

IMPACTO ENERGÉTICO DE ESTRATEGIAS ARQUITECTÓNICAS EN FACHADAS DE OFICINAS EN CLIMA CÁLIDO HÚMEDO. CASOS: ORIENTACIÓN-PROPORCIÓN CERRAMIENTOS TRASLÚCIDOS/OPACOS

Ma. Eugenia Sosa G

Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Central de Venezuela, e-mail: *mesosag@yahoo.es*

RESUMEN

La ponencia representa una aplicación de tesis doctoral titulada: DESARROLLO DE METODO PARAMETRICO PARA DETERMINAR INDICES DE EFICIENCIA ENERGETICA DE FACHADAS, EN EDIFICIOS CON SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO ACTIVO. Casos estudio: Edificios Oficina Caracas y Maracaibo, Venezuela. La respuesta del edificio a estrategias arquitectónicas se obtienen a través de simulaciones con programa ECOTECH™, realizándose análisis comparativo entre ellas en relación al consumo eléctrico del sistema de AA. y del sistema de iluminación artificial. El estudio se realiza sobre una fachada referencial, llamada “fachada de estudio”. En este caso, se evalúan las estrategias arquitectónicas del sistema de fachadas: orientación respecto a proporción áreas opaca vs traslúcida y tecnologías de vidrios. Previamente, se fundamentan con referencias internacionales, nacionales o experiencias exitosas sobre confort y eficiencia

Palabras clave: Fachadas, eficiencia energética, clima cálido- húmedo.

INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista climático, las fachadas son el más completo de los aspectos de diseño de la envolvente pues requieren considerar un gran número de relaciones ambientales como son: admitir selectivamente la radiación solar, permitir el acceso de la luz natural, excluyendo al mismo tiempo las ganancias de calor solar excesivas, además de excluir la lluvia, moderar la ventilación y optimizar el clima interior

El presente trabajo representa una aplicación directa de la tesis doctoral titulada: DESARROLLO DE UN METODO PARAMETRICO PARA DETERMINAR INDICES DE EFICIENCIA ENERGETICA DE FACHADAS, EN EDIFICIOS CON SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO ACTIVO. Casos de estudio: Edificios de Oficina en las Ciudades de Caracas y Maracaibo – Venezuela (Sosa, M.E 2008). Representa un estudio comparativo para seleccionar estrategias de diseño y/o tecnológicas del sistema de fachadas del edificio que presenten una mejor actuación en relación al comportamiento térmico-lumínico de los espacios interiores y demanda de energía por carga de enfriamiento del sistema de aire acondicionado y por iluminación artificial en función al clima cálido húmedo y a la orientación geográfica

El Método Paramétrico se desarrolló, partiendo de la premisa de que las estrategias de diseño en fachada según el clima y la orientación, afectara directamente el comportamiento térmico-

lumínico y la demanda de energía en $\text{kwh/m}^2/\text{año}$ de los espacios interiores. Por lo tanto se planteó el estudio adaptado a las condiciones climáticas, tecnológicas y socioculturales de Venezuela. La respuesta del edificio a las estrategias de diseño y/o tecnológicas se obtienen a través de simulaciones con el programa de simulación ECOTECT™, realizándose un análisis comparativo entre ellas en relación al consumo eléctrico parcial y global del sistema de aire acondicionado y del sistema de iluminación artificial. El estudio se realiza sobre una sola fachada, del edificio referencial llamada “fachada de estudio”, a la cual se le aplican diferentes alternativas de estrategias arquitectónicas para ocho orientaciones geográficas y para las condiciones climáticas de las dos ciudades de estudio. Se constata, efectivamente, el impacto de la estrategia de arquitectura directamente sobre los espacios interiores en relación al comportamiento térmico-lumínico y demanda de energía por carga de enfriamiento del sistema de aire acondicionado y por iluminación artificial (Sosa, M.E. 2011).

En el presente trabajo se fundamentan tres estrategias de diseño, tecnológicas o de selección de componentes constructivos en fachadas para el clima cálido húmedo. Se analizan a mayor profundidad estas estrategias arquitectónicas del sistema de fachadas en función a su impacto directo en el consumo de energía eléctrica a través de las cargas de enfriamiento del sistema de aire acondicionado y/o del sistema de iluminación artificial en el caso de edificios de oficina de altura según el Método Paramétrico y finalmente se hace a manera de conclusión un estudio comparativo de las estrategias arquitectónicas entre orientaciones y para las dos ciudades en estudio.

1. ESTRATEGIAS ARQUITECTÓNICAS EN FACHADAS ADECUADAS AL CLIMA CÁLIDO HÚMEDO

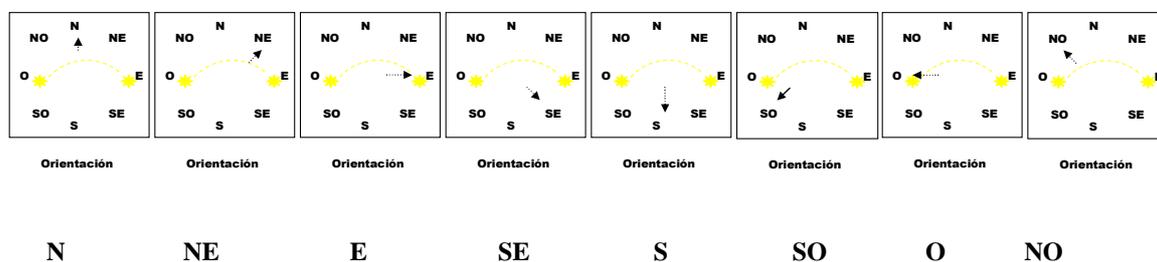
Las estrategias de diseño, tecnológicas o de selección de componentes constructivos en fachadas adecuadas para el clima cálido húmedo, estudiadas en este caso son:

- Orientación Geográfica
- Proporción Cerramientos Traslúcidos/Opacos
- Tecnologías de Vidrios

Para el desarrollo del presente artículo, cada una de estas estrategias arquitectónicas en fachadas se fundamentan primeramente con referencias internacionales, a continuación se avalan con investigaciones nacionales o con experiencias de edificios de oficina que utilicen exitosamente esa estrategia desde el punto de vista del confort y la eficiencia energética. Esto permite tener la fundamentación teórica de las estrategias arquitectónicas adecuadas para edificios acondicionados en forma activa, en clima cálido húmedo como el de Venezuela. Posteriormente se aplica el Método Paramétrico (Sosa, M.E 2011) para analizan a mayor profundidad y comparativamente las estrategias arquitectónicas del sistema de fachadas en función a su impacto directo en el consumo de energía eléctrica a través de las cargas de enfriamiento del sistema de aire acondicionado y/o del sistema de iluminación artificial en el caso de edificios de oficina de altura.

2. ORIENTACIÓN GEOGRÁFICA

En todos los temas que se refieren a la envolvente o piel del edificio, tiene una importancia especial la orientación geográfica absoluta o relativa, de las diferentes superficies que conforman la envoltura del mismo (Serra y Coch, 2005). La implantación y orientación del edificio, representa un reto para el diseñador, ya que depende de la parcela y de múltiples factores como son: área, forma, visuales, topografía y acceso al terreno. La orientación, es por lo tanto el parámetro de diseño fundamental en fachadas, que compromete las decisiones de las demás estrategias arquitectónica a saber: proporción pared/ventana, forma geométrica, técnica constructiva, diseño de parasoles e inercia térmica de los componentes constructivos que deben responder a los requerimientos de las orientaciones geográficas básicas factibles a continuación indicadas:



Fuente: Sosa M.E, 2008

La orientación óptima de un edificio es la mejor estrategia para minimizar la exposición de las fachadas a los aspectos adversos del sol (Hyde 2003). Según Givoni (1994), la más sencilla estrategia sería hacer un edificio compacto, minimizando la envolvente, es decir la cantidad de superficie expuesta en el trópico. Pero en la realidad esto es más complejo, el uso de una óptima orientación, depende de la parcela (Serra y Coch, 2005) ya que va a depender de múltiples factores como son: área, forma, visuales, topografía y acceso al terreno. Esto representa un reto para el diseñador, que lo puede resolver combinando las orientaciones con mejores opciones de proporción pared/ventana, forma geométrica, técnica constructiva, diseño de parasoles, incorporación de vegetación y una selección adecuada de los materiales constructivos translucidos u opacos, para resultados eficientes similares.

El impacto de la orientación de fachadas y/o techo actúa en forma diferente sobre la carga de enfriamiento del sistema de aire acondicionado en edificios de oficina dependiendo de su altura. En edificios de altos hay mayor impacto del área, forma y orientación de las fachadas, en cambio en edificios bajos tiene mayor impacto el área, forma y orientación del techo, este cerramiento de la envolvente es llamado por algunos autores como la 5ta fachada.

En forma general se puede decir, que edificios de oficina de altura, con tipología rectangular ubicados en el eje este-oeste, presentan el mejor comportamiento térmico, con las fachadas más largas mirando al norte y sur, por cuanto captaran menos calor por las fachadas este y oeste más reducidas en áreas. Las tipologías de planta circular o en forma de estrella presentan un comportamiento térmico muy irregular y presentan pocas posibilidades de

corrección por efecto de la orientación. Finalmente, la planta cuadrada o en retículas sucesivas tendrá mejor posibilidades de tener un buen funcionamiento si predominan los ejes en dirección este-oeste (Serra y Coch, 2005). Olgyay, demostró que las estructuras de forma rectangular, sin protectores solares, con orientación predominante en el este-oeste, recibirán un mínimo de irradiación solar, cuando las relaciones geométricas de sus lados sean dadas de acuerdo con la siguiente expresión (Nedianni, 2000):

$$L_{eo} / L_{ns} = I_n + I_s / I_e + I_o$$

Donde:

L_{eo} = Longitudes eje este-oeste

L_{ns} = Longitudes eje norte-sur

I_n = Irradiaciones solares unitarias acumuladas para pared vertical orientación Norte.

I_s = Irradiaciones solares unitarias acumuladas para pared vertical orientación Sur.

I_e = Irradiaciones solares unitarias acumuladas para pared vertical orientación Este.

I_o = Irradiaciones solares unitarias acumuladas para pared vertical orientación Oeste.

En base a esto, Olgyay calculó una geometría óptima de 1.7 (Nedianni 2000). El cálculo de la relación óptima para 10 grados latitud norte, de Caracas, Venezuela, fue estimado por Nedianni (2000), con el siguiente resultado:

$$\frac{L_{eo}}{L_{ns}} = \frac{421940.7 + 421940.7}{355782 + 203506.8} = 1.5$$

Con base en los datos de la Tabla N° 1, a continuación:

Tabla N° 1
Irradiación solares unitarias acumuladas para superficies horizontales
y verticales en diferentes orientaciones
(Kwh/m² año) y (Btu/ft² año)

Orientación	Método ASHRAE	
	(Btu/ft ² año)	(Kwh/m ² año)
Ih	839825.6	2648.3
Is	355782.2	1121.9
Io	421940.7	1330.5
In	203506.8	641.7
Ie	421940.7	3130.5

Nota: Ih = Irradiación recibida por una superficie horizontal
Fuente: Nedianni (2000), en base a ASRHAE- Fundamentals

Asimismo, Olgyay, demostró que edificaciones rectangulares con orientaciones a 45 grados, es decir con fachadas sureste o suroeste recibirán mayores irradiaciones solares (Nedianni, 2000). Esto es cierto para el hemisferio norte, ya que en el hemisferio sur, las fachadas más expuestas serán las orientadas noreste y noroeste. Queda demostrado, que la orientación es el parámetro de diseño fundamental en fachadas, que compromete las decisiones de las demás

estrategias arquitectónicas a saber: proporción pared/ventana, forma geométrica, técnica constructiva, diseño de parasoles e inercia térmica de los componentes constructivos.

3. PROPORCIÓN CERRAMIENTOS OPACOS / TRASLÚCIDOS Y TECNOLOGÍAS DE VIDRIO

Una fachada más transparente permite mejores visuales y un mayor nivel de iluminación natural, lo cual favorece la habitabilidad y el confort espacial-lumínico. Sin embargo, la penetración de energía solar a través de grandes superficies de ventanas en verano o en el trópico puede elevar la temperatura del aire interior de los edificios por encima de los niveles de temperatura del aire exterior lo que puede causar estrés térmico, así como incrementar la carga de enfriamiento del sistema de aire acondicionado (Givoni, 1994). Adicionalmente y según la orientación se pueden producir efectos de deslumbramientos por exceso de luz natural (Serra y Coch, 2005). La relación entre “la superficie vidriada” del edificio y la “superficie global de piel de este” viene definido según Serra y Coch (2005), por el Coeficiente de Transparencia de la siguiente manera:

$$tr = \frac{S_v}{S_g}$$

Donde:

- tr = Coeficiente de transparencia (rango 0 -1)
S_v = Superficie vidriada
S_g= Superficie global de piel del edificio o fachada.

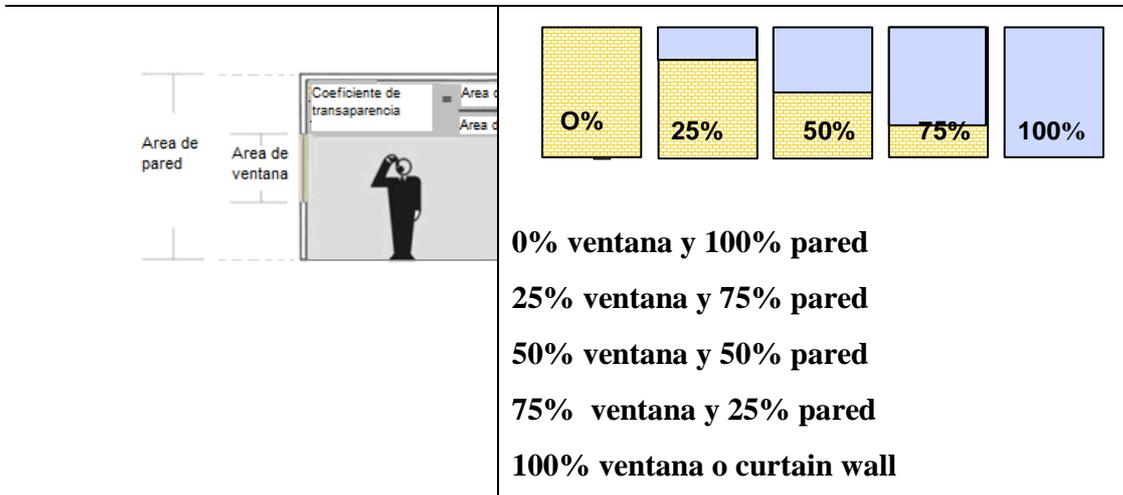
Una fachada con un 50% de área de ventana y un 50% de área opaca o pared, presenta un coeficiente de transparencia de 0.5. Las fachadas totalmente de vidrio o curtain wall presentan un coeficiente de transparencia de 1 (Grafico N° 2).

Las ganancias de calor son distintas a través de superficies translucidas que a través de superficies opacas. Según Szokolay (2005) la irradiación global (G en w/m²) incidente a través de las diferentes superficies de la envolvente pueden ser determinadas en cada caso, de la siguiente manera:

- a. En componentes opacos, la ganancia solar a través de estos es dada por el concepto de temperatura sol-aire. Depende del área de la pared, de la orientación, y de las propiedades capacitivas; resistivas y superficiales de los componentes constructivos de la pared.
- b. En ventanas u otros elementos translúcidos, la ganancia solar a través de estos corresponde al producto del área de ventana por el factor de ganancia solar. Los parámetros a considerar son el área de superficie translúcida, la orientación, las propiedades termofísicas del vidrio, así como la presencia y eficiencia de protectores solares.

Gráfico N° 2

Proporción Cerramientos Traslúcidos/Opacos



Fuente: Sosa M.E, 2008

En el trópico, la proporción entre ventana y pared es condicionada por la orientación de la fachada, desde el punto de vista del confort térmico de los espacios interiores y de la eficiencia del sistema de aire acondicionado. Las dimensiones de las ventanas y la tecnología del vidrio impactarán más en fachada Oeste y Este, que en fachada Norte.

Un edificio de oficina de envolvente muy transparente, sin protectores solares y con vidrios de baja tecnologías o corrientes captarán mucha energía solar, que penetrará directamente al interior y elevará muy rápidamente la temperatura interior por encima de la temperatura exterior con un alto consumo de energía por el sistema de aire acondicionado necesario para satisfacer el confort de los usuarios.

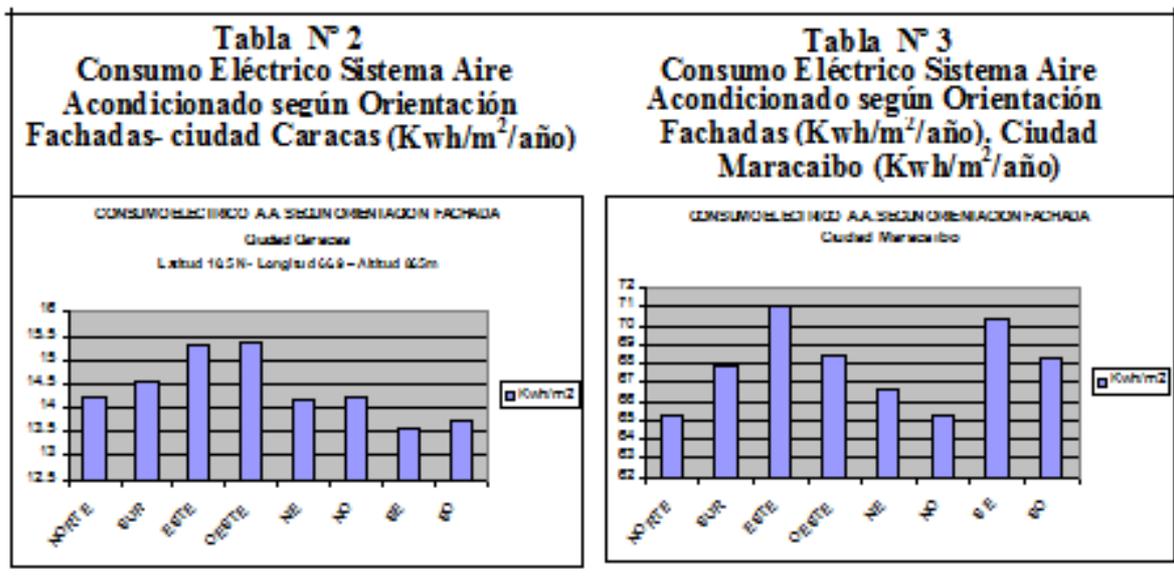
4. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS ESTRATEGIAS ARQUITECTONICAS EN FACHADAS

Las estrategias arquitectónicas, adecuadas al clima cálido-húmedo se evalúan a continuación a manera de conclusiones en forma comparativa entre las ocho orientaciones geográficas y entre las dos ciudades de estudio, indicando y cotejando su impacto directo en el consumo eléctrico por carga de enfriamiento del sistema de aire acondicionado expresado en Kwh/m²/año (Índice energético utilizado). El edificio referencial es un edificio de oficina de altura de base cuadrada. Es importante resaltar la marcada diferencia en el consumo eléctrico por carga de enfriamiento del sistema de aire acondicionado entre las dos ciudades caso de estudio Caracas y Maracaibo producto de las variantes del clima cálido-húmedo debido a la diferencia de altitud. Caracas presenta un clima cálido-húmedo de altura bastante moderado mientras que Maracaibo presenta condiciones climáticas más extremas con alta radiación

solar y temperaturas del aire más elevadas. A continuación se presentan las conclusiones comparativas organizadas por estrategia arquitectónica:

4.1. Orientación

La influencia de la orientación geográfica de la fachada en el consumo eléctrico por carga de enfriamiento del sistema de aire acondicionado (A.A) para las dos ciudades en estudio Caracas y Maracaibo se presentan en forma de barras comparativas en las siguientes tablas N° 2 y N°



Fuente: Sosa ME, 2008

Del análisis se concluye lo siguiente:

- Venezuela está ubicada en el trópico, en donde el sol está muy cerca del cenit y es fuerte todo el año para las fachadas orientadas Este y Oeste. Por su ubicación en el hemisferio Norte y su latitud geográfica el sol se inclina hacia el Sur en los meses entre Noviembre y Marzo y se inclina ligeramente hacia el Norte entre Mayo y Septiembre. La fachada Norte es la más favorable.
- Las orientaciones geográficas más críticas son la Este y la Oeste para ambas ciudades. La orientación Este presenta un mayor impacto en la carga de enfriamiento del sistema de aire acondicionado (A.A.) por el horario diurno de funcionamiento de edificios de oficina entre 7 a.m. a 7 p.m., y todo el año de enero hasta el mes de Diciembre.
- Al realizar un estudio comparativo de las tablas de las dos ciudades de estudio es notoria la diferencia de consumo eléctrico del sistema de AA según la orientación de la fachada. Caracas y Maracaibo son ciudades representativas de las variantes del clima cálido húmedo debido a la diferencia de altitud. Caracas posee un clima cálido húmedo de altura bastante más moderada mientras que Maracaibo es cálido húmedo de costa más extremo. En la tabla N° 2 se observa el mayor cuidado que hay que tener con las estrategias arquitectónicas en las

fachadas SE y SO para el caso de Maracaibo. En el caso de Caracas, estas fachadas no se ven afectadas por cuanto los meses cuando reciben mayor radiación solar son entre Noviembre y Marzo que corresponden a la época más fresca del año, sobre todo los meses de Diciembre, Enero y Febrero.

4.2. Proporción cerramientos opacos / traslúcidos

La influencia en el consumo eléctrico por carga de enfriamiento del sistema de aire acondicionado según la proporción de pared/ventana (áreas opacas y traslucidas) en fachada se presentan para las dos ciudades en estudio Caracas y Maracaibo en orientaciones Oeste y NE, en forma comparativa (Ver tablas N° 4, 5, 6 y 7)

Es importante indicar que las relaciones entre superficies opacas y superficies traslucidas en fachadas se simularon y analizaron con vidrio simple, sin protectores solares, para las proporciones cerramientos opacos/traslúcidos especificadas en el anteriormente presentado en el Gráfico N° 2. El análisis de los resultados indica lo siguiente:

- En ambas ciudades al ir aumentando progresivamente la proporción ventana/pared, lo cual equivale a aumentar la transparencia de la fachada, se va incrementar la carga de enfriamiento del sistema de aire acondicionado. No obstante, se obtienen beneficios en los niveles de iluminación natural, que representan eficiencia energética a través del sistema de iluminación artificial. Se logra, sin embargo una mejor calidad espacial al permitir visuales al exterior.

Tabla N° 4
Consumo Eléctrico Sistema Aire Acondicionado en función de la proporción ventana/pared (Kwh/m²/año).
Fachadas Oeste - ciudad Caracas

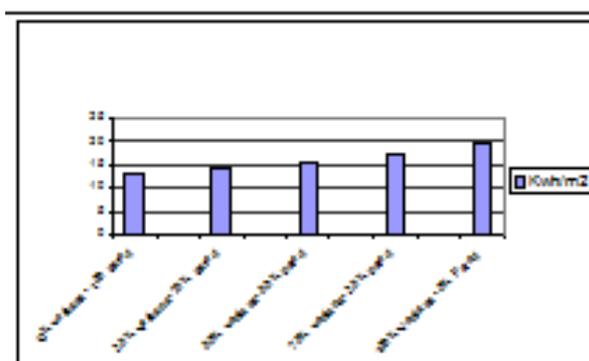
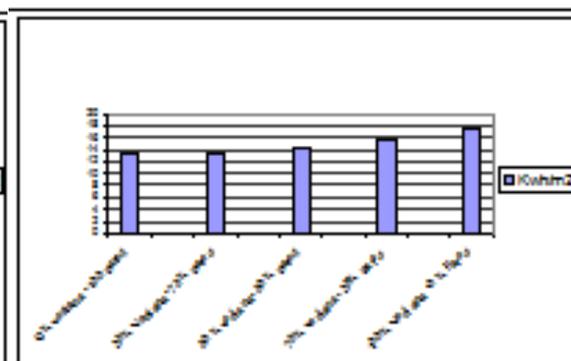


Tabla N° 5
Consumo Eléctrico Sistema Aire Acondicionado en función de la proporción ventana/pared (Kwh/m²/año).
Fachadas Noroeste - ciudad Caracas



Fuente: Sosa M.E, 2008

Tabla N° 6
Consumo Eléctrico Sistema Aire
Acondicionado en función de la
proporción ventana/pared (Kwh/m²/año)
Fachadas Oeste - ciudad Maracaibo

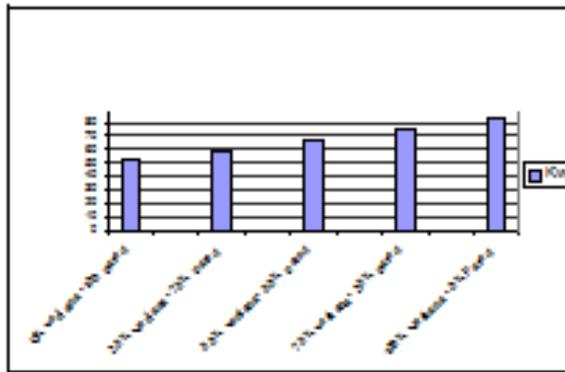
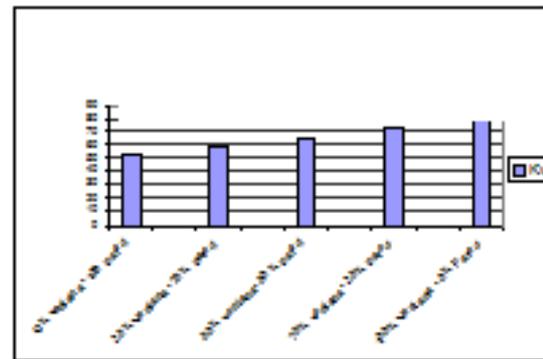


Tabla N° 7
Consumo Eléctrico Sistema Aire
Acondicionado en función de la
proporción ventana/pared (Kwh/m²/año)
Fachadas Noroeste - ciudad Maracaibo



Fuente: Sosa M.E, 2008

- Desde el punto de vista de la carga de enfriamiento del sistema de aire acondicionado los mejores resultados se obtienen con 100% de pared opaca en fachadas Oeste. No obstante si hay que ubicar áreas de oficina en esa fachada una óptima proporción es 25% ventana - 75 pared o 50% ventana-50% pared con protectores solares, que permite un buen balance entre el sistema de aire acondicionado y el sistema de iluminación artificial desde el punto de vista de la eficiencia de energía eléctrica.
- Al realizar un estudio comparativo entre las dos ciudades, casos de estudio, resulta notoria la diferencia en el consumo eléctrico del sistema de aire acondicionado en función a la proporción ventana/pared en fachadas por ciudad. En fachada Oeste, con 100% de ventana (fachada tipo curtain wall) con vidrio simple claro, el consumo para la ciudad de Caracas es de aproximadamente 20 Kwh/m²/año, mientras que para la ciudad de Maracaibo es de aproximadamente 85,15 Kwh/m²/año.
- En las 4, 5, 6 y 7 realizadas para las dos ciudades en estudio se indica el aumento en el consumo eléctrico del sistema de aire acondicionado (A.A.) en función a la proporción ventana/pared en fachadas Oeste y NO. Es importante destacar, como al girar la fachada de orientación Oeste a orientación NO, en relación a la transparencia de la fachada, se producen beneficios directos, al reducir el consumo de la carga de enfriamiento del sistema de aire acondicionado. Resultados similares se registran para orientaciones NE. SE y SO respecto a directas Este y Oeste.

5. TECNOLOGÍAS DE VIDRIOS

La incorporación de diferentes tecnologías de vidrios, en fachadas con 50% ventanas sin protectores solares, se evaluaron en función a las ocho orientaciones geográficas, indicando

su impacto directo en el consumo eléctrico por carga de enfriamiento del sistema de aire acondicionado. Para evaluar la estrategia arquitectónica de tecnologías de vidrio en fachadas se seleccionaron 4 tipos de vidrios en ventanas con diferentes niveles tecnológicos y de costos económicos. Primero la más corriente y económica ventana con vidrio simple claro, segunda opción una ventana con doble vidrio simple claro, tercera opción una ventana con vidrio simple con tinte de color bronce y por último una ventana con vidrio de alta tecnología Low-e de baja ganancia solar. Para las simulaciones se utilizaron propiedades termofísicas, propuestas en la librería de materiales y componentes constructivos del Programa Ecotect. En las tablas N° 9 y N° 10 se presentan los resultados en forma comparativa para las 8 orientaciones en las dos ciudades de estudio Caracas y Maracaibo. El análisis concluye lo siguiente:

- Las ventanas con un vidrio simple de alta tecnología Low-e presentan resultados eficientes en todas las orientaciones geográficas y para las dos ciudades en estudio. Los vidrios de alta tecnología con baja ganancia solar Low-e son los más adecuados para el trópico, por cuanto tienen la propiedad de reflejar más calor que el que absorbe. A la vez que permiten el paso de la luz natural. Los vidrios Low-e presentan la desventaja de tener costos económicos muy elevados, por lo cual se justifican en orientaciones como Este y Oeste. No se justifican para la orientación Norte, al hacer un balance entre los costos económicos y los someros beneficios en las cargas de enfriamiento del sistema de aire acondicionado en comparación con los resultados con el vidrio simple claro sin o con parasoles.

Tabla N° 9
Consumo Eléctrico Sistema Aire
Acondicionado en función
Tecnología de Vidrios (Kwh/m²/año).
Ciudad Caracas

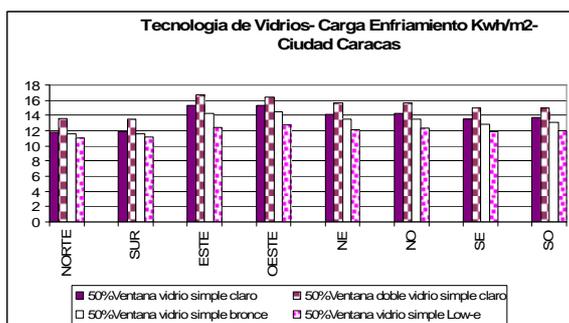
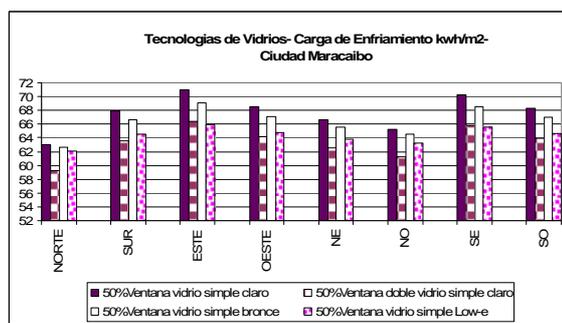


Tabla N° 10
Consumo Eléctrico Sistema Aire
Acondicionado en función Tecnología de
Vidrios (Kwh/m²/año). Ciudad Maracaibo



Fuente: Sosa M.E, 2008

- En ventanas con vidrios simples bronce, tanto en Maracaibo como en Caracas se obtienen pequeños rangos de beneficios en el consumo en Kwh/m²/año respecto al vidrio simple claro sin protector solar en las 8 orientaciones. Ahora bien el vidrio simple bronce presenta un menor Coeficiente de Transmisión de Luz Natural VLTC, por lo tanto habrá un menor aprovechamiento de la iluminación natural y posiblemente un mayor consumo eléctrico a través del sistema iluminación artificial.

- Las ventanas con doble vidrio simple claro presentan un comportamiento muy diferente y hasta contradictorio entre Caracas y Maracaibo. Desde el punto de vista del impacto directo en el consumo eléctrico por carga de enfriamiento del sistema de aire acondicionado funciona muy bien para la ciudad de Maracaibo en las 8 orientaciones. La ventana doble vidrio simple claro presenta una mayor inercia térmica, que el vidrio simple, por tener una cámara de aire entre los dos vidrios, lo que produce mayor resistencia térmica y un Factor U más bajo que los otros cristales evaluados. Esto lleva a un estudio comparativo del ciclo de 24 horas de transmisión de calor a través de los componentes traslúcidos y opacos en cada una de las ciudades y en el horario efectivo de uso de la oficina de 7h a 19h. La fachada de estudio con 50% pared y 50% vidrio a evaluar será la orientada ESTE, ya que esta recibe la mayor radiación solar en horas de la mañana, calor que se incorpora al interior en las horas diurnas, de máxima ocupación de las oficinas.

Es importante destacar las marcadas diferencias en las condiciones ambientales de temperaturas del aire exterior, velocidad del aire y de radiación solar directa y difusa entre las dos ciudades, siendo la radiación global promedio incidente para Caracas de 394 Kwh/m²/año y para Maracaibo de aproximadamente 476 Kwh/m²/año. Estas variables ambientales intervienen directamente en los intercambios convectivos, radiativos y por conducción a través de los componentes opacos y traslúcidos de la envolvente. Al comparar los resultados presentando en las tablas siguientes N° 11 y N° 12 se puede observar que los intercambios globales de calor a través de componentes opacos y vidriados con la opción 50% pared y 50% vidrio simple claro en ventana, es para Maracaibo de 79.000 Kwh, mientras que para Caracas es de 28.000 Kwh, lo que representa un 64% menos. A continuación, se explica estudiando el ciclo de 24 horas de transmisión de calor a través de los componentes opacos y traslúcidos para cada ciudad. Para Caracas, se observa por los resultados, que la mayor penetración de calor al interior de los espacios, se realiza mayormente por transmisión directa a través del área vidriada (con la opción *vidrio simple claro*) con un 65% en relación a la transmisión por conducción a través de los componentes opacos y traslúcidos que representa aproximadamente el 35%. Por esta razón las decisiones de tecnología de vidrios impactarán directamente en el consumo del sistema de aire acondicionado.

REFERENCIAS

ECOTECH™ – Marsh, Dr. Andrew, University of Western Australia

Givoni, B. (1994) *Passive and Low Energy Cooling of Buildings*. John Wiley & Sons, Inc USA.

Hyde R. (2003) *Climate Responsive Design. A study of buildings in moderate and hot humidity climates*. Spon Press Taylor and Francis group. London and New York. 1era publicación 2000, reimpresa 2003.

Nedianni, G. (2000) *Orientación de Edificios rectangulares para mínima exposición solar-aplicado a 10 grados de Latitud Norte*. Publicado Conferencia Internacional sobre Confort Térmico de Edificaciones COTEDI'2000 Maracaibo-Venezuela.

Serra, R.y Coch, H. (2005) *Arquitectura y Energía Natural* . Ediciones UPC, S.L Universidad Politécnica de Catalunya Barcelona España. - Alfaomega Grupo Editor México, Febrero.

Sosa M. E., Siem G. (2004) *Manual de Diseño para Edificaciones Energéticamente Eficientes en el Trópico* IDEC-FAU-UCV - EDC -FONACIT. Caracas. ISBN: 980-00-2184-1 <http://www.arq.ucv.ve/idec/racionalidad/Paginas/manual.html>

Sosa M. E: (2008) *Desarrollo de Método Paramétrico para determinar Índices de Eficiencia Energética para Estrategias Arquitectónicas de Fachadas en Edificios con Acondicionamiento Activo. Caso estudio: Edificios oficinas en Caracas y Maracaibo*. TESIS DOCTORAL Universidad Central de Venezuela UCV Caracas.

Sosa. M. E. (2011) *Método Paramétrico para Evaluar Estrategias Arquitectónicas en Fachadas de Edificios de Oficinas en función del clima, orientación y del consumo eléctrico del sistema aire acondicionado y de iluminación. Ciudades de Estudio: Caracas y Maracaibo, Venezuela*. Memorias Trienal de Investigación FAU 2011, Ediciones FAU UCV, ISBN: 978-980-00-2654-0 <http://www.fau.ucv.ve/trienal2011/cd/documentos/as/AS-13.pdf>.