

## Diseño de sistemas por procesos bioclimáticos en la vivienda

Carlos César Morales Guzmán

Doctor en arquitectura. Investigador-catedrático Universidad Veracruzana

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.

Palabras claves: Diseño bioclimático, vivienda, metodología



La forma conceptual va de la mano con la tecnología, ya que depende de la morfología conceptual y la definición de la tecnología. Así, se adapta a la mejor propuesta, aplicando un sistema de redes y ritmos espaciales

La falta de flexibilidad espacial en la arquitectura es una parte casual de los problemas en las ciudades, las cuales crecen a un ritmo acelerado. Por lo anterior, es poco frecuente encontrar pautas rítmicas que aseguren espacios para realizar actividades diversas. Asimismo, es evidente que la ciudad contemporánea requiere de la arquitectura que se integre con el contexto.

Se tiene presente que uno de los problemas en los edificios, es que éstos no son diseñados para ser reutilizados para diferentes cambios. Así, el resultado es la poca o nula flexibilidad para el reciclaje de los espacios arquitectónicos. Para prevenir este problema se propone como alternativa un Sistema de Ritmos Espaciales, el cual se pueden integrar en diversos contextos. Esto llevaría a que los edificios, se encuentren en armonía con el medio ambiente, así como al servicio de los usuarios.

También, es importante mencionar que en la ciudad se encuentran diferentes tipologías de edificaciones, las cuales generalmente adquieren dimensiones permanentes en referencia al espacio donde se emplazan. Por ende, se plantea que se vuelvan flexibles, modulares y rítmicas y se puedan modificar, para generar un modelo versátil. Es decir, que la estructura de las edificaciones pueda ser desarmable o ensamblada en un lapso corto para reactivarla, así como su contexto. Podría ser una alternativa espacial ante el acelerado crecimiento de las zonas urbanas y la falta de áreas verdes en las ciudades.

Desde esta perspectiva sistémica de redes espaciales y flexibilidad estructural, las edificaciones se podrían readaptar y transportar de un lugar a otro, dependiendo de la necesidad del usuario. En general, el estudio busca proponer diferentes alternativas de integración de un edificio arquitectónico con el entorno. Asimismo, la flexibilidad de este sistema dependerá



El modelo se basa en un cubo multimorfológico, que evoluciona a través de una red espacial flexible, en la que compone ritmos en sus fachadas. Fuente: Carlos Morales 2010

En las fachadas sureste y suroeste, muta con una sobre estructura con persianas, que ayudan a protegerlo de la incidencia solar

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

del desarrollo urbano de la ciudad y de sus fenómenos climatológicos, los cuales se exponen como pautas de diseño para la adecuación espacial en los edificios de la ciudad.

#### Parámetros de diseño

Los parámetros y cotas a partir de las cuales se propone analizar las partes que se aplican en el modelo, son de tipo morfológico-contextual, bioclimático, conceptual, y tecnológico.

Las cotas que se toman en cuenta con la premisa contextual del sitio hacen referencia a las posibles incidencias climáticas, las cuales alteran la propuesta arquitectónica del proyecto. También, el estudio del lugar permite dar a conocer los tipos de fenómenos que subsisten en el área de emplazamiento, los cuales llegan a generar un margen de posibilidades respecto al sitio.

El parámetro bioclimático se sujeta al fenómeno climático del sitio con la finalidad de proporcionar técnicas de confort óptimas con el modelo arquitectónico. Su detección incide mucho en la morfología del proyecto, ya que su adaptación sería de acuerdo al factor climático del sitio y del contexto.

El parámetro conceptual está sujeto a las condiciones climáticas, sin embargo sus conceptos primarios son los que le dan forma final a la propuesta. En primer lugar, la forma del modelo estaría compuesta por un sistema de redes y ritmos espaciales. La red espacial ayuda a conformar la retícula estructural del modelo, es decir, la modulación y estandarización de las piezas. En cuanto a la envolvente, se somete a ritmos espaciales por medio de accesorios, los cuales sirven para mantener el confort en el modelo, para crear el concepto de mutación celular.

El parámetro de tecnología del proyecto toma conceptos de prefabricación y montaje. Esta referencia crea un sistema industrializado para acelerar su construcción. Así, la prefabricación se define como la habilitación de elementos fuera de obra, para permitir que los tiempos de construcción se reduzcan por la habilitación simultánea de la edificación, y cuyas piezas industrializadas optimizan el tiempo de ensamble. El montaje se controla a manera de adosamiento, depende de la estructura que se utilice, y para la versatilidad de acoplamiento.<sup>1</sup>

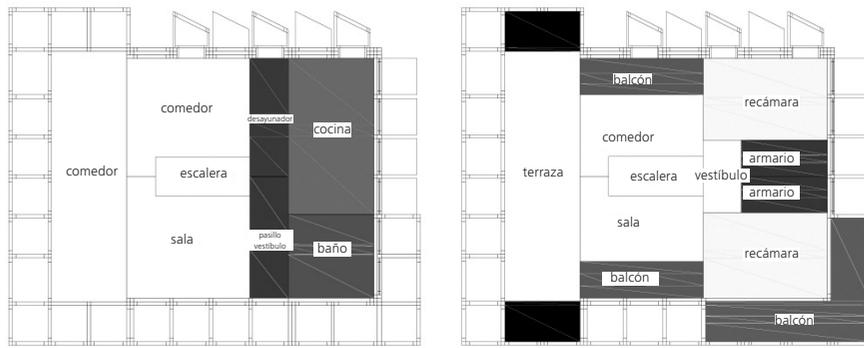
## El estudio busca diferentes alternativas de adaptación para una mejor integración de un edificio arquitectónico al entorno

#### Caso de estudio: Alvarado, Veracruz

El análisis del terreno contextual del caso de estudio, es la localidad de Mata de Uva, en el municipio de Alvarado, ubicado entre la latitud de 18 ° 46' con longitud de 96° 46', en la región de Sotavento del estado de Veracruz. Su altitud varía a nivel del mar, 10 m en promedio y su superficie es de 840 63 km<sup>2</sup>. En el norte colinda con Boca del Río, al sur con los municipios de Acula, Tlacotalpan y Lerdo de Tejada, al oeste con Medellín. Su clima es cálido-húmedo y la temperatura anual promedio es de 26°C. Dichos municipios se encuentran en subdesarrollo, cuyas vías terrestres principales son utilizadas principalmente para actividades de comercio.

La problemática del terreno analizado se encuentra en las áreas destinadas para vivienda (Zona-A), no obstante se ubican en un sector no apto para el hábitat. Lo anterior, se hace evidente en el equipamiento urbano en las zonas cercanas al río Papaloapan, ya que ocurren inundaciones en los meses de agosto y octubre que dejan a la población con pérdidas materiales. También, estas catástrofes naturales perjudican a la población a largo plazo, ya que hay sectores en donde se estanca el agua y tarda en secarse dos meses aproximadamente, lo cual provoca que el suelo sea fangoso y poco apto para reconstruir.

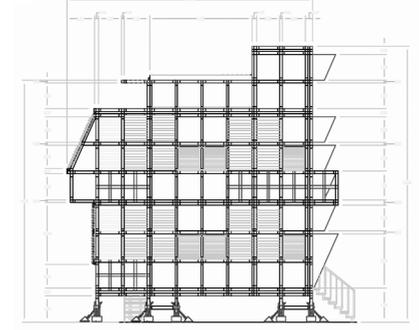
Asimismo, las zonas fangosas o de siembra son poco aptas para uso de suelo habitacional, ya que son inestables y pueden



Planta Baja

Planta Alta

La zonificación de las áreas del proyecto es, para ubicar adecuadamente las zonas que sean de más uso o que deban de tener mucha ventilación, también se detectan las zonas donde se debe de tener mayor protección solar



Fachada sureste

Las fachadas sureste y suroeste, se diseñaron para dispositivos climáticos con sobre estructura que sostiene persianas móviles, estas se adaptan de acuerdo a la incidencia solar que haya sobre el modelo

afectar la estructura de la vivienda. La falta de leyes de prohibición ocasiona un acelerado crecimiento habitacional en áreas dañadas, además de la aglomeración repetitiva y el desarrollo de formas monótonas con desequilibrio urbano y ambiental. En suma, estas viviendas son poco aptas para el usuario, la monotonía provoca que se generen espacios que fomenten la interacción social. Entre otros, trae consigo el desequilibrio social y visual en la imagen urbana, por lo cual es evidente que estos problemas demandan otro tipo de vivienda, alternativa no convencional adaptable a las necesidades del usuario que habita lugares donde ocurren catástrofes naturales.<sup>2</sup>

Es importante señalar que, en el sitio se encontraron áreas de oportunidades donde el crecimiento de la vivienda es más productivo y de mayor confort. Esta área se encuentra en dos zonas, las cuales tiene distintas características y diferentes aplicaciones constructivas.

La primera área está destinada para uso de vivienda, cuyo uso de suelo corresponde a la siembra, por lo que su resisten-

cia es baja. La capacidad de carga del suelo en esta región se encuentra aproximadamente entre 0.8 hasta 1.2 ton/ m<sup>2</sup>. Por esto, se recomienda construir viviendas cuyo peso no exceda la resistencia del suelo, de lo contrario provocaría hundimientos o el colapso de la edificación. Sin embargo, debido a la resistencia del suelo, rápidamente puede cambiar de estado óptimo a fangoso. Los medios de transporte se localizan cerca de la zona de estudio, aproximadamente a unos 50 metros de la carretera federal, lo cual favorece el desarrollo del emplazamiento de vivienda y por ende el crecimiento de la población.

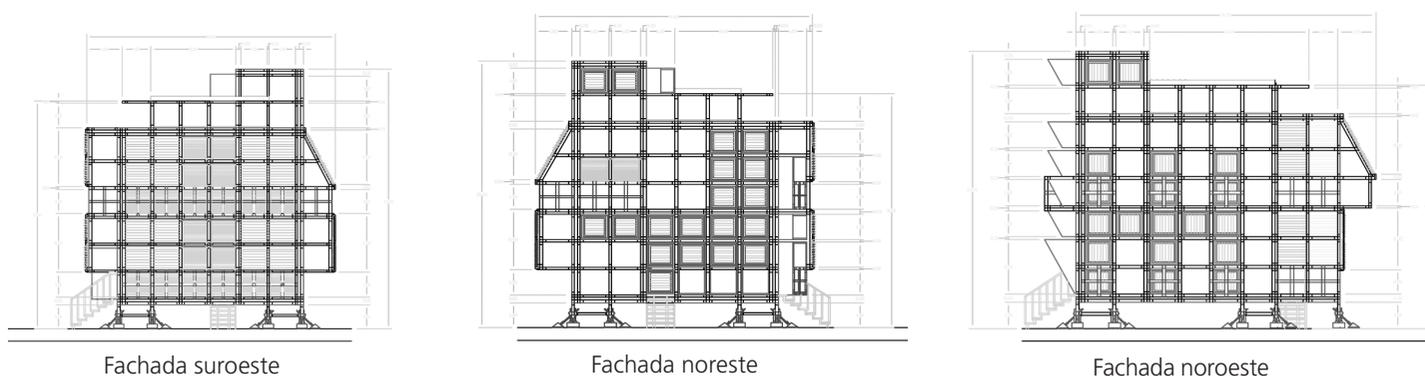
La segunda área se encuentra en otra zona de crecimiento de vivienda, cuyo suelo arenoso es más resistente. La capacidad de carga del suelo en esta región es de 11 hasta 17 ton/m<sup>2</sup>, por lo que resiste construcciones más grandes y con menor dimensión de cimentación. Sin embargo, algunas áreas no son zonas de construcción, por su cercanía con las costas del río de sectores de manglares, que provocan estancamientos de agua y debilitan el suelo con sus raíces horizontales.

Tabla 1. Datos climáticos para la ciudad del Río, Veracruz

AÑO 2002	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	anual
máxima (c°)	26	27.1	30	32	33,4	32,5	31,5	31,5	31,4	31	28,9	27,2	30,2
mínima (c°)	19	19.3	21.6	23.7	25,1	24,9	24,6	24,5	24	23	21,7	20,1	22,7
humedad relativa	81	86.8	64,5	74,5	82	81	80,9	84,6	80	78	83,4	86,6	80,28
lluvia (MM)	45	21.7	16,4	18.7	39,8	267	343	386	514	224	130	73,4	2077,9
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	1,2	1,2	1,03	1,16
l. solar dañina	2a6 pm	2a6 pm	2a6 pm	4a6 pm	4a6pm	4a6 pm	4a6 pm	4a6 pm	4a6 pm	2a6 pm	2a6 pm	2a6 pm	3a6 pm
g. de incidencia	35°-4°	35°-4°	35°-4°	47°- 6°	47°-6°	47°-6°	47°-6°	47°-6°	47°-6°	35°- 4°	35°- 4°	35°- 4°	30°-47° a 4°-6°

La medición de los fenómenos climáticos que inciden en la zona de estudio ocasiona un modelo adaptable al clima con zonas de confort que se pueden aprovechar para el proyecto

Fuente: Carlos Morales, 2007



Las fachadas noreste y noroeste, tienen incidencias de vientos dominantes, a estas fachadas se le colocaron accesorios bioclimáticos que aceleran los vientos hacia el interior provocando un mejor confort en el habitáculo

Por otra parte, esta zona cuenta con poca infraestructura, por ende para la elaboración del estudio se tomará la zona. En ella se coloca la propuesta de vivienda bioclimática, la cual tendrá la adaptabilidad necesaria para generar diferentes tipos de mutaciones en el espacio, así como otorgar cobijo y protección al usuario que la habite.<sup>3</sup>

#### Parámetros bioclimáticos

Para las técnicas bioclimáticas se realizaron estudios sobre los fenómenos climáticos que inciden en el terreno, la temperatura, los vientos, la precipitación pluvial y la incidencia solar.

En primer lugar se creó la tabla climática de los fenómenos (tabla 1), donde la temperatura se calculó con la fórmula de Szokolay. El resultado del rango de confort fue entre 22° 76' y 28° 76', el cual debe tener el interior del modelo para que el usuario se sienta a gusto y sin molestias. En cuanto a la humedad relativa el rango de confort para el usuario es de 30 a 70 por ciento.

En segundo lugar, el rango de confort en referencia con la velocidad del viento se propone entre los 3m/s a 5m/s. La orientación se midió por medio de las rosas de vientos, donde se encontró que los vientos dominantes provienen del noreste en casi todo el año, y los vientos secundarios provienen del sureste, en los primeros meses del año.

En tercer lugar, la precipitación pluvial del lugar, la cual se presenta con mayor fuerza entre los meses de junio a octubre. En este lapso la precipitación aumenta de 39.8 mm hasta 267 mm por mes, y puede llegar a aumentar hasta los 514 mm de lluvia registrado hasta el momento, lo cual provoca la inundación de los ríos y daños en las comunidades fuera de la ciudad. Por lo que, se propone una vivienda que pueda transportarse o reconstruirse más rápido de lo normal, para tener un cobijo de la población afectada. Finalmente, el fenómeno climático sería aprovechable para abastecer de agua a la vivienda en los meses de poca precipitación pluvial.<sup>4</sup>

Después de todo el análisis climático las recomendaciones para emplear técnicas pasivas en la zona cálida-húmeda son:

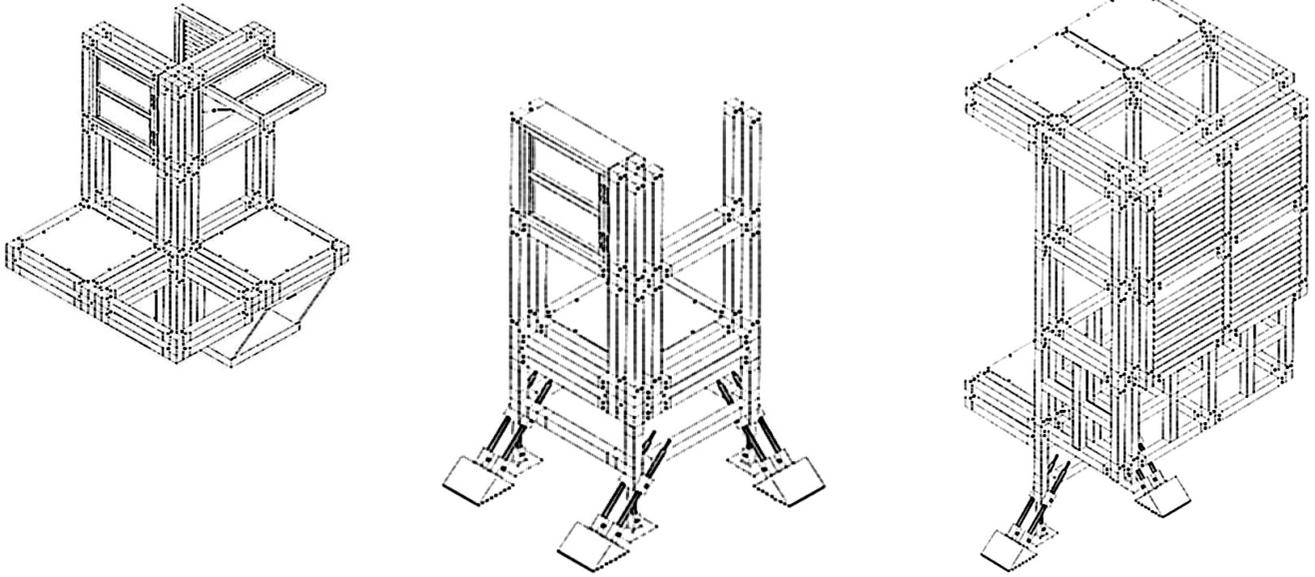
- Orientación óptima de los espacios: al noreste para una buena captación de los vientos, prevención del asoleamiento del sureste y suroeste, que requerirá protección durante todo el año.

- Dispositivos de protección: dobles pieles para formar un colchón térmico en las orientaciones suroeste y sureste, los cuales tienen una incidencia continua del sol.
- Dispositivos y accesorios que ayuden a tener una ventilación: cruzada y acelerada.
- Materiales ligeros y térmicos: tablaroca, madera comprimida, tabla de *tepezitl*, elaborados con materiales porosos.
- Colores y texturas en exteriores: fachadas sureste y suroeste colores claros con texturizado para no agredir tanto la reflexión.
- Captación de agua lluvia: por medio del techo con sus respectivos filtros y almacenamientos.
- Dispositivos de ahorradores de agua: llaves con aditamentos de reducción de paso de agua.
- Reutilización de aguas grises: colocación de registros filtradores de aguas grises.

#### Parámetro conceptual

A partir de la elaboración y comprobación de algunos modelos tridimensionales se logró crear la primera morfología-conceptual del modelo arquitectónico. Se inició a partir del análisis de la geometría fractal lineal, ya que es la más sencilla de utilizar en arquitectura, debido a que sus iteraciones permiten las aplicaciones bioclimáticas necesarias para desarrollarse integralmente con el contexto.

A continuación, de manera gráfico-textual se desarrolla el primer bosquejo del proyecto arquitectónico, el cual tiene origen en la red espacial cúbica que guía la composición rítmica del modelo. El diseño arquitectónico del proyecto se basa en la propuesta modular-cambiante, el cual puede crecer, decrecer o transformarse según los requerimientos. Este modelo flexible y cambiante se desenvuelve a partir de la sobreestructura, que envuelve a la estructura y al mismo tiempo le da forma cúbica, la cual se compone por cuatro fachadas diferentes, que reaccionan de distinta manera de acuerdo al punto cardinal de ubicación. Esta sobreestructura enmarca al modelo dándole una jerarquía de composición y ritmo al quedar de manera aparente, así como los materiales y la tecnología que la conforman. La estructura del modelo es una simple traza cúbica unida por nodos, proporcionada tanto en sentido vertical como en horizontal. Conse-



Los primeros dos detalles tienen como función unir el sistema estructural con los dispositivos bioclimáticos, éstos crean un sistema estructural adaptable al ambiente, ya que aplican accesorios que regulan los vientos dentro del modelo, generando una red estructural alternativa para el modelo

cuentemente, lleva a generar composiciones rítmicas itinerantes y accesorios bioclimáticos.

El parámetro tecnológico está relacionado con el diseño orgánico, donde los aspectos bioclimáticos sirven para generar una parte esencial de la piel del organismo. Por ende, crear las iteraciones necesarias para cada cara del cuerpo de modelo, y así a partir de la tecnología desarrollar la prefabricación. La totalidad de piezas de este modelo son prefabricadas: la estructura principal, la sobreestructura y hasta sus accesorios bioclimáticos.

El bioclimatismo como mecanismo adaptable, desde siempre se tiene que establecer en los diseños de modelos arquitectónicos. En este caso particular, los parámetros y cotas anteriores facilitan dicha labor, sin olvidar que el diseño y la ubicación son las piezas clave. Aquí es donde los elementos de la sobreestructura funcionan como mecanismos de control: protegen de la incidencia solar en cualquier temporada del año; bajan la intensidad de las fuertes ráfagas de vientos, direccionándolos al interior; también se colocan dispositivos reguladores de vientos, lo cual ayuda a tener un adecuado microclima dentro del módulo.<sup>5</sup>

#### Parámetro tecnológico

A continuación se propone la estructura flexible, a partir de la cual se genera un modelo con diferentes mutaciones y con el sistema de ritmos espaciales. Su crecimiento se planea con un esqueleto versátil y esbelto. Esto lleva a desarrollar esquemas de crecimiento y adaptación, y a la verificación de que cada composición estará sometida por el fenómeno climático. También, se elaboró el esquema para que los nodos se adecuen a cada tipo de orientación del modelo, es decir, a la adaptación tecnológica del módulo en el ambiente, para crear esa flexibilidad espacial.

El sistema compuesto a base de nodos ayuda a estabilizar el modelo y los encuentros nodales variados tomando como referencia su posición, ya que en cada orientación tienen sus propias uniones, las cuales se desarrollan dependiendo de las orientaciones de fachadas que generan diferentes tipos de accesorios bioclimáticos. Para crear estas pautas de diseño en un modelo, se propone analizar la ubicación y la orientación del prototipo: la orientación hacia la incidencia solar genera

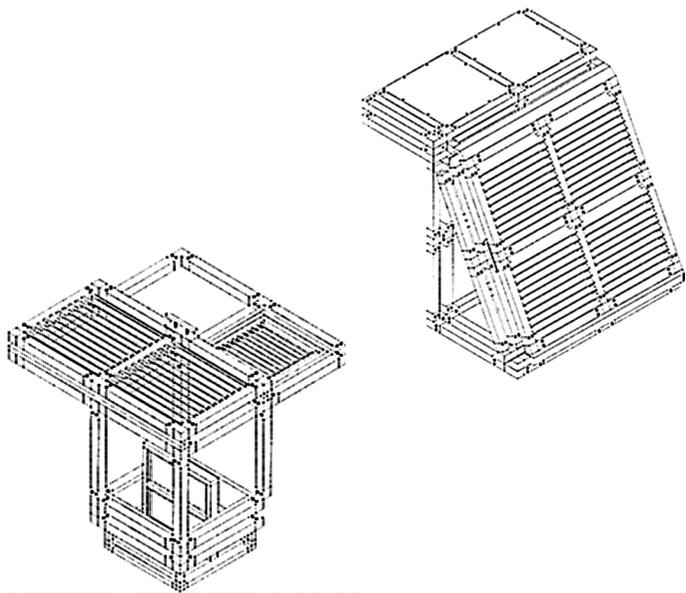
## Los encuentros nodales varían de acuerdo a la posición en que vayan a ser colocados

accesorios móviles, los cuales están representados por persianas corredizas y puertas-ventanas que crean un área de colchón térmico y cámara de resistencia; las orientaciones se encuentran con flujo de vientos dominantes con un accesorio capaz de acelerar el viento, ya que su forma será con aberturas grandes y persianas reguladoras de viento, que ayudan a adquirir el concepto de diseño bioclimático en el modelo.

Su evolución también tendrá aditamentos en la parte superior del modelo con una sobreestructura protectora, la cual penetrará el aire sin dejar pasar las proyecciones solares, y por ende regular el ambiente en el modelo. Todos estos conceptos técnicos bioclimáticos llevan a manufacturar un volumen experimental y a desarrollar un diseño más coherente en el modelo. Asimismo, permite incorporar principios tecnológicos que se adapten al contexto.<sup>6</sup>

#### Comprobaciones

Para fundamentar todo lo planteado, se realizaron dos tipos de comprobaciones, la incidencia de vientos y la incidencia solar, donde el modelo de la propuesta fue sometido a diversas pruebas. La primera de ellas con el túnel de viento generado por simulación y manual, donde se comprueba cómo se comporta el viento en espacio del modelo. La segunda simulación se lleva a cabo con heliodon gráfico, elaborada manualmente. También, se utilizó un paquete de *software 3d Studio Max*, para comprobar cómo sería su incidencia solar.



El detalle tiene como función unir dispositivos de protección solar, creando dos envoltentes para mantener un colchón térmico regulado en el modelo

La comprobación de la incidencia de los vientos dio como resultado que el modelo está diseñado óptimamente para generar confort amigable para el usuario: sus ventilaciones cruzadas ayudan a que los vientos penetren en toda la vivienda, dejando que el aire viaje en todas las zonas del interior del módulo. En cuanto a la aplicación de chimeneas de viento, esto ayuda a generar mayor incidencia de vientos en el módulo, y crea así un ciclo de regulación de aire de la propuesta arquitectónica.

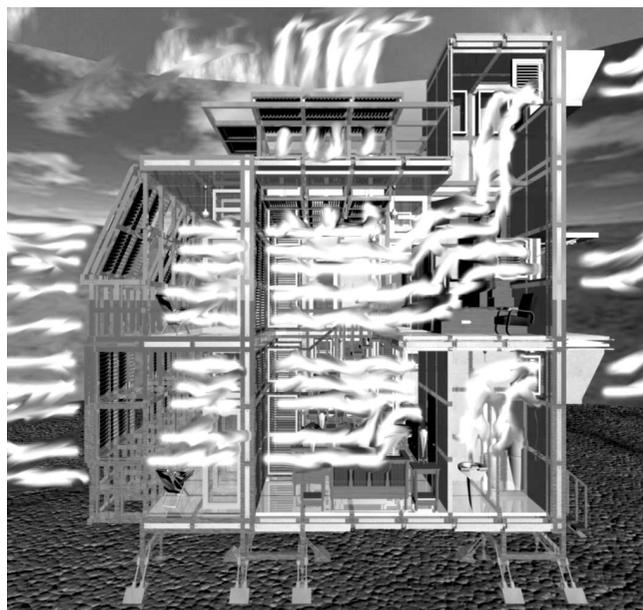
La comprobación de la incidencia solar nos dio como resultado (tabla 3) que las fachadas del modelo deben tener las protecciones necesarias para cubrirse. Estas con la habilidad de cambiarse constantemente y con ese aditamento proteger de los rayos del sol penetren al modelo. En cuanto a su doble piel, esto ayuda a que la radiación térmica por incidencia solar, no pase el confort del espacio de la propuesta.<sup>7</sup>

### Conclusiones

En el presente estudio de la tecnología estructural y la industrialización del espacio arquitectónico, se desarrolló un principio estructural celular, el cual se manejó como un sistema de redes y ritmos espaciales. Consecuentemente, se propone una estructura flexible, adaptable a su contexto y en su forma, así como versátiles para cambiar los espacios de las estructuras. Su principio de diseño se inclinó sobre la elaboración de un nodo, el cual podría unir dos elementos para crear un sistema estructural muy flexible y resistente.

La aplicación de los conceptos al proyecto, se llevó a cabo a partir de varias aproximaciones sucesivas de la geometría arquitectónica, por lo cual se encontraron alternativas proyectuales que se adaptan fácilmente al proyecto final, que ayudan a determinar a la geometría ortogonal como la más adecuada al contexto.

En general, se concluye con una propuesta geométrica formal, la cual se analiza con la estructura de los parámetros del proyecto. Permite explorar principios utópicos, técnicos, y morfológicos, para crear una propuesta más variable, donde la composición rítmica espacial de la estructura ocupa el papel importante. Dicha composición tiende a mutarse, como una célula, hasta adaptarse a su entorno. También, implica agregar



Simulación de vientos por túnel, el cual nos indica que el modelo tiene adecuada ventilación en sus interiores

las técnicas bioclimáticas para obtener un mejor confort en el interior de los espacios.

Sin embargo, la adaptación tiene límites y parámetros que tienden a solucionarse en el proyecto arquitectónico. Así, la línea conductual se concentra en la elaboración de un sistema industrial flexible con la utilización de materiales adecuados para soportar las condiciones climáticas extremas. En este caso, las frecuentes inundaciones del sitio entre agosto y octubre en Alvarado, Veracruz, ocasionan muchas pérdidas económicas y espaciales que difícilmente se pueden recuperar.

Asimismo, la versatilidad de la estructura permite que los espacios se puedan manipular fácilmente. Por ende, se podría aplicar a diferentes tipologías como oficinas, centros comerciales, estadios, entre otros. Es decir, crear una megaestructura que pueda albergar varios espacios entre sus áreas ■

### Notas

- 1 Reyner Banham, 2001; Cecilia, Flores, 2001; Thompson, D'Arcy, 1980.
- 2 Carlos César Morales Guzmán, 2007.
- 3 Carlos César Morales Guzmán, 2007; Carlos César, Morales Guzmán, 2009.
- 4 Carlos César Morales Guzmán, 2007.
- 5 György Doczi, 2002; Carlos César, Morales Guzmán, 2007; Carlos César, Morales Guzmán, 2009.
- 6 Sophia y Stefan Behling, 2002; Carlos César Morales Guzmán, 2009.
- 7 Carlos César Morales Guzmán, 2007; Carlos César Morales Guzmán, 2009.

### Fuentes

- Banham, Reyner, *Mega estructuras: futuro urbano del pasado reciente*, Barcelona, Gustavo Gili, 2ª ed., 2001.
- Behling, Sophia y Stefan, *Sol power. La evolución de la arquitectura sostenible*, Barcelona, Gustavo Gili, 2002.
- Doczi, György, *El poder de los límites*, México, Gustavo Gili, 7ª ed., 2002.
- Flores, Cecilia, *Ergonomía para el diseño*, México, Designio 2001.
- Morales Guzmán, Carlos César, *Sistemas de vivienda flexible* (tesis de maestría), México, Universidad Cristóbal Colón, 2007.
- Morales Guzmán, Carlos César, *Diseño de sistemas estructurales flexibles en el espacio arquitectónico* (tesis doctoral), México, Universidad Nacional Autónoma de México, 2009.
- Thompson, D'Arcy, *Sobre el crecimiento y la forma*, Madrid, Hermann Blume, 1980.