

## ENSAYOS Y OPTIMIZACIÓN DE ASPECTOS BIOCLIMÁTICOS PARA EL DISEÑO DE EDIFICIOS EN ALTURA

Jorge Antonio Marusic  
Curso de Posgrado - Programa de Actualización en Diseño Bioambiental  
Escuela de Posgrado, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires  
Tel.: 4789- 6274 / Fax: 4576-3205  
E-mail : marusic@siscor.bibnal.edu.ar

### RESUMEN

Los edificios en altura presentan dificultades para resolver su acondicionamiento natural y su sustentabilidad energética, por la desconsideración de los factores climáticos, con la consiguiente utilización de mayores cantidades de energías convencionales, por encontrarse muy expuestos a la acción del clima. En esta primera etapa de estudio, se analizan las funciones de vivienda, oficinas y la combinación de ambas, presentando el estudio de los procesos básicos para el diseño de edificios en altura incorporando criterios bioclimáticos, y los ensayos realizados con maquetas en el heliodón, túnel de viento y un ordenador con el programa HEAT 2 para el análisis de puentes térmicos. Se observan las características principales identificando problemas y planteando soluciones, estableciendo orientaciones favorables y desfavorables, requerimiento de protecciones solares, movimiento de las masas de aire y niveles de iluminación natural.

### INTRODUCCIÓN

El principal inconveniente de los edificios en altura, es su elevado consumo energético y su alta exposición a los factores climáticos, situación que se agrava si el diseño no toma en cuenta el clima del sitio de emplazamiento. El objetivo es establecer pautas que permitan lograr arquitectura sustentable desde la construcción misma del edificio y a lo largo de toda su vida útil, mediante una correcta adaptación al medio y adecuada materialización, disminuyendo así la degradación del medio ambiente y mejorando la calidad de vida de los usuarios.

A partir del análisis climático del lugar y su comparación con los parámetros de confort térmico, se determinan las pautas de diseño bioambiental, desarrollando tipologías con sus principales características y definiendo las orientaciones favorables y desfavorables, aleros de protección necesarios en las distintas orientaciones, niveles de iluminación natural mínimos y formas de mejorarlos, ensayos en el túnel de viento señalando zonas conflictivas y de aprovechamiento energético, ensayos en el heliodón observando el asoleamiento y las posibilidades de utilización en espacios exteriores y análisis de puentes térmicos mediante un ordenador y el programa HEAT 2 estableciendo la forma de utilizar las aislaciones.

### ESTUDIO BIOCLIMÁTICO

**Análisis climático :** Los edificios en altura poseen dificultades propias por encontrarse más expuestos a los factores climáticos, que se hacen más severos a medida que nos alejamos del suelo, además la altura del edificio impide aprovechar la vegetación y otros elementos generadores de microclimas que se valen del suelo, debiendo responder a las exigencias climáticas mediante su morfología, su envolvente y elementos adicionales como parasoles, espacios intermedios, etc., para optimizar su acondicionamiento natural. El principal factor que se modifica con la altura es el viento, que aumenta naturalmente por la reducción de obstáculos urbanos que interfieran en su trayectoria. Las direcciones de vientos principales varían según el clima y es necesario analizar el proyecto para las distintas orientaciones predominantes en busca de una solución global. Otro factor de consideración es el asoleamiento que aumenta debido a la mayor exposición por falta de obstáculos que arrojen sombra y que de no ser adecuadamente contemplado puede producir sobrecalentamiento y otros perjuicios. Esto hace indispensable un profundo análisis previo que permita evitar errores de difícil solución una vez construido el edificio.

**Análisis de confort :** Analizando los diagramas bioambientales (en relación a las temperaturas y humedades, y a la amplitud térmica), se establecen las posibles estrategias a utilizar con relación al confort térmico. En el caso analizado las posibles estrategias a utilizar son: en verano, ventilación cruzada con morfologías abiertas que permitan la circulación directa de aire, aunque esto implica mayores pérdidas energéticas en épocas frías, o, inercia térmica y ventilación selectiva con morfologías compactas, menores pérdidas y mayor compatibilidad con las estrategias de invierno, o enfriamiento evaporativo, utilizable en áreas muy delimitadas, espacios exteriores, etc.; en invierno, ganancia solar directa o mediante sistemas solares e inercia térmica. **Pautas de diseño:** De la comparación entre el análisis climático y los gráficos de confort, surgen las pautas de diseño definitivas que variarán según la función y características del edificio, quedando a criterio del profesional la elección final. En los ejemplos desarrollados y para la ubicación Buenos Aires, latitud 34° 35' se adoptaron las siguientes pautas : para uso como vivienda en verano, se adoptó inercia térmica y ventilación selectiva, ya que se desarrolla con una morfología compacta que disminuye las pérdidas energéticas haciéndola compatible con la estrategia de invierno y ofrece una mayor

uniformidad térmica a lo largo del día. Por otro lado la utilización de ventilación cruzada es inapropiada ya que produce graves molestias. Se detectó también la necesidad de protección solar en los vanos por medio de aleros en determinadas orientaciones, haciéndose inutilizables otras orientaciones por el excesivo asoleamiento y la imposibilidad de materializar protecciones que no afecten la función básica del vano. En invierno, se utilizará ganancia solar directa combinada con inercia térmica, juntamente con un adecuado estudio de los aleros de protección que permitan el asoleamiento necesario. Se ubicará la circulación vertical y las áreas de servicio en la orientación sur, como cierre de la volumetría.

Para uso como oficinas en verano la inercia térmica y ventilación selectiva son lo más adecuado por requerir de morfologías compactas, haciéndose compatible con la estrategia de invierno y por evitar las molestias producidas por la ventilación cruzada. En invierno, se utilizará ganancia solar directa con una ligera inercia térmica porque se necesita un rápido calentamiento por la mañana y los espacios no son utilizados durante la noche. Se ubicará la circulación vertical y los servicios protegiendo de la orientación más desfavorable, el oeste.

Para uso como ambas funciones combinadas, se utilizará la orientación con mejor asoleamiento para vivienda (norte) y la de mejor iluminación a lo largo del día para oficinas (sur). La circulación vertical será central, articulando ambas funciones y permitiendo independencia de uso.

Tanto para verano como para invierno son indispensables aislaciones eficientes y la eliminación de puentes térmicos.

### ANÁLISIS Y DESARROLLO DE TIPOLOGÍAS

Se desarrollaron y analizaron esquemas de distintas tipologías, estableciéndose las principales características de cada uno, entre los que se eligieron los de mayor significancia didáctica. Tabla 1

	Cerrado al norte, abierto al sur, fachadas intermedias al oeste con problemas de excesivo asoleamiento.		Abierto al norte, cerrado al sur, fachadas intermedias al oeste con problemas de excesivo asoleamiento		Orientación oeste sin solución contra la radiación solar. Circulación vertical ocupando una zona utilizable y dificultando la distribución interna
	Mayor número de caras que permiten iluminación y ventilación. Excesivo asoleamiento en fachadas al oeste. Un volumen arroja sombra sobre el otro.		Fachadas escalonadas, optimiza orientaciones favorables y protege de las desfavorables. Circulación vertical adosada, poca circulación. Orientación límite hacia el N.O. 30°		Buena orientación para desarrollar edificios de oficina. Oeste (desfav.) protegido por los servicios, las otras orientaciones son favorables.
	Volumetría abierta con mayores pérdidas, grandes circulaciones, mayor circulación de aire. Fachadas escalonadas permiten tomar mejores orientaciones.		Orientación Oeste sin solución contra la radiación solar		Buena resolución para combinar oficinas y viviendas; permite tomar las orientaciones más favorables para cada función.

De estos gráficos se seleccionaron a su vez los tres que reunían las mejores condiciones para desarrollar las funciones de vivienda (Gráfico 1), oficinas (Gráfico 2) y la combinación de ambas (Gráfico 3), analizando las orientaciones favorables y desfavorables para cada función, los sectores del cielo que deben protegerse con aleros y que tipo de protección utilizar, la compatibilidad con las pautas bioclimáticas de diseño y la importancia de ubicar correctamente la circulación vertical.

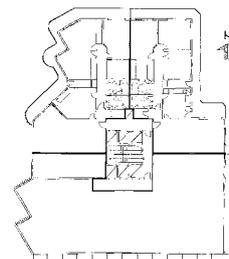
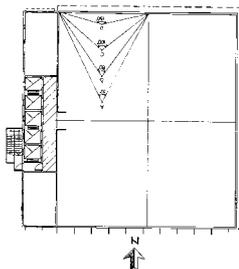
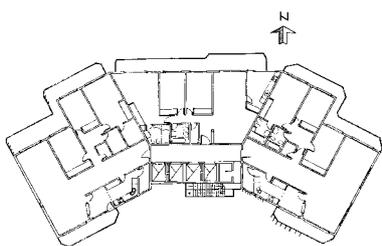


Gráfico 1: Esquema de planta abierta hacia el norte que permite aprovechar las orientaciones favorables para los locales de 1ª (NE 30° hasta NO 30°) y se cierra a las desfavorables (SE 30° hasta SO 30°) ubicando los locales de 2ª y la circulación vertical; el O se cubre con un muro continuo. Todas las orientaciones poseen elementos de protección horiz., vert. o su combinación	Gráfico 2: Esquema de planta libre que brinda una mayor versatilidad de uso, abriéndose al E, N y S con cerramientos tipo curtain wall que permiten un máximo aprovechamiento de la iluminación natural, protegiéndolos con parasoles horiz., vert. o su combinación, incluyendo el estante de luz invertido para mejorar la distribución de la luz natural. El O por provocar sobrecalentamiento, encogimiento y su dificultad de protección, se cierra con la circulación vertical y los servicios.	Gráfico 3: Esquema de planta compacta, circulación vertical como articulación de ambas funciones. Viviendas con orientaciones E hasta NO con protecciones horiz., vert. y su combinación. Oficinas con orientación E, S y NO, con cerramientos tipo curtain wall y los parasoles necesarios en cada caso. Orientaciones que aseguran un buen asoleamiento para vivienda y una buena iluminación para oficinas. Los tratamientos distintos de fachada permiten diferenciar las funciones.
--	---	--

Se entiende por favorables a las orientaciones que permiten un buen asoleamiento a lo largo del año y su exceso puede ser controlado con aleros de dimensiones aceptables. Como críticas se denomina a las orientaciones que poseen un exceso de asoleamiento, produciendo sobrecalentamiento y que además presentan problemas para ser controlados con aleros por sus excesivas dimensiones. Las desfavorables son las de excesivas radiaciones solares e imposibilidad de generar protecciones que no afecten la función que originó al vano, debido al bajo ángulo de incidencia solar.

Para la determinación de los aleros se utilizó el diagrama de ángulos de sombra sobreponiéndolo al de radiación solar, con lo que se obtiene la máscara de sombras. Utilizando estos gráficos para las distintas orientaciones, se confeccionaron esquemas de aleros donde se observa las formas y dimensiones, con algunas especificaciones. Gráfico 4

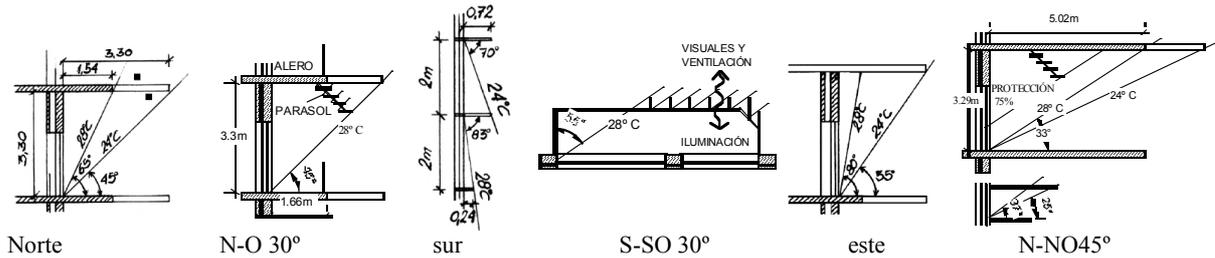


Gráfico 4

En relación a las pautas bioclimáticas, se tomó en cuenta la compacidad formal del edificio para conferirle inercia térmica. En el caso de viviendas se optó por una planta abierta a las orientaciones favorables en forma escalonada, cerrándose a las desfavorables con la circulación vertical y los locales de segunda categoría. Para oficinas se optó por una planta compacta con la circulación vertical y los servicios protegiendo la orientación más desfavorable (oeste), reduciendo las pérdidas energéticas y protegiendo del sobrecalentamiento. Al combinar ambas funciones se alcanzó una solución satisfactoria, logrando compacidad y buenas orientaciones. Se utilizó el sector este-norte para vivienda y el sector este-sur para oficinas, produciendo un escalonamiento en el sector oeste para tomar orientaciones noroeste en ambos casos.

Se verificó la iluminación natural para un sector del edificio de oficinas utilizando un curtain wall tradicional, donde en un primer cálculo dos de los cuatro puntos analizados no llegaban a los niveles mínimos de iluminación natural. En una segunda oportunidad se realizó un cambio en la forma del cielorraso para aumentar el tamaño de la ventana y se lograron mejoras en los niveles de iluminación con tres de cuatro puntos con iluminación mínima. Se realizó un ensayo sobre maqueta, incorporando un alero de protección que a la vez refleje la luz solar hacia el interior por la parte superior del curtain wall, logrando resultados satisfactorios en los primeros ensayos. Este sistema combinado con un adecuado diseño de los cielorrasos, mejora notablemente los niveles de iluminación natural. Dado que los ensayos se realizaron con elementos simples, será necesario continuar con su desarrollo. Gráfico 5

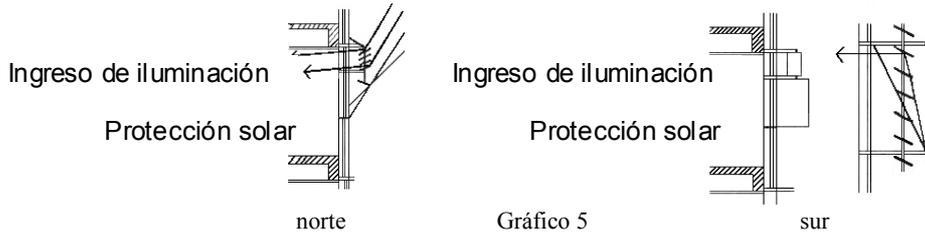


Gráfico 5

## ENSAYOS Y ESTUDIOS

**Puente térmico:** Utilizando de un procesador y el programa HEAT 2 se analizó una configuración de fachada constituida por una estructura de H° A°, mampostería de ladrillos cerámicos de 0,15m de espesor exterior a la vista, aislación de poliestireno expandido de 0,10m de espesor, un panel de terminación interior en yeso con un espesor de 1,6cm, contrapiso tradicional de 0,10m de espesor y cielorraso con un panel de yeso de 1,6cm de espesor.

Analizando el ejemplo con aislación vertical solamente, Gráfico 6a, encontramos que la línea de condensación para invierno se encuentra dentro de la aislación por lo que no constituye un problema, pero en el solado superior las zonas cercanas al cerramiento se enfrían provocando corrientes convectivas molestas y configurando una zona con mayores pérdidas. Incorporando aislación horizontal de 5cm de espesor y 50 cm de longitud, Gráfico 6b, no se modificó notoriamente la ubicación de la línea de condensación, pero si se redujeron las pérdidas desde el solado superior por reducirse el contacto con el puente térmico que constituye el hormigón armado. En un nuevo ejemplo se prolongó la aislación horizontal a 100cm sin obtener beneficios importantes. Se llegó a la conclusión de que la aislación vertical sola no es suficiente para reducir las pérdidas por puente térmico, haciéndose necesario colocar aislación horizontal de por lo menos 5cm de espesor y 50cm de longitud.

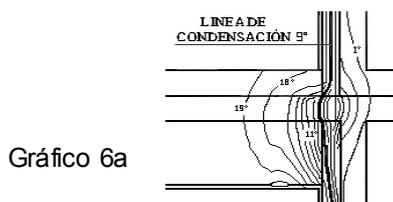


Gráfico 6a

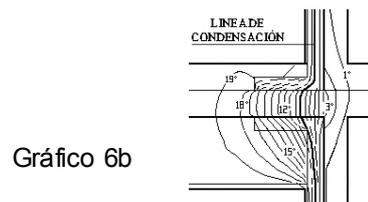


Gráfico 6b

**Túnel de viento:** Utilizando maquetas de las volumetrías definidas, se realizaron ensayos en el túnel de viento con generación de humo, observándose que : al variar el ángulo de incidencia de los vientos sobre el edificio, se modifica notoriamente la forma y dimensiones de la sombra de vientos; en las aristas de cambio de presión se producen concentraciones y aceleraciones de flujos que proporcionan mayor constancia de vientos, Gráfico 7a; en la cara frontal al viento y por diferencias de presión se genera una corriente descendente que produce trastornos a nivel peatonal y especialmente en los accesos, Gráfico 7b.

Manipulando la morfología del edificio se pueden controlar los flujos eólicos para protegerse de sus efectos o para su aprovechamiento. En las azoteas y zonas altas del edificio, se producen las mayores aceleraciones que limitan su uso, pudiendo acondicionarlas utilizando elementos que cumplan la doble función de protección y generación de energía, pudiendo, esta última transformarse en una pauta de diseño. En los accesos y áreas peatonales aledañas al edificio, es indispensable la creación de protecciones contra el viento, ya que las corrientes descendentes y las concentraciones de flujo generan graves molestias, Gráfico 7c.

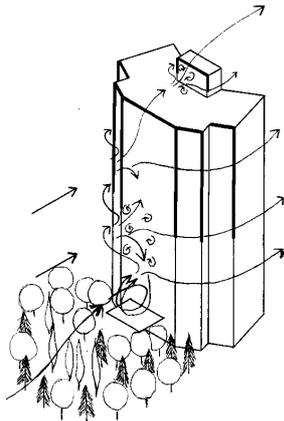


Gráfico 7a

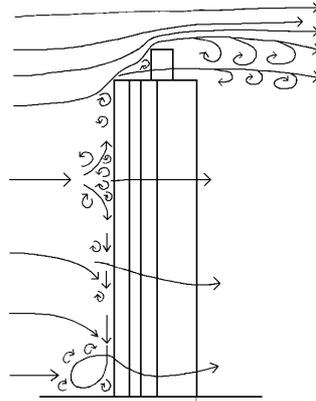


Gráfico 7b

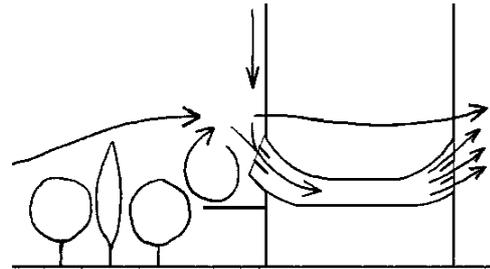


Gráfico 7c

**Heliodón:** Mediante ensayos realizados en el heliodón, se verificó el asoleamiento de los locales, la efectividad de los aleros de protección y las proyecciones de sombras del edificio. Esto es vital a la hora de definir la implantación del conjunto dentro del terreno, como así también el uso de los sectores aledaños en las distintas épocas del año y horas del día. Se comprobó también que la azotea constituye un lugar privilegiado por tener menos probabilidades de obstáculos que arrojen sombra. Es importante que no se generen sectores de sombra permanente, ya que esto deteriora la calidad de los espacios. Por las grandes alturas implicadas, las sombras exceden los límites del terreno todo el año.

## CONCLUSIONES

Es indispensable realizar un análisis bioclimático que permita establecer estrategias tendientes a lograr un diseño sustentable, reduciendo las demandas energéticas de edificios consumistas. Utilizar la combinación de distintas funciones, inusual en nuestro medio, amplía el rango de orientaciones favorables ya que son otras las necesidades, permitiendo distintas respuestas y su materialización genera una diversificación de imagen identificatoria. La combinación funcional de viviendas y oficinas permite lograr un mayor rango de orientaciones favorables. Es indispensable utilizar parasoles como protección, pudiendo con ellos mejorar la iluminación natural y sirviendo como expansión. La orientación oeste y sus proximidades deben evitarse para todas las funciones por las numerosas dificultades que producen. Deben verificarse las aislaciones térmicas según el sistema constructivo a utilizar. Los flujos eólicos pueden ser manipulados favorablemente e incluso aprovechados energéticamente.

## NOTA

Este trabajo fue elaborado sobre la base de la Monografía desarrollada en el Taller de Integración Proyectual, a cargo de la Arq. Silvia de Schiller del curso Programa de Actualización en Diseño Bioambiental, 1996, dirigido por John Martin Evans, Escuela de Posgrado, FADU, UBA.