cúbica unida por nodos, proporcionada tanto en el sentido vertical como en el horizontal, permitiendo concretar composiciones rítmicas itinerantes y accesorios bioclimáticos.

El concepto tecnológico está relacionado con el diseño orgánico fractal en donde los aspectos bioclimáticos se dan para generar un aparte esencial de la piel del organismo y crear las iteraciones necesarias para cada cara del cuerpo de modelo, ya que a partir de la tecnología se desarrollan los demás conceptos; la prefabricación es un concepto que se encuentra dentro de lo tecnológico. Las piezas de este modelo, casi en su totalidad, son prefabricadas: la estructura principal, la sobreestructura y hasta sus accesorios bioclimáticos. Como se mencionó, todo se relaciona y una cosa lleva a la otra, desde lo tecnológico, el diseño y lo prefabricado, hasta el aspecto bioclimático.

El bioclimatismo, como mecanismo adaptable, es algo que desde siempre se tiene que implementar en los diseños de modelos arquitectónicos. En este caso en particular, los conceptos anteriores facilitan esta labor, aunque el diseño y la ubicación son las piezas claves, aquí es donde los elementos de la sobreestructura hacen su trabajo como mecanismos de control (figuras 25 y 26) protegiendo de la *incidencia solar* en cualquier temporada del año, y bajando la intensidad de las fuertes ráfagas de viento diseminándolo al interior (figuras 27 y 28); también se encuentran dispositivos reguladores de viento que ayudan a tener un mejor microclima dentro del módulo (Morales, 2007, 2009).

El desarrollo del proyecto arquitectónico se llevó a cabo con una tecnología estructural flexible; esto crea un modelo con diferentes mutaciones bajo un sistema de ritmos espaciales en los cuales el crecimiento se da bajo un esqueleto versátil y esbelto (figura 29, 30 y 31), esto tiene como principio generar esquemas de crecimiento y adaptación. Para comprender que cada composición estará sometida al fenómeno climático,

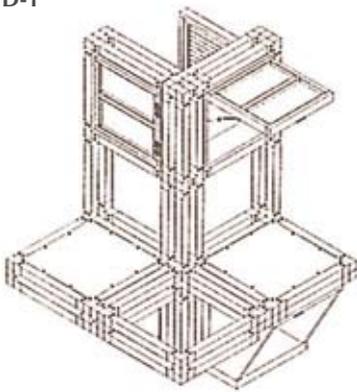
Una vez establecidas las recomendaciones bioclimáticas y detectadas las condiciones problemáticas del sitio, consideramos los lugares de oportunidades donde se abordarán las recomendaciones y los requerimientos del proyecto para una mayor integración de la propuesta al contexto.

Los fenómenos climáticos analizados se someten a la tabla sicrométrica del doctor Givonni, a fin de saber qué estrategias son más seguras y qué mecanismos utilizar para un mejor confort del proyecto (figura 21). Los resultados de esta simulación señalan que el clima del lugar se encuentra en la zona de confort y no hay necesidad de aplicar ninguna técnica pasiva, teniendo en cuenta lo analizado en la tabla de fenómenos climáticos (Morales, 2007, 2009).

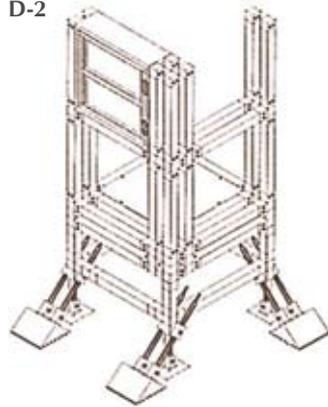
Con la elaboración y comprobación de algunos modelos tridimensionales logramos crear la primera morfología-conceptual del modelo arquitectónico. Empezaremos analizando una geometría fractal lineal ya que es la más sencilla de aplicar en la arquitectura, en donde sus iteraciones tendrán las aplicaciones bioclimáticas necesarias para poder desarrollarse de manera más integral con el contexto.

A continuación, de manera gráfico-textual se desarrollan los primeros bosquejos del proyecto arquitectónico (figuras 22, 23 y 24), el cual tiene como origen una red espacial cúbica que guía la composición rítmica del modelo; el diseño arquitectónico del proyecto se basa en una propuesta de arquitectura modular-cambiante, la cual podrá crecer, decrecer y transformarse según las nece-

D-1



D-2



Figuras 29 y 30.

Los primeros dos detalles (D-1-2) tienen como función unir el sistema estructural con los dispositivos bioclimáticos, esto crea un sistema estructural adaptable al ambiente ya que aplica accesorios que regulan los vientos dentro del modelo generando una red estructural alternativa para el modelo iconográfico.

Fuente: Morales (2007)

se esquematizó que los nodos deben adecuarse a cada tipo de orientación del modelo, esto pone en marcha la adaptación tecnológica del módulo en el ambiente creando esa flexibilidad espacial.

Este sistema compuesto por nodos ayudará a estabilizar el modelo, los encuentros nodales varían de acuerdo con la posición en que vayan a ser colocados ya que cada orientación tiene sus propias uniones —estas son diferentes con los accesorios—; las uniones se dividen en cuatro posiciones las cuales generan diferentes tipos de accesorios bioclimáticos, por ejemplo, la orientación que da hacia el solar genera protecciones solares (figuras 32 y 33), esto hace que los ensambles deban ser flexibles para que las protecciones tengan un mejor desplazamiento. En cuanto a la influencia de la orientación de los vientos su desarrollo ayuda a acelerar las corrientes dominantes dentro del sistema estructural espacial creando diferentes tipos de ensamble ya que cada posición tiene su propia protección o accesorio; este principio se generó solo para comprender que el sistema se puede adaptar fácilmente a un contexto natural.

Dentro de la vivienda alternativa se propusieron infinidad de dispositivos que pueden ayudar a mantener el confort del habitáculo, uno de ellos es el dispositivo puerta-ventana el cual tiene una doble función: dar acceso y mantener fuera el aire viciado que se genera adentro de la vivienda (figura 30), también se encuentran dobles ventanas cuya función es proteger y dejar que los vientos en las áreas tengan una ventilación cruzada.

Otros dispositivos que se propusieron a la vivienda fueron el uso de instalaciones de calefacción de agua por medio de fotoceldas, esto ayuda a disminuir el uso de gas; también se agregaron dispositivos ahorradores de agua para un mejor aprovechamiento del líquido. La instalación sanitaria se dividió en dos: aguas pluviales y aguas negras, las aguas pluviales se purifican y se alma-

D-3

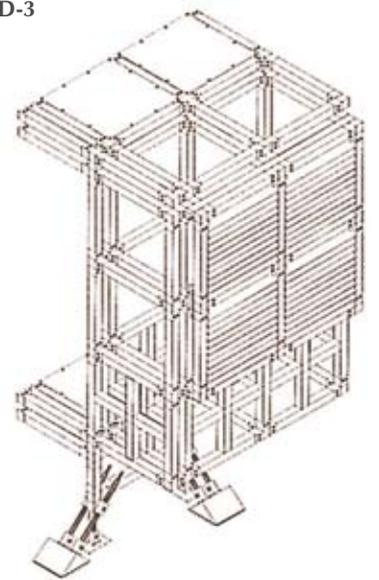
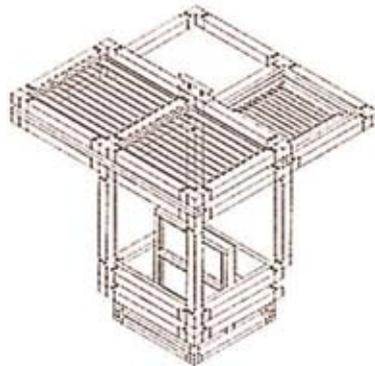


Figura 31.

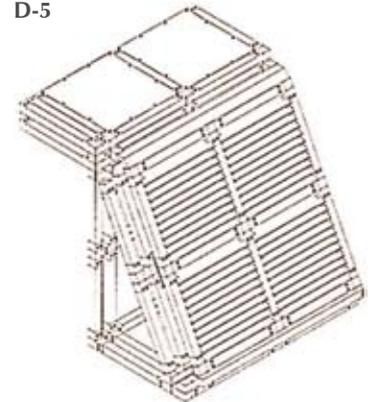
El detalle (D-3) tiene funciones de unir dispositivos de protección solar, creando dos envolventes para mantener un colchón térmico regulado en el modelo iconográfico.

Fuente: Morales (2007).

D-4



D-5



Figuras 32 y 33.

La función del detalle (D-4) es unir el sistema con dispositivos protectores móviles en la parte superior de la estructura. En (D-5) la estructura puede extenderse hasta crear envolventes con accesorios de protección para mantener una mejor integración en el ambiente del sitio.

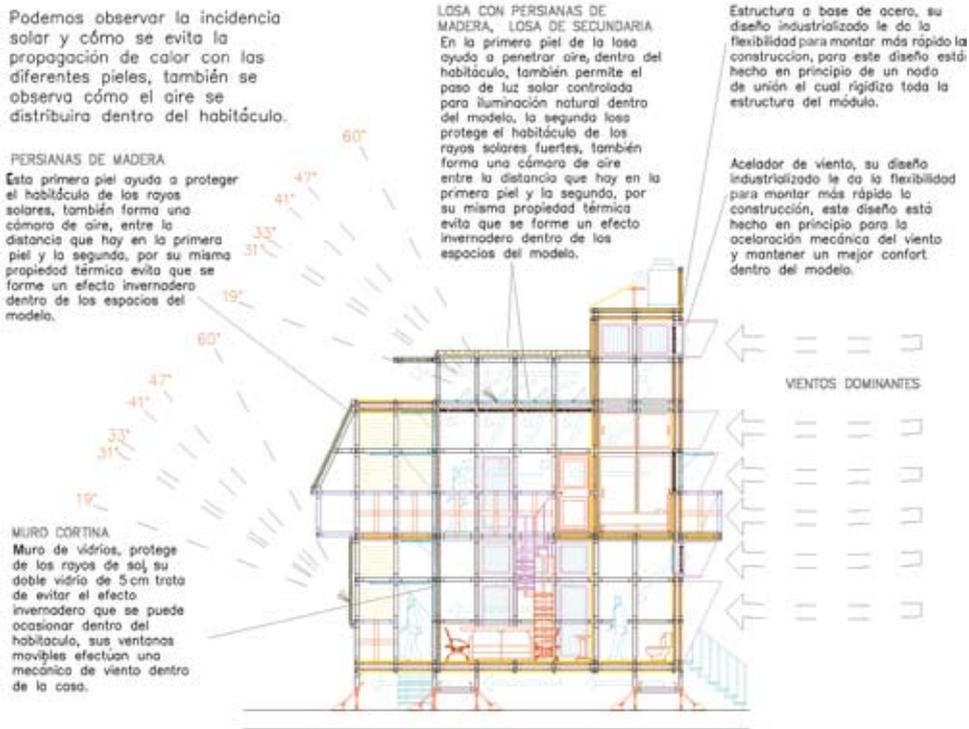
Fuente: Morales (2007).

cenan en una cisterna desde la cual se abastece la vivienda; la purificación de aguas negras se hace para disminuir el contaminante de desperdicios a la toma del alcantarillado, esto nos da una mejor adaptación bioclimática en el sitio (figura 34).

Entre toda la tecnología empleada para el proyecto una de las primordiales que se aplica en la propuesta es la de uniones prefabricadas a base de nodos, estos son los que hacen que la estructura industrial de la vivienda sea estandarizada; este sistema estructural forma una retícula que ayuda a que los accesorios bioclimáticos sean adosados al módulo, también facilita el armado de muros y la colocación de puertas y ventanas. Se diseñó un cimiento hidráulico el cual ayudará al módulo a tener más movimiento y transportabilidad, este cimiento ayuda a adaptarse a terrenos variados.

Los demás detalles estructurales están hechos con el concepto de montaje rápido y sencillo para que el usuario los pueda manipular con mucha facilidad y comodidad, sobre todo en los interiores sus muros modulados se pueden quitar fácilmente para reorganizar la disposición del habitáculo ayudando a que la vivienda sea un lugar cambiante y acorde con la necesidad del habitante.

Para fundamentar todo lo antes dicho se elaboraron dos tipos de comprobaciones: la incidencia del viento y la incidencia solar; el modelo de la propuesta fue sometido a estas pruebas.



Podemos observar que la planta arquitectónica se compone de medidas mínimas pero cómodas para usuarios de familia de tres o cuatro personas, esta disposición puede cambiar de acuerdo con la necesidad del usuario, también puede crecer si así fuese necesario; su versatilidad proviene de una modulación y estandarización de la estructura, sus muros son ligeros y se adaptan al contexto, ya que la tablaroca es un buen material aislante para el clima caluroso.

En este plano podemos observar cómo las aplicaciones bioclimáticas ayudan a ver cómo se comportará la mecánica de vientos dentro del módulo y cómo inciden los rayos solares en la losa y en la fachada.

## CONCLUSIÓN

En el estudio de la tecnología estructural y la industrialización del espacio arquitectónico para la edificación se desarrolló el principio de estructura celular, el cual se manejó como un sistema de redes y ritmos espaciales, esto dio como resultado una estructura flexible, adaptable a su contexto en su forma, y versátil; su principio de diseño se inclinó por la elaboración de un nodo que podía unir dos elementos creando un sistema estructural muy flexible y resistente.

La perspectiva conceptual se constituye en una justificación en las tendencias arquitectónicas, las cuales dejan principios básicos que pueden ayudar a reforzar el tema; en la estructura del tiempo se encontraron cinco tendencias arquitectónicas que originaron la investigación —el grupo Archigram, metabolismo japonés, arquitectura *high tech*, arquitectura de bioforma y biomecánica—, su origen es la creación de estructuras montables, flexibles y adaptables, creando un icono de diseño para la investigación.

En cuanto a la aplicación de los conceptos con el proyecto se ejecutaron varias aproximaciones

Figura 34.

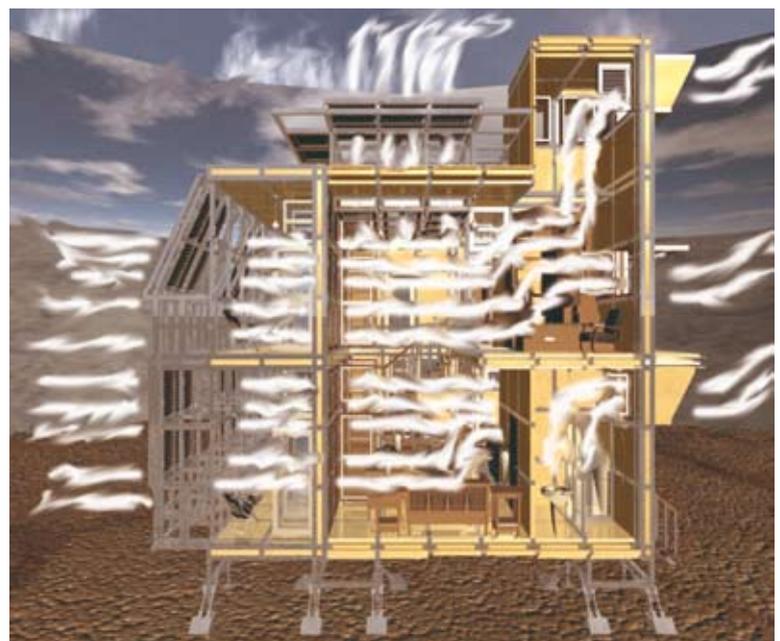
Los accesorios interiores facilitan la modulación del espacio y ayudan a que su cambio sea constante y multifuncional, sus instalaciones especiales que son calentadores solares dispositivos ahorradores de agua y purificadores de agua pluvial hacen que el proyecto se adapte al sitio.

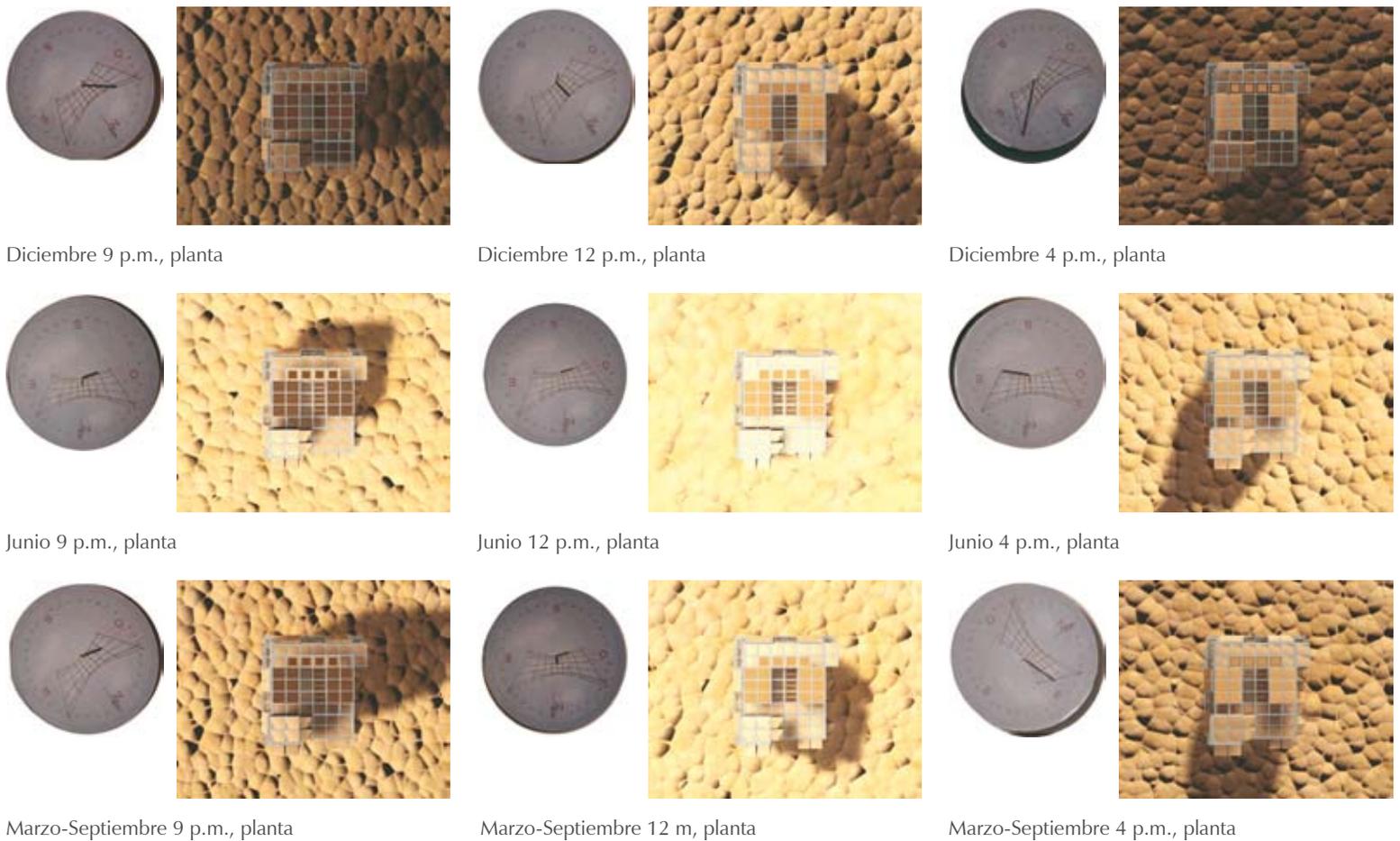
Fuente: Morales (2007).

Figuras 35, 36 y 37.

La simulación de vientos por el túnel indica que el modelo tiene buena ventilación en su interior.

Fuente: Morales (2009).





▲ Figura 38. Simulación de incidencia solar la cual indica que el modelo arquitectónico está en óptimas condiciones para ser ubicado en un clima cálido-húmedo. Fuente: Morales (2007).

sucesivas por medio de la geometría arquitectónica, en consecuencia, se encontraron hipótesis proyectuales que se adaptaron fácilmente al proyecto final ayudando a determinar que la geometría ortogonal es la más adecuada a su contexto.

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

Sin embargo, la adaptación tiene límites y parámetros que se tendrán que aplicar en el proyecto arquitectónico evitando las desviaciones a otros

campos que no nos interesan; la línea conductual se concentró en la elaboración de un sistema industrial flexible, con la utilización de materiales que puedan soportar las condiciones climáticas extremas, en este caso las inundaciones del sitio que son muy frecuentes entre agosto y octubre, ocasionando pérdidas económicas y espaciales que no son fáciles de recuperar.

Por último, el tema de investigación puede tener otras utilidades, no solo para uso habitacional, pues la versatilidad de la estructura permite que los espacios se puedan manipular fácilmente, esta se podría aplicar a edificios de oficinas o comerciales, hasta crear una megaestructura que pueda albergar varios espacios vivenciales entre sus áreas, por lo tanto la investigación cumplirá con la meta especificada al principio que fue generar una estructura adaptable a diferentes tipos de uso.

## REFERENCIAS

- Banham, R. (2001). *Mega estructuras: futuro urbano del pasado reciente*. 2 ed. Barcelona: Gustavo Gili.
- Benévolo, L. (1998). *Historia de la arquitectura moderna*. 8 ed. Barcelona: Gustavo Gili.
- Behling, S. y Behling, S. (2002). *Sol power. La evolución de la arquitectura sostenible*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Doczi, G. (2002). *El poder de los límites*. 7 ed. México: Gustavo Gili.
- Flores, C. (2001). *Ergonomía para el diseño*. México: Designio D.R. Librería.
- Fonseca, X. (2002). *Las medidas de una casa (antropometría de la vivienda)*. México: Concepto.
- Glancey, J. (2001). *Historia de la arquitectura*. Madrid: Grupo Planeta Dorling Kindersley.
- Leoz, R. (1982). *Redes y ritmos espaciales*. 3 ed. Barcelona: Gustavo Gili.
- Montaner, J. M. (2002). *Arquitectura y crítica*. 3 ed. Barcelona: Gustavo Gili.
- Montaner, J. M. (1997). *La modernidad superada*. México, Gustavo Gili, 1997.
- Montaner, J. M. (2002). *Después del movimiento moderno. Arquitectura de la segunda mitad del siglo XX*. 5 ed. Barcelona: Gustavo Gili.
- Montaner, J. M. (2002). *Las formas del siglo XX*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Moore, F. (2002). *Comprensión de las estructuras en la arquitectura*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Morales Guzmán, C. C. (2007). *Sistemas flexibles en la vivienda*. México: Universidad Cristóbal Colón.
- Morales Guzmán, C. C. (2009). *Diseño de sistemas estructurales flexibles en el espacio*. México: Universidad Nacional Autónoma de México. Tesis.
- Pople, N. (2001). *Casas experimentales*. México: Gustavo Gili.
- Thompson, D. (1980). *Sobre el crecimiento y la forma*. Madrid: Hermann Blume.