

EVALUACIÓN DE LA ENERGIA SOLAR INCIDENTE EN AVENTANAMIENTO INCLINADO SIN NECESIDAD DE ALEROS.

Alfredo Esteves alfredo.esteves@um.edu.ar

Daniel Gelardi daniel.gelardi@um.edu.ar

DICYT - Universidad de Mendoza Aristides Villanueva 773 – 5500 Mendoza Argentina

Tel: 54 261 4202017 int. 150

Gustavo Barea, Federico Sampieri, Federico Inchauspe, Jimena Gómez, gbarea@gmail.com

Inestudio Arquitectos Asociados Olascoaga 554 – 5500 Mendoza – Argentina

Tel./Fax: 54 261 4252593

Resumen. *En el aprovechamiento de energía solar pasiva en edificios, en climas templados, se requiere la utilización de aventanamientos orientados hacia el Ecuador para ganar energía solar durante los meses de invierno. Por otro lado, durante los meses de verano, se requiere la utilización de protecciones solares para evitar la radiación directa sobre dichos aventanamientos. Uno de los elementos más difundidos para efectuar dicha protección es el alero fijo que normalmente se ubica por encima de la viga de dintel. En este trabajo se presenta un sistema conformado por una ventana inclinada respecto de la vertical de modo que elimina la necesidad del alero y evita el colocar el aislamiento térmico sobre la viga de dintel, ya que la ventana puede llevarse hasta la losa de techo o el nivel de cielorraso del techo. En el balance energético se observa que la ganancia solar en la vertical es de 20% mayor que la inclinada 70°, aunque permite contar con una altura mayor en un 40% para el caso de Mendoza, Argentina. En la época estival, permite un sombreado equivalente. Además se evitan puentes térmicos y zonas de difíciles de aislar térmicamente, que ocurre en el sistema de ventana vertical con alero fijo. Se presenta la posibilidad de incorporarla como elemento de ganancia solar pasiva en edificios en altura y permitir una mayor producción de electricidad por incorporación de paneles fotovoltaicos en los antepechos.*

Palabras clave: *sistemas solares pasivos de calefacción, ganancia directa, fachadas edificios en altura*

1. INTRODUCCION

En climas templados los sistemas pasivos de calefacción deben ir acompañados de protecciones apropiadas cuyo diseño depende de las temperaturas reinantes en el lugar. Cuando la temperatura exterior se encuentra dentro del rango de confort, el edificio puede abrirse y circular aire libremente. Cuando es menor, la envolvente debe producir conservación de energía. Cuando es mayor, el edificio no sólo debe ser conservativo, debe también protegerse apropiadamente de los rayos solares. En este caso, el diseño del alero fijo está dado por la magnitud de las temperaturas en los meses intermedios y estivales. La Tab. 1 muestra los valores de temperatura horaria para el clima de Mendoza, Argentina y las que poseen celda grisada son las horas que debe sombreadarse la fachada norte, es decir, cuando la temperatura es mayor de 27°C (temperatura máxima de confort para 1 cló¹ y 1 met²).

La Tab. 1 muestra las temperaturas para Mendoza, Argentina. Los valores se han calculado teniendo en cuenta la temperatura horaria para los distintos meses. Los valores indicados por TMAM, son los correspondientes a la temperatura máxima media del mes; TMIM – temperatura mínima media del mes; A.T. – amplitud térmica del mes en cuestión.

Como se puede observar, durante los meses de invierno se hace necesario contar con el asoleamiento pleno de las ventanas y puertas-ventanas que miran hacia el ecuador para que la radiación solar ingrese al interior de los locales. Existe una época intermedia, constituida por los meses de marzo, abril, setiembre y octubre en los cuales, el clima es neutro, es decir, hay temperaturas bajas, pero con muy poca ganancia se pueden obtener condiciones interiores de confort. También existen en estos meses horas, en las cuales, se hace necesario contar con sombra – sombra temporal. Los meses de la época cálida: noviembre, diciembre, enero y febrero, las temperaturas reinantes hace necesario el uso de sombra sobre las ventanas – sombra permanente. Las horas en las cuales se requiere sombra, aparecen grisadas en la Tab. 1.

¹ Cló: unidad de resistencia térmica del nivel de vestimenta, 1 cló es igual a 0.155 m².°C/W.

² Met: calor emitido por el cuerpo cuando se encuentra sentado, 1 met es igual a 58.2 W/m² de superficie exterior del cuerpo humano.

Tabla 1: valores de temperatura máxima media mensual - TMAM, temperatura mínima media mensual – TMIM, amplitud térmica diaria – A.T. y promedio mensual de temperaturas horarias.

TMAM	30.1	28.9	26	21.9	18.2	14.6	14.7	17.3	19.9	23.2	26.8	29.2
TMIM	18.4	17.3	15	10.9	7.3	3.8	3.4	5	7.7	11.1	14.8	17.3
A.T.	11.7	11.6	11	11	10.9	10.8	11.3	12.3	12.2	12.1	12	11.9

Temperaturas horarias

Horas	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
0	21.0	19.9	17.4	13.3	9.7	6.2	5.9	7.7	10.4	13.8	17.5	19.9
2	20.0	18.9	16.5	12.4	8.8	5.3	5.0	6.7	9.4	12.8	16.5	19.0
4	19.1	17.9	15.6	11.5	7.9	4.4	4.0	5.7	8.4	11.8	15.5	18.0
6	18.4	17.3	15.0	10.9	7.3	3.8	3.4	5.0	7.7	11.1	14.8	17.3
8	19.7	18.6	16.2	12.1	8.5	5.0	4.6	6.4	9.0	12.4	16.1	18.6
10	25.2	24.1	21.4	17.3	13.7	10.1	10.0	12.2	14.8	18.2	21.8	24.2
12	28.5	27.3	24.5	20.4	16.7	13.1	13.1	15.6	18.2	21.5	25.1	27.5
14	30.1	28.9	26.0	21.9	18.2	14.6	14.7	17.3	19.9	23.2	26.8	29.2
16	29.1	27.9	25.1	21.0	17.3	13.7	13.8	16.3	18.9	22.2	25.8	28.2
18	26.5	25.4	22.6	18.5	14.9	11.3	11.2	13.5	16.2	19.5	23.1	25.6
20	23.6	22.5	19.9	15.8	12.1	8.6	8.4	10.5	13.1	16.5	20.1	22.6
22	22.0	20.9	18.4	14.3	10.7	7.1	6.9	8.8	11.5	14.8	18.5	21.0

La Fig. 1 muestra la trayectoria solar y se colorea de rojo en las horas en las cuales se necesita sombra permanente (cuando los dos meses simétricos en trayectoria solar requieren sombreado) y de naranja, cuando se indica sombra temporal, es decir cuando un solo mes de los dos simétricos en trayectoria necesita sombra, el otro tiene temperaturas para las cuales será necesario aportar calor o se mantienen neutrales. En estos últimos meses se deberá contar con postigones, ventanas, cortinas, etc.

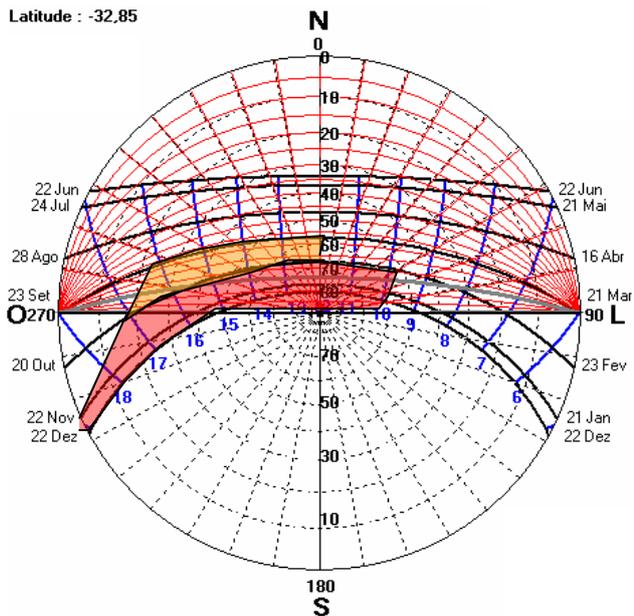


Figura 1: Alero (sombra permanente) y sombra temporal; b) carta solar con necesidad de sombra (permanente y temporal)

Como se puede apreciar la sombra permanente resulta necesaria desde el 20/10 hasta el 23/02, mientras que la sombra temporal será necesaria hasta el 21/03 prácticamente todo el día y algunas horas en abril y octubre. Para este último caso, puede pensarse en la incorporación de elementos como persianas, postigones, o cortinas de blackout, o de tela gruesas.

2. VENTANA VERTICAL CON ALERO HORIZONTAL

En el caso de las sombras fija o permanente podemos efectivizarla con un alero fijo (la mayoría de las veces como continuidad del techo). En el caso de la Fig. 1 era necesario un alero que cubra 70° , por lo tanto, deberá tener un ancho de 0.48 m para cada m de altura de ventana (Fig. 2), atendiendo a la ecuación 1:

$$x = h \cdot \text{tg}(\alpha) \tag{1}$$

donde:

x: ancho del alero [m]

h: altura de ventana [m]

α : ángulo de altitud solar para el momento de necesidad de sombra permanente [$^\circ$]

El caso de Mendoza, Argentina, la Fig. 2 muestra una ventana que mira hacia el Ecuador, ubicada en posición vertical con alero fijo horizontal. Su dimensión depende de las temperaturas reinantes en el lugar. En el caso de Mendoza, cuando el sol se encuentra con un ángulo de 70° de altitud en el medio día solar, no ingresará radiación solar directa a los espacios y si radiación solar difusa a efectos de proveer iluminación natural.

Para el caso de Mendoza, Argentina, el valor x resulta en 0.48 m cuando se quiere sombrear una ventana de 1 m de altura y además posee un dintel de 0.323 m.

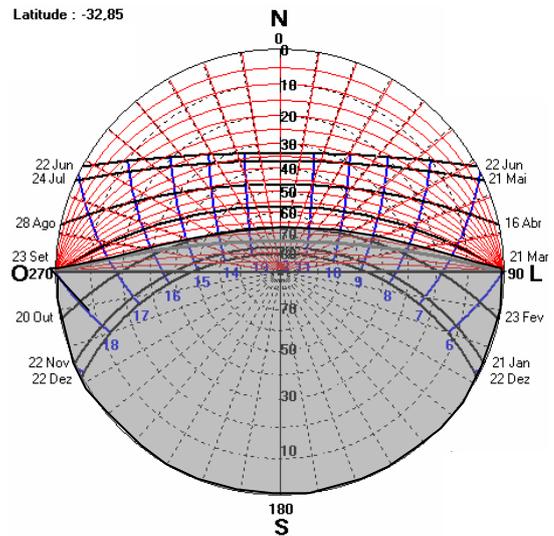
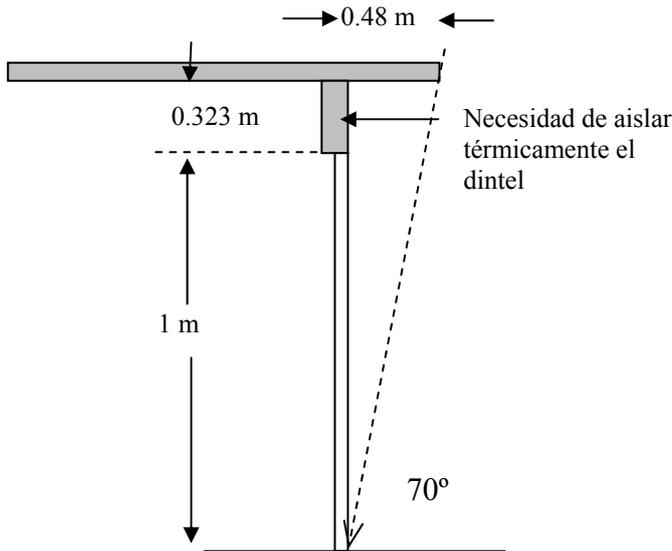


Figura 2: ventana con alero horizontal típica de edificios solares con ganancia directa.

El diseño de alero, también en la mayoría de los casos, requiere para cumplir con estrategias de conservación de energía, colocar aislamiento térmico en el dintel, lo cual, muchas veces complicado y tenemos fácilmente presencia de puentes térmicos (BRE Report, 1994).

El diseño limita la altura de la ventana solamente hasta la altura del dintel.

3. SISTEMA DE VENTANA INCLINADA AUTOSOMBREADA SIN ALERO HORIZONTAL

El diseño que se propone aquí, utiliza exactamente el mismo principio de sombra permanente, sólo que es la ventana que se autosombrea, es decir, una ventana inclinada 70° , de modo que, cuando el sol se encuentre con una altitud mayor la radiación solar directa no ingresará al espacio, cumpliéndose el objetivo de plena sombra desde el

06/11 al 05/02. Con la ventaja de evitar la viga expuesta con la complicación de colocar la aislación térmica sobre la misma.

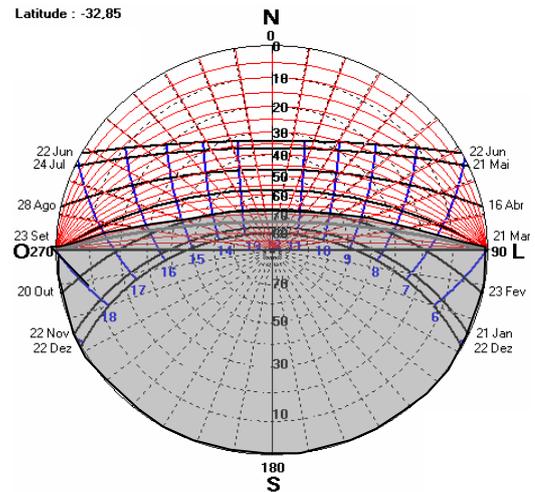
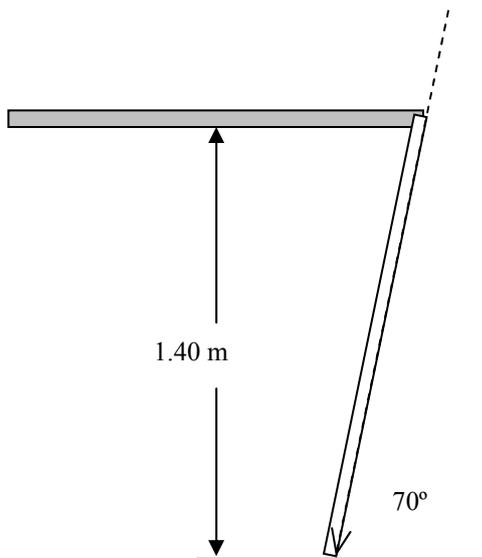


Figura 3: ventana inclinada propuesta para eliminar el alero fijo.

El diseño permite que la ventana ocupe toda la altura hasta la losa, tomando en cuenta una mayor superficie de ventana colectora, en este caso representada por la Fig. 3.

En el trabajo se hace un estudio exhaustivo de la radiación solar recibida, ya que como se puede observar, cambia la inclinación de los rayos que inciden sobre la ventana inclinada. Se muestran los resultados para una aplicación típica como es un edificio de oficinas.

4. EVALUACIÓN ENERGÉTICA

La evaluación energética se ha realizado tomando en cuenta la distribución de radiación solar (directa y difusa) a partir de la metodología indicada por Duffie et al, (1992), en la cual se separa la radiación global diaria registrada en radiación directa y difusa. Posteriormente se divide la directa y difusa diarias en valores horarios, se calcula la componente directa, difusa y reflejada para cada inclinación y luego se calcula los valores de radiación solar sobre los planos inclinados 90° y 70°. La ec. 2 indica el valor de radiación solar horaria sobre plano inclinado

$$I_T = R_b I_b + I_d (1 + \cos \beta) / 2 + (I_b + I_d) \rho (1 - \cos \beta) / 2 \quad (2)$$

Donde:

I_T = radiación solar horaria sobre plano inclinado [KJ/m2.hr]

R_b = relación entre la radiación directa en un plano con inclinación i y la rad. Directa sobre el plano horizontal – usualmente $R_b = \cos i / \cos z$.

I_b = radiación solar directa sobre el plano horizontal [KJ/m2.hr]

I_d = radiación solar difusa sobre el plano horizontal [KJ/m2.hr]

β = ángulo de inclinación sobre la horizontal [°]

ρ = albedo de la superficie [adimensional].

Para la evaluación se ha considerado los datos de la Estación Meteorológica de Mendoza (Aeropuerto).

La Fig. 4 indica los valores de radiación solar global diaria sobre superficie inclinada 90° y 70° y la horizontal como referencia, para los meses correspondientes a la segunda mitad del año. Es de destacar que la primera parte del año será simétrico a la indicada aquí. Como se puede observar, en los meses de invierno, la superficie inclinada 90° es la que más radiación incidente recibe. La ventana inclinada 70°, recibe una cantidad menor de radiación solar dado que la radiación solar directa incide con un ángulo mayor y se generan mayores reflexiones desde esta superficie que hacen perder esa radiación cuando se quiere absorber esa radiación solar. Los valores son indicativos de un 20% menos en los meses de invierno y 0% en los meses de verano, en el caso de la inclinada 70° respecto de la inclinada 90°.

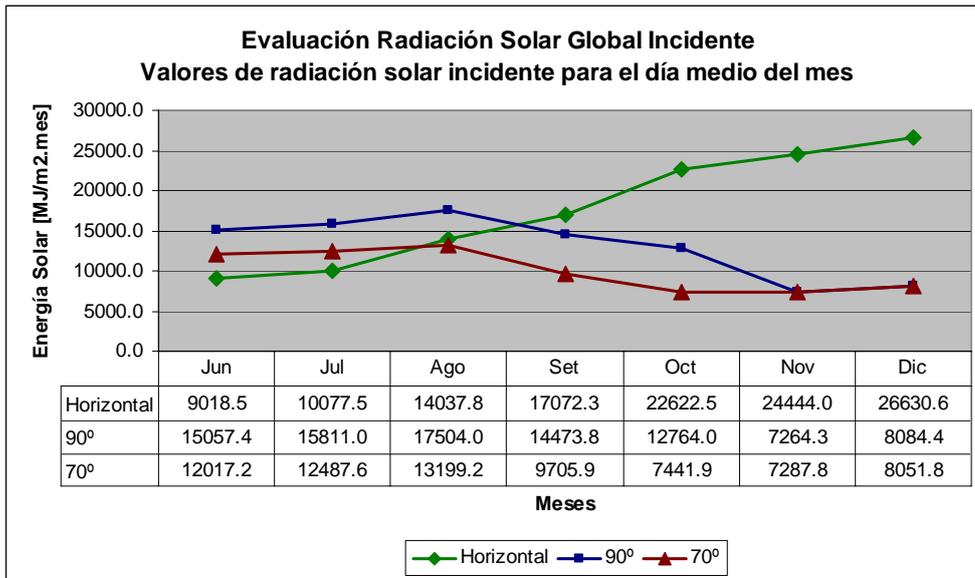


Figura 4: radiación solar global incidente diariamente en los distintos meses de la segunda parte del año.

Como se puede observar, la radiación global sobre superficie horizontal, resulta menor que las dos inclinadas durante los meses de invierno. Durante los meses de verano, y la época intermedia, es decir, desde Setiembre a Diciembre, tiene ganancias francamente superior – por ejemplo para diciembre es del orden del 329% más - respecto de los valores para las ventanas inclinadas.

En los meses de verano, es decir, Noviembre, Diciembre, Enero, tanto las ventanas inclinadas 90° como 110° tienen valores totalmente equivalentes. En efecto, en estos meses, la radiación solar directa está totalmente sombreada, lo que significa que solamente tenemos componente difusa y componente reflejada como aporte hacia la ventana. En este caso, a pesar de ganar cantidades totales equivalentes, ambas ventanas inclinadas, cuando analizamos los valores obtenidos por cada uno de los aportes separados se observa algo interesante.

La Fig. 4 muestra los valores de ganancia solar de radiación difusa y reflejada para el 21 de Diciembre. Los valores de radiación directa son nulos al estar la ventana totalmente sombreada. Para la ventana inclinada 90° tiene valores de radiación reflejada menores y radiación difusa mayores que la ventana inclinada 110°. Esto es lógico si pensamos que la ventana inclinada 90° “ve” más fracción de la bóveda celeste, por lo tanto, la ganancia de difusa se incrementa. Mientras que la inclinada 110°, recibe la radiación reflejada con un ángulo de reflexión más perpendicular al plano de la cubierta vidriada, por lo tanto, esta porción de radiación resulta mayor en este caso.

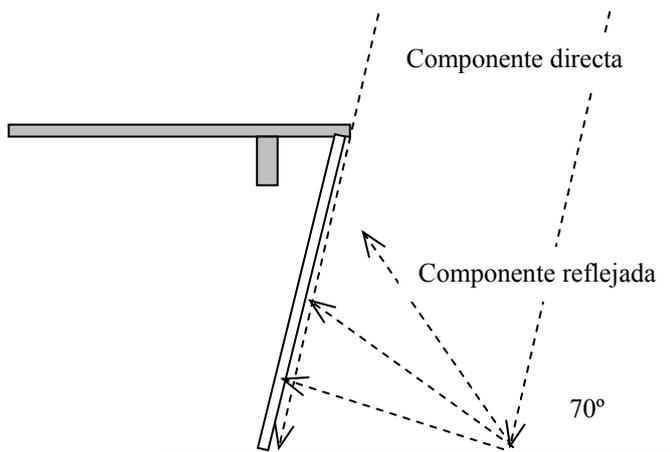


Figura 5: la incidencia de la Radiación Directa resulta nula y dirección de la reflejada sobre la superficie colectora.

De cualquier manera los valores finales son prácticamente iguales lo que implica que a los efectos de la iluminación natural tendrían exactamente el mismo resultado.

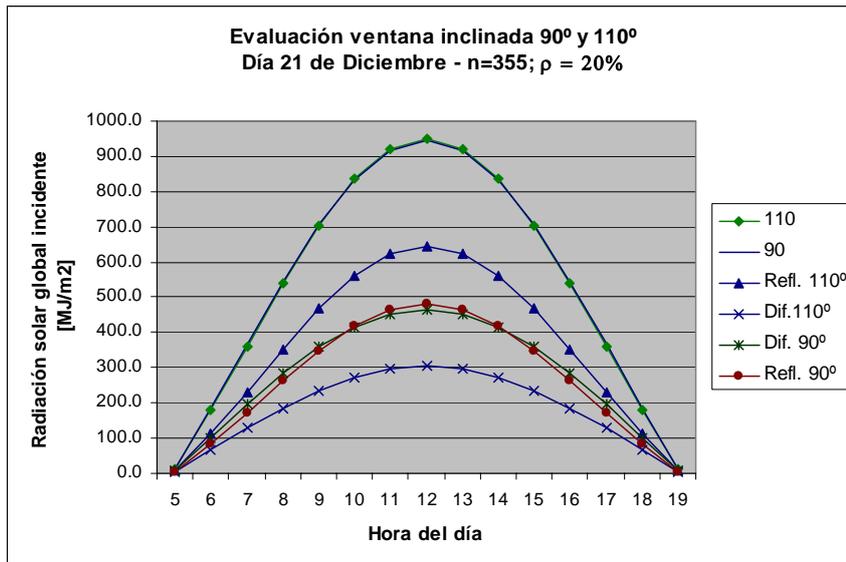


Figura 6: distribución de la radiación solar difusa y reflejada para la ventana inclinada 90° y 110° para cada hora del día (21 de Diciembre – n=355).

5. CASO DE APLICACIÓN – INCORPORACIÓN A UN EDIFICIO

En el aprovechamiento de la energía solar incidente sobre un edificio, especialmente aquellos en altura, incorporar elementos de sombreado, suele ser una situación no muy usual, tomando en cuenta la arquitectura corporativa (Herzog 1996). En este caso, si incorporamos las ventanas inclinadas 70°, se podría aprovechar los antepechos para colocar colectores fotovoltaicos. Tal como lo indica la Fig. 7. Como se puede observar, si bien, la ganancia energética de la ventana es menor, la incorporación de sistemas fotovoltaicos se ve mejorada durante todo el año. Por lo tanto, esto representa una solución para aquellos lugares donde se requiera sombreado estacional y no sea necesario una calefacción tan importante, como podría ser la zona del Centro y NorEste de Argentina.

Podría a la vez, tomando en cuenta la mayor altura de la ventana incorporar un estante de luz natural que permitiría redistribuir la luz natural dentro del espacio (Fig. 7).

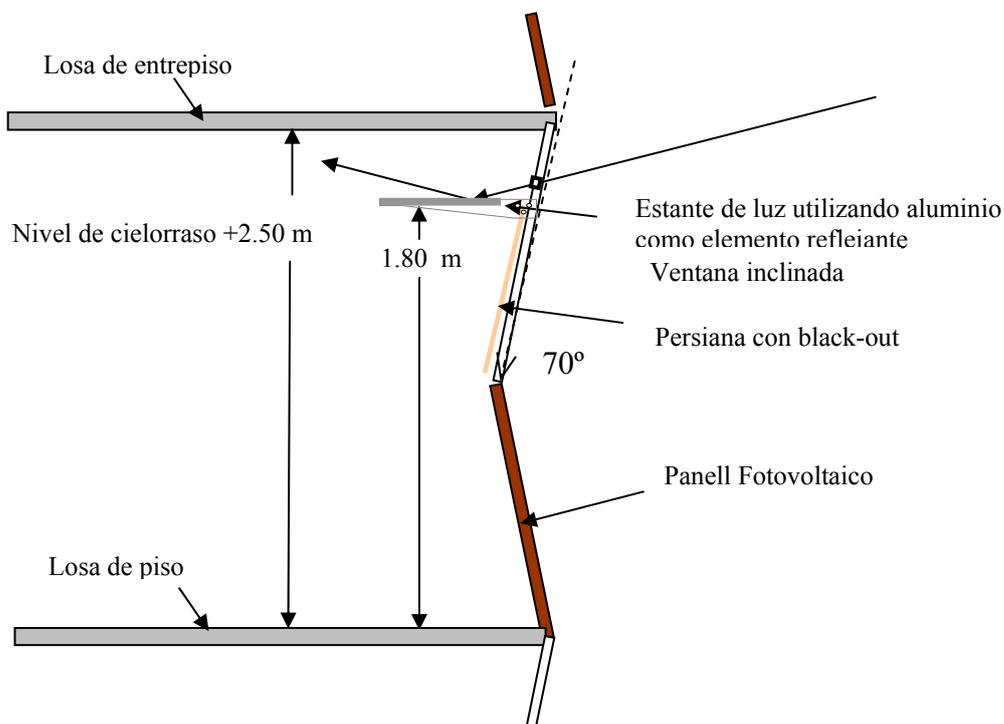


Figura 7: aplicación de ventanas autosombreadas para edificios en altura

6. CONCLUSIONES

La arquitectura sustentable busca producir envolventes energéticamente eficientes. En climas templados los sistemas pasivos de acondicionamiento deben producir diseños amigables con el medio ambiente. Se presenta una ventana que posee autosombreado, evitando el alero con sus problemas consecuentes, puentes térmicos, aislaciones térmicas dificultosas, etc. Se compara la utilización de ventanas inclinadas 70° desde la horizontal y se evalúan los resultados energéticos que se consiguen al compararla con la ventana vertical y la horizontal. La ganancia de la ventana inclinada resulta un 20% menor de radiación solar incidente respecto de la ventana vertical en los meses de invierno. Sin embargo, durante el verano, resultan con valores prácticamente iguales.

Este diseño puede ser aprovechado para generar fachadas orientadas hacia el Ecuador de edificios en altura, en climas que no requieren tanta calefacción e incorporar en los antepechos, sistemas fotovoltaicos para producción de energía eléctrica o sistemas colectores para producir aire caliente que podría inyectarse en el interior para disponer de calefacción en los ambientes orientados hacia el Sur.

REFERENCIAS

- BRE Report. 1994. Best Practice Programme. Minimising Thermal Bridging in new Dwelling. Good Practice Guide 174, pag. 85. Department of the Environment. U.K.
- Duffie J. and Beckman W. 1991. Solar Engineering of Thermal Process. J.Wiley & Sons, NY.
- Herzog T. 1996. Solar Energy in Architecture and Urban Planning. Ed. Prestel. Munich.

INCIDENT SOLAR ENERGY EVALUATION OF AUTO-SHADED WINDOWS WITHOUT OVERHANG

Abstract: *In the solar energy use in buildings, in temperate climate, it is necessary solar windows oriented towards the Equator, in order to gain energy in winter time. During summer time, it is necessary to shade this windows in order to avoid beam solar energy into the building. The spreading element to protect windows are the fixed horizontal overhand. In this work is proposed an alternative windows that is auto-shaded and avoid the construction of overhand. It is presented the energetic balance of different windows for the case of Mendoza city, Argentine. It is possible to observe that this alternative windows are 20% lower than vertical windows in the winter months. In summer time, energy gained by two windows are similar. It is presented the case of incorporate windows in elevated buildings.*

Keywords: *heating passive solar system, direct gain, building facade.*