

DISEÑO DE LOS ELEMENTOS DE SOMBREADO DEL EDIFICIO DE FACHADAS DE VIDRIO MORRO DE LA MAR II, UBICADO EN LA CIUDAD DE PORLAMAR

Mariagny Velásquez

Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción,
Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Central de Venezuela
vmariagny@hotmail.com

Luis Rosales

Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción,
Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Central de Venezuela
luisrosalesucv@gmail.com

RESUMEN

Se detalla la propuesta de un sistema de control solar basado en el sombreado de las fachadas del edificio Morro de la Mar II, ubicado en la ciudad de Porlamar, estado Nueva Esparta, el cual, por su implantación y lenguaje arquitectónico (*courtain wall*), recibe grandes cantidades de radiación solar directa, teniendo como consecuencia elevados niveles de temperatura en los espacios interiores, lo que deriva en un muy alto consumo energético de climatización. Este edificio cuenta, en las orientaciones oeste y noroeste, con una hermosa vista al mar, por lo que, aparte de las premisas de confort térmico y ahorro energético, se le dé igual importancia a la de no interrumpir, en lo posible, dicha vista. Por la complejidad del edificio (fachadas en doce orientaciones, forma vertical escalonada, once tipos de apartamentos, seis tipos de componentes traslúcidos de fachada), se sistematizó la geometría de la envolvente, con miras a clarificar y agrupar los tipos de problemas y, subsiguientemente, los tipos de soluciones de sombreado. Luego se planteó la propuesta en términos geométricos, seguida de la verificación dimensional de la misma, lo que se hace usando un software especializado (*Autodesk Ecotect Analysis*). En un futuro se cuantificará y evaluará el beneficio de la propuesta en términos de confort térmico y ahorro energético, a fin de relacionar el criterio de sostenibilidad con el económico. Igualmente, se diseñará en detalle el sistema de sombreado, tomando en cuenta el desarrollo local de la tecnología (ya que por tratarse de una isla, los factores de insumo y transporte de materiales y tecnología deben ser tomados en cuenta dentro de los costos), así como criterios de funcionamiento y durabilidad, tales como liviandad, plegabilidad, mantenimiento, resistencia a los vientos y a la intemperie, corrosión y otros.

Palabras clave: control solar, sombreado, arquitectura sostenible, confort térmico.

INTRODUCCIÓN

Ignorar en los proyectos arquitectónicos la importancia de la relación entre el clima, el bienestar y la sostenibilidad, entendida esta como lo *que atiende a las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de atender a sus propias necesidades* (ONU-WCED, 1987), deriva en edificaciones con fuertes deficiencias en aspectos como el confort térmico y la racionalización del gasto energético, con tendencia a mantenerse presentes a lo largo del ciclo de vida, en razón de los costos que conlleva corregirlas una vez que ha sido construida y habitada la edificación. Un ejemplo son las fachadas de vidrio, las cuales, si bien son vistosas, cuando se las usa en el trópico siguiendo acríticamente tendencias arquitectónicas concebidas en entornos y climas distintos, el resultado son edificaciones con una elevadísima carga térmica solar, que solo puede contrarrestarse por medio de ingentes sistemas activos de climatización.

Siguiendo a Gonzalo Barluenga (2010-2011), a la envolvente se le puede definir como: a) el conjunto de paramentos de desarrollo principalmente vertical que limitan exteriormente los edificios, b) lo que cierra el edificio, define el aspecto exterior y controla la relación entre el interior y el exterior, c) las diferentes capas de material que en conjunto conforman los paramentos y d) aquello que requiere también un tratamiento-solución específicos de los puntos singulares como encuentros, huecos, etc. Puesto que la envolvente puede a su vez entenderse como el filtro a través del cual el clima intercambia con los espacios interiores según sus condiciones térmicas, el cumplimiento de los requerimientos de confort térmico y ahorro energético pasa en primera instancia por un diseño de la misma que considere estos requerimientos desde las cuatro perspectivas mencionadas por Barluenga. En ello, uno de los aspectos más importantes es la morfología de las fachadas y su relación con los ejes cardinales, ya que dependiendo de esa relación se planteará respuestas específicas a la acción de los distintos elementos del clima, como la incidencia solar, los vientos, la intemperie y, en algunos países, los cambios de estación.

190

El presente estudio se enfoca en la incidencia solar sobre las fachadas de un edificio ya construido, de nombre Morro del Mar II, ubicado en la ciudad de Porlamar, en la isla de Margarita, Venezuela, y las posibles soluciones de control solar orientadas a minimizar la carga térmica que resulta de dicha incidencia. Según Rosales (2013), “el control solar es la exclusión completa, parcial, permanente o temporal del calor solar en los cerramientos de las edificaciones y/o en los espacios interiores y exteriores circundantes”. Esto comprende, entre otras cosas, el manejo de la implantación y orientación de las fachadas, con el fin de evitar la incidencia solar desfavorable, combinada con una protección solar supeditada principalmente a la geometría de los elementos de cerramiento a proteger y la orientación de los mismos. Por la complejidad del edificio, se sistematizó la geometría de la envolvente, con miras a agrupar los tipos de problemas y, subsiguientemente, los tipos de soluciones de sombreado. Sin embargo, la decisión sobre morfología y orientación también puede estar sujeta a criterios de otra índole, por lo que las respuestas relativas al control solar pudieran plantear un compromiso. En el caso del edificio objeto de estudio, la orientación de las fachadas principales buscó aprovechar las vistas hacia el paisaje marino del noreste y oeste, orientaciones que producen un conflicto con el criterio de control solar, pues en ellas el sol se encuentra todas las tardes al frente. De ahí que se sugiera una protección solar móvil y adaptable que permita sombrear solo lo necesario y el tiempo necesario, y que pueda desplegarse completamente en la mañana y al final de la tarde, así como en días

lluviosos y nublados, cuando no se le requiera. En lo que sigue se plantea esta propuesta en términos geométricos y se la evalúa por medio de un software especializado (*Autodesk Ecotect Analysis*).

EL EDIFICIO MORRO DEL MAR II

El edificio Morro de la Mar II está ubicado en el municipio Mariño en Porlamar, estado Nueva Esparta, al final de la calle del Morro. El clima allí es tropical húmedo costero con temperaturas máximas superiores a 30 °C y medias de entre 25 °C y 28 °C, según la época del año. Hay poca pluviosidad y fuertes vientos, producto de la combinación de los vientos alisios, que llegan sin muchos obstáculos, y las brisas marinas.

El edificio se implanta sobre un terreno de, aproximadamente, 12.000 m². Es de carácter residencial privado, con 98 apartamentos que van desde los 100 m² hasta los 600 m², todos con vistas privilegiadas hacia el mar Caribe y el paisaje costero. Cuenta con áreas de entretenimiento comunes, servicios y equipamientos básicos. La vista da específicamente a la playa Valdez, en orientación noroeste franco, pero por su diseño geométrico curvo aborda varios frentes en distintas orientaciones, abarcando vistas en casi todas las direcciones francas en el eje de coordenadas (noroeste, norte, noreste, este, sureste, sur y suroeste), (figuras 1 y 2). Los extremos este y suroeste del edificio tienen una configuración aterrizada, de terrazas descubiertas con aleros sobre la fachada. Actualmente, el edificio está en etapa de habitabilidad aprobada y remodelación de acabados internos de los apartamentos. Es un edificio de lujo, con acabados exteriores nobles, vidrio, aluminio y laja natural sobre mampostería de bloques de arcilla y con una configuración estructural aporticada, vaciada in situ, de concreto armado y losas nervadas con bloques de polietileno expandido.

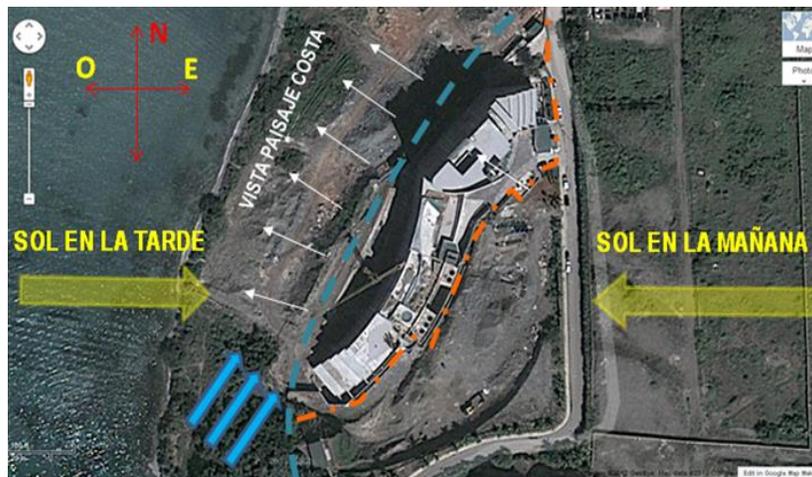


Figura 1. Implantación del edificio. Imagen de base tomada de *Google Earth*



Figura 2. Fachada vidriada de orientación noroeste con vista al mar

SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

En razón de la complejidad del edificio, es necesario, antes de plantear una propuesta integral de parasoles, sistematizar los distintos problemas que presentan las fachadas, con base en las dos variables básicas de todo problema de diseño de elementos de sombreado: la orientación del componente a sombrear y su geometría. De esta forma se sabrá, en una primera aproximación del problema, cuál es la naturaleza de las soluciones en términos geométricos formales y, en consecuencia, qué tipos de parasoles se adecuan a cada caso. La escogencia de las soluciones deberá mantener presentes los demás criterios de diseño, como son, en el presente caso, la posibilidad de mantener en la medida de lo posible la vista al mar (adaptabilidad y plegabilidad) y los criterios relativos a la construcción e implementación del sistema, como los estructurales, de durabilidad y estéticos. La propuesta detallada en términos de desarrollo tecnológico, fabricación e implementación deberá finalmente acompañarse de un proyecto de factibilidad económica.

Una vez definida la geometría formal, el procedimiento habitual apela a algún método de dimensionado de elementos de sombreado para calcular las dimensiones de los parasoles (como, por ejemplo, el método de diagramas de ventana solar o el método de los ángulos de sombreado), (Rosales, 2013), cuyos resultados pueden eventualmente comprobarse por medio de algún software de simulación de sombras, de considerarse necesario.

En la figura 3 se esquematizan las orientaciones de las fachadas del edificio. Como una de las fachadas es curva, se le discretiza en tramos a efectos de simplificar el análisis. Se considera suficiente que estos tramos sean tres, con diferencias de no más de 20°, pensando igualmente en una unificación posterior de los parasoles de toda la fachada que garantice el sombreado en toda su extensión.

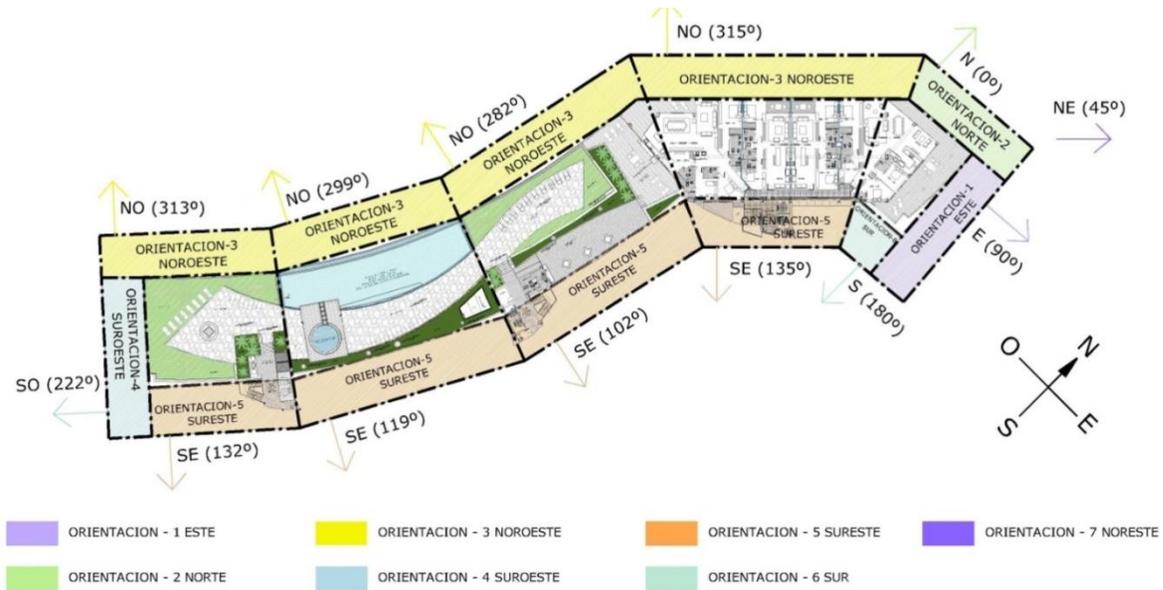


Figura 3. Orientaciones de fachadas en planta

De esta diferenciación surgen siete orientaciones nominales, algunas con distintos ángulos a lo largo de la fachada, pero siempre en un mismo cuadrante: orientación este (90°), orientación norte (0°), orientación noroeste (313°, 299°, 282°, 315°), orientación suroeste (222°), orientación sureste (132°, 119°, 102°, 135°), orientación sur (180°) y orientación noreste (45°). Teniendo estas orientaciones, se puede anticipar la incidencia solar y el sombreado en cada tramo, lo que permite plantear soluciones en cuanto a los sistemas de sombreado apropiados y sus dimensiones necesarias. Estas soluciones pudieran repetirse a lo largo de la fachada y estandarizarse a fin de manejar un solo lenguaje arquitectónico.

Así, en una primera sistematización de posibilidades, se plantea de forma genérica la geometría acoplada a los seis distintos tipos de cerramientos de vidrio del edificio según sus orientaciones. Puesto que se busca adaptabilidad y total plegabilidad en los parasoles de las fachadas noroeste con vista al mar, se proponen de entrada en esas orientaciones elementos de sombreado móviles discretizados verticalmente que puedan rotarse y plegarse y que permitan una visual en diagonal que tienda al norte, hacia aquellas zonas del cielo en las que no está el sol de la tarde (por encontrarse siempre más hacia el oeste), descartándose de esa forma otras geometrías básicas de sombreado, que en condiciones distintas hubieran podido considerarse para esa orientación (figura 4).

CUADRO RESUMEN ORIENTACIONES + TIPOS + PROTECCION SOLAR		DIMENSIONES REGULARES		PROTECCION SOLAR SISTEMAS DE SOMBRADO	
A B C D E F G	A	VENTANALES A BORDE DE LOSA NORTE + NOROESTE			
	B	CORREDIZAS PRINCIPALES EN BALCON ESTE			
	C	CORREDIZAS PRINCIPALES EN BALCON NORTE + NOROESTE + SUROESTE + SURESTE + NORESTE			
	D	CORREDIZAS LATERALES EN BALCON SUROESTE + NORESTE			
	E	VENTANAS EN HABITACIONES SURESTE + SUR			
	F	VENTANAS EN SANITARIOS - ESTE			
	G	VENTANAS EN SANITARIOS SUROESTE + SURESTE + SUR			

Figura 4. Combinación entre tipos de cerramientos, orientaciones y geometría básica de los elementos de sombreado adecuados en cada caso. Esquemas tomados de Rosales (2013).

La combinación entre tipos de cerramientos y orientaciones deriva así en dieciséis casos de estudio o dieciséis problemas distintos de sombreado de los cerramientos de vidrio con sus correspondientes opciones de sombreado básicas, las cuales se intentará escoger con el criterio de mantener el mismo lenguaje de diseño en todas las fachadas. Por razones de espacio, la presente ponencia se limitará, en lo que sigue, a la propuesta para la fachada noroeste, que es la más amplia, está completamente vidriada y tiene la vista al mar.

PROPUESTA PARA LA FACHADA NOROESTE

Según Rivero (1967), los parasoles se definen como dispositivos arquitectónicos que tienen el rol primario de controlar la energía solar incidente en un espacio interior o exterior, con el propósito de lograr un microclima adecuado a las exigencias térmicas y lumínicas que deben definirse de acuerdo con su función. De acuerdo con este autor, desde la perspectiva de la adaptabilidad, los parasoles se pueden clasificar en parasoles fijos, parasoles móviles y parasoles semimóviles. En la presente propuesta uno de los criterios importantes es que los parasoles sean capaces de adaptarse a condiciones cambiantes y a la cantidad de protección que se requiera, para así preservar el criterio de vista al mar, el cual es fundamental por la naturaleza del edificio. De ahí que se adopten parasoles móviles, definidos como aquellos que permiten la mayor posibilidad de regulación, sus partes pueden girar alrededor de sus ejes y también deslizarse hasta desaparecer

totalmente. Mediante su manejo adecuado, ese espacio puede protegerse en una proposición cualquiera comprendida entre 0% y el 100% (Rivero, 1967).

Siguiendo estos preceptos, y con base en las consideraciones expuestas en el apartado anterior, se plantean para la fachada noroeste, que es la más extensa y tiene la vista al mar, protecciones solares de celosías verticales que cubran toda altura libre, roten y puedan plegarse a un lado, complementadas con un alero horizontal en el tope, que sombree cerca del mediodía y a comienzos de la tarde, cuando el ángulo vertical de sombreado sea alto, por estar el Sol apareciéndose arriba para quien se asome desde la fachada. En la figura 5 se muestra el esquema de la propuesta. El ancho de las láminas (27 cm) resulta de dividir el ancho total del cerramiento a sombrear, pensando a la vez en un tamaño manejable. Este dimensionado no resulta, por tanto, de un cálculo específico utilizando alguno de los métodos concebidos para dimensionar con exactitud protecciones solares (como, por ejemplo, el método de diagramas de ventana solar o el método de los ángulos de sombreado), (Rosales, 2013), pues partió de la premisa de una adaptabilidad plena que permita bloquear o despejar la vista en su totalidad. En adición, la protección vertical contribuye a bloquear el albedo del mar, el cual, por la ubicación del edificio, conlleva una carga térmica importante que se suma a la insolación directa.

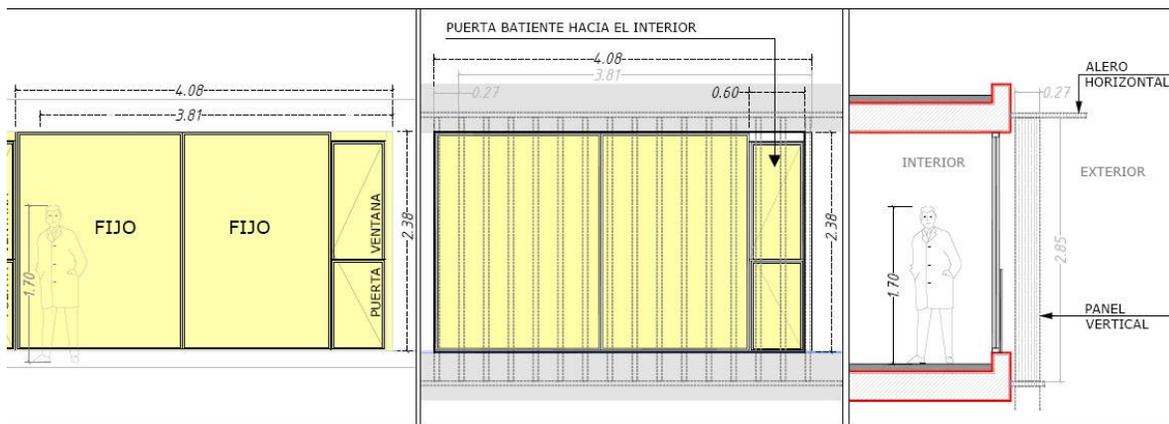


Figura 5. Ventanal a borde de losa de la fachada noroeste y propuesta de parasol de celosías verticales rotatorias y plegables

Análisis de la propuesta para la fachada noroeste

Si bien la protección que se propone abarca el rango de sombreado comprendido entre 0% y 100%, conviene examinar los niveles de sombreado para distintos ángulos de rotación de las láminas, a fin de aclarar las posibilidades de vista al mar. Ello se puede hacer manualmente o por medio de algún software especializado. En el presente caso se usará el software *Autodesk Ecotect Analysis*, que es un software de análisis de diseño arquitectónico sostenible, concebido no solo como herramienta de simulación, sino como una ayuda al diseño (software como este hay mucho y no se pretende publicitarlo en particular). Se dibujarán los *diagramas de ventana solar*, que son la proyección estereográfica, trazada desde un punto de la ventana justificadamente escogido, de

la bóveda celeste, incluyendo los objetos que interrumpen su visión (en este caso los parasoles) y el ábaco solar. Esta superposición con el ábaco permite averiguar en qué fechas y horas el punto se encuentra a la sombra o al sol (al respecto se puede consultar Rosales, 2013).

Se modela como base de comprobación un *tramo tipo* de la fachada noroeste con los parasoles incluidos (figura 6), cuya orientación se modificará según las orientaciones específicas en que varía esa fachada (ver de nuevo la figura 3).

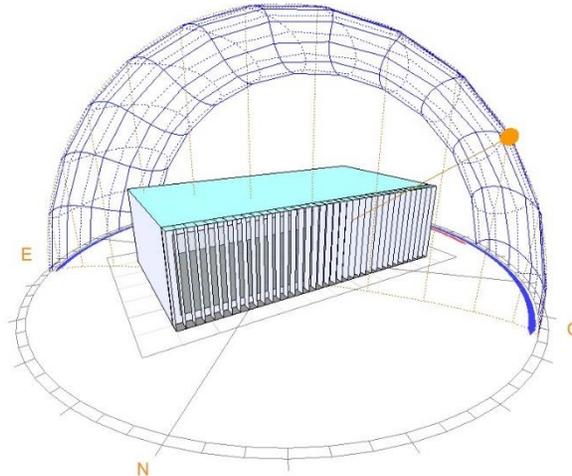


Figura 6. Tramo tipo modelado de la fachada noroeste

Se examinan tres ángulos de rotación de las láminas, partiendo de la situación en que las mismas se encuentran perpendiculares a la fachada, en máxima abertura, situación denotada con 0° , siendo los otros dos ángulos 30° y 45° . El punto desde el cual se trazó el diagrama de ventana solar es el punto *más desfavorable*, ubicado abajo, en el antepecho, detrás de la lámina que recibe la sombra de su lámina vecina a su izquierda (téngase en cuenta que las láminas de la protección solar están distanciadas del vidrio).

En la figura 7 se presentan los diagramas de ventana solar para la orientación noroeste de 313° . Se observa que para la situación de perpendicularidad de las láminas con respecto a la fachada, el parasol es suficiente para detener prácticamente siempre la incidencia solar. Existe una pequeña incidencia en junio a comienzos de la tarde, la cual pudiera corregirse aumentando el alero horizontal, algo que no se considera necesario por el poco tiempo en que esto ocurre y porque los rayos del sol llegan a esas horas con mucho declive (desde arriba). Para los ángulos de rotación de 30° y 45° , la situación es aun más favorable. Adviértase que la rotación en esa orientación debe darse en dirección de las agujas del reloj, pues en las tardes el Sol tenderá a estar a la izquierda. Dicho de otra forma, la visual debe moverse hacia el norte, en las partes del cielo donde no estará el Sol.

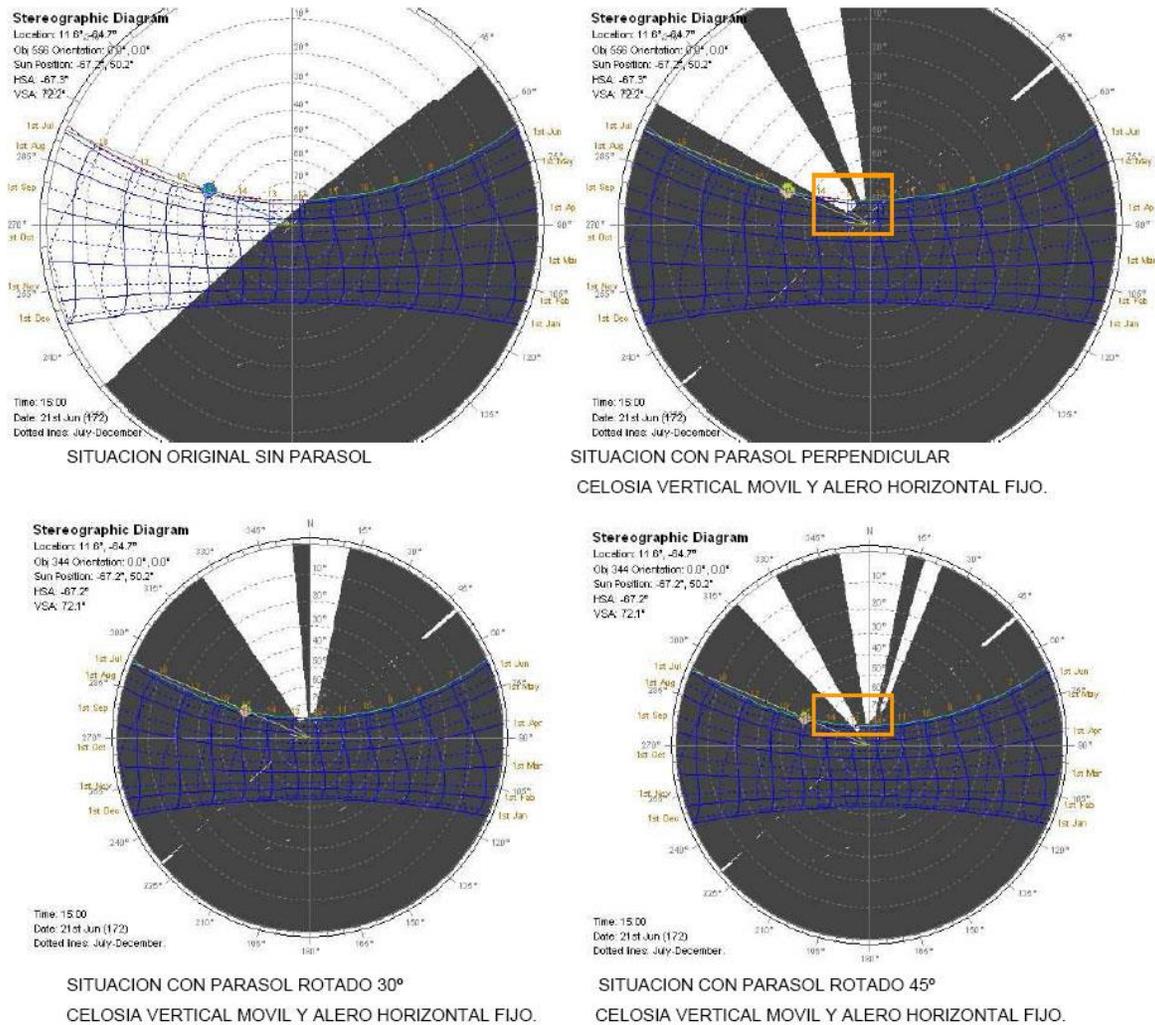
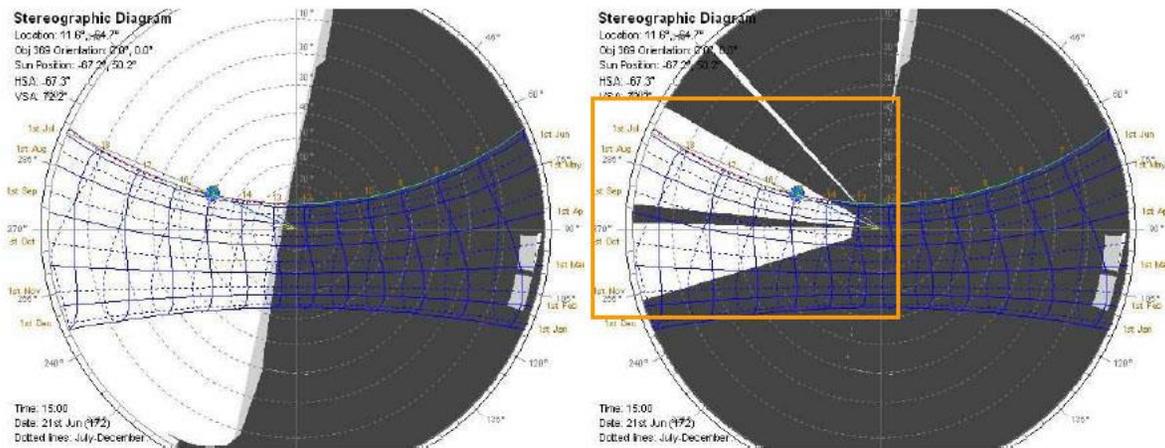


Figura 7. Diagramas de ventana solar para ventanal a borde de losa y la orientación 313°

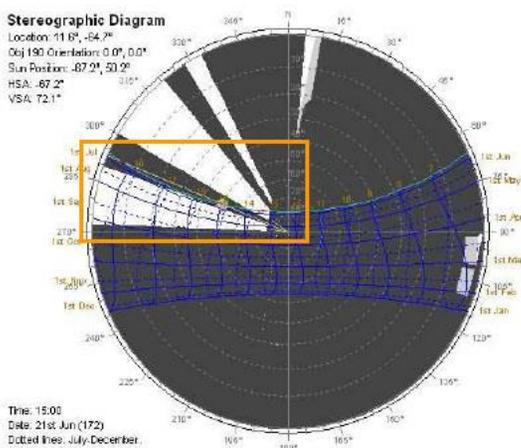
Compárese la situación de esta orientación con la orientación noroeste de 282°, que es una orientación cercana a la orientación oeste (figura 8). En ese caso es necesario rotar las láminas 45° para contar en las tardes con un buen sombreado. Estando estas abiertas y perpendiculares a la fachada o incluso rotadas 30° desde esa posición, la visual da todavía demasiado al oeste, allí donde está el Sol. Se deben rotar las láminas 45° para orientar la vista lo suficientemente al norte y de esa forma evitar el sol.

Por razones de uniformidad, toda la fachada noroeste y la fachada norte, entre las cuales hay continuidad, contarán con este parasol de celosías verticales y alero horizontal, al margen del tipo de cerramiento. Ciertamente, en la fachada norte, en los meses en que el Sol esté al sur (septiembre a marzo), el parasol no será necesario, por lo que podrá mantenerse siempre plegado. El resto del año podrá usársele, aunque en rigor se pudiera, para la fachada norte, diseñarse un parasol menos obstructor si se relativiza el criterio de uniformidad.

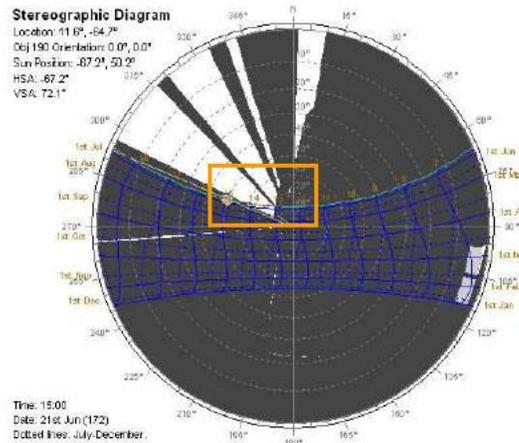


SITUACION ORIGINAL SIN PARASOL

SITUACION CON PARASOL PERPENDICULAR
CELOSIA VERTICAL MOVIL Y ALERO HORIZONTAL FIJO.



SITUACION CON PARASOL ROTADO 30°
CELOSIA VERTICAL MOVIL Y ALERO HORIZONTAL FIJO.



SITUACION CON PARASOL ROTADO 45°
CELOSIA VERTICAL MOVIL Y ALERO HORIZONTAL FIJO.

Figura 8. Diagramas de ventana solar para ventanal a borde de losa y la orientación 282°

CONCLUSIONES

El diseño de un sistema de elementos de sombreado para un edificio que fue diseñado y construido sin que se tomara en cuenta el criterio de control solar, requiere de una aproximación distinta a si se hubiera considerado el problema desde la fase conceptual del proyecto, que es cuando se deciden los atributos básicos de la edificación (volumetría, orientación, etc.), cuyo peso en la solución de los requerimientos planteados en el programa inicial es fundamental. Cuando se aborda el problema después, las variables de diseño quedan limitadas por condiciones existentes no modificables que pudieran dificultar su solución y aumentar fuertemente los costos.

El edificio Morro del Mar II, en la ciudad de Porlamar, es un ejemplo de un edificio de lujo en el que se privilegió la vista al mar por medio de una fachada amplia, franca y vidriada, desatendiendo el problema de la enorme carga térmica generada por el fuerte sol y el albedo marino que sobre ella inciden todas las tardes del año, por tratarse de una fachada orientada noroeste. De haberse tomado en cuenta los criterios de ahorro energético y confort térmico en las fases conceptuales del diseño, e incluso considerando que el terreno impone de entrada ciertas restricciones, se hubiera diseñado un edificio distinto, que sin sacrificar la vista, hubiera cumplido con estos requerimientos de sostenibilidad. Como no fue así, surgió la idea de examinar la posibilidad de acoplar elementos de sombreado que redujeran la carga de enfriamiento de la climatización artificial sin bloquear la vista.

Por la complejidad del edificio, se realizó una sistematización de los cerramientos vidriados y sus respectivas orientaciones, para luego plantear soluciones de protecciones solares acordes, teniendo como premisa para la fachada con vista al mar, la movilidad y total plegabilidad de las mismas, con el fin de despejar completamente cuando no se requiera sombrear. A fin de manejar un solo lenguaje arquitectónico en toda la fachada, se uniformizaron los parasoles en toda su extensión.

En esta ponencia solamente se mostró el procedimiento para la concepción y comprobación de la geometría básica de la propuesta. Queda por delante el trabajo de comprobar las reducciones de las cargas de enfriamiento, lo que se hará modelando el edificio en su totalidad, usando el mismo software que se utilizó para comprobar las soluciones de sombreado (*Autodesk Ecotect Analysis*). Igualmente, con miras a ofrecer un proyecto integral de desarrollo tecnológico, se hará el diseño estructural completo, lo que incluye materiales, estructura de soporte, anclajes, mecanismos para la rotación y plegabilidad, montaje, etc., tomando en cuenta los criterios de durabilidad, resistencia a la intemperie, peso, corrosión y costos globales. Esta propuesta será el trabajo de grado de la autora como alumna de la VI Especialización en Desarrollo Tecnológico de la Construcción del Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela.

199

REFERENCIAS

Barluenga, G. (2010-2011). *Curso de Construcción*. Universidad de Alcalá.

ONU-WCED (1987). Our common future (Brundtland Report). World Commission on Environment and Development. Disponible en Web: <<http://worldinbalance.net/agreements/1987-brundtland.php>>.

Rivero, R. (1967). *Parasoles I. Estudio contemporáneo de la eficacia de los parasoles fijos ante la radiación solar*. Uruguay: Servicio de Climatología Aplicada a la Arquitectura.

Rosales, L. (2013). Guía de estudio Tema 4. Asignatura: Clima y Diseño. Sector de Acondicionamiento Ambiental, FAU/UCV. Disponible en Web: <https://sites.google.com/site/climaydiseno/guias-de-estudio>