

# RADIACION SOLAR Y CONTROL EDILICIO

Gabriela A. Casabianca y John Martin Evans  
Centro de Investigación Hábitat y Energía, SICyT - FADU - UBA  
Pabellón 3, Piso 4, Ciudad Universitaria (1428) Capital Federal  
CC 1765, Correo Central, (1000) Capital Federal.  
Tel: (01) 781-5020 al 29 int 458. Fax: (01) 782-8871

## RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo estudiar la relación entre ganancia de radiación solar y la aplicación de medios de control del crecimiento edilicio en latitudes mayores de 38' Sur. Para ello se utilizó el concepto de la envolvente solar, verificándose las posibilidades de aplicación según el criterio de obtener valores específicos de radiación solar.

Se presenta aquí una síntesis del estudio, que comprende las siguientes etapas: análisis y evaluación de antecedentes; análisis de las condiciones de oferta y demanda de energía solar en latitudes mayores de 38' Sur y de las posibilidades de aplicación de la envolvente solar determinada según el criterio de asegurar determinada cantidad de radiación solar; comparación entre envolventes determinadas en función de las horas de asoleamiento y en función de la radiación solar efectiva recibida, y los resultados obtenidos y su relación con los medios de control edilicio utilizados convencionalmente en los códigos de planeamiento urbano (FOS, FOT, alturas máximas y densidad).

## INTRODUCCION

Para proteger el acceso al sol es indispensable regular el crecimiento edilicio y controlar las sombras proyectadas por obstáculos a través de la aplicación de mecanismos de control del desarrollo edilicio. Este estudio analiza las posibilidades de implementar una envolvente solar (1) que asegure la recepción de una determinada cantidad de radiación solar: horas de sol y cantidad de energía.

La región analizada se circunscribió a la zona del país ubicada al sur del paralelo de 38° lat. S, ya que es fundamental la ganancia de radiación solar y la protección del asoleamiento debido a los problemas de disminución de la oferta solar y el fuerte incremento de la demanda de energía que se mantiene durante prácticamente todo el año, especialmente en invierno. La propuesta de la investigación se centraliza en el problema de compatibilizar horas de sol con valores cuantitativos de radiación solar recibida, y enfoca la implementación del control edilicio considerando este problema.

## OBJETIVOS

Los objetivos de la investigación (2) son:

- Verificar la factibilidad de aplicación de una envolvente solar determinada en función de las necesidades y posibilidades de obtener determinados niveles de radiación solar en un sitio específico.
- Analizar comparativamente los resultados de la aplicación de las envolventes según los criterios de asegurar horas de sol y de proteger valores específicos de radiación solar.
- Desarrollar una normativa sobre asoleamiento que incorpore los resultados de los estudios realizados (3).

## DESARROLLO DEL ESTUDIO

La primera etapa de la investigación comprendió el análisis y la evaluación de los antecedentes del tema y los resultados de investigaciones previas. El siguiente paso fue el estudio de los aspectos climáticos relacionados con el aprovechamiento solar, considerando como referencia el análisis de datos climáticos y solarimétricos de las localidades de la región. Se analizaron los aspectos relacionados con la oferta y demanda de energía solar, ya que el estudio de las condiciones reales de disponibilidad de radiación permite evaluar las orientaciones más convenientes, la ganancia de energía obtenida y relacionarla con la demanda a satisfacer.

En el gráfico de la figura 1 se muestran las condiciones características del clima en las localidades analizadas, durante la época más desfavorable considerando la relación oferta - demanda de energía solar.

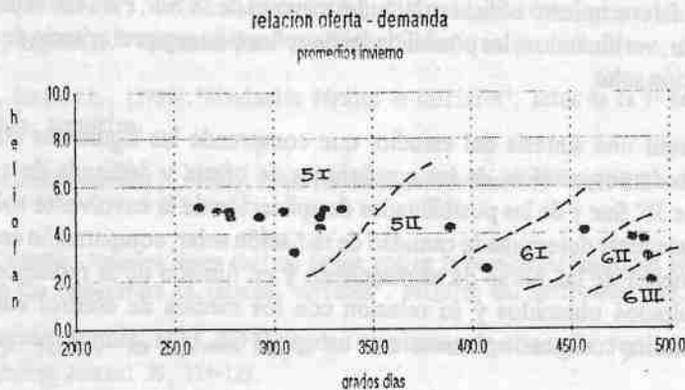


Fig. 1 Relación oferta - demanda

En la mayoría de las localidades estudiadas, la demanda es alta y la heliofanía efectiva es media a baja (5 hs de sol como máximo). En las localidades del norte de la Patagonia la demanda promedio es de alrededor de 300 a 350 GD y la heliofanía promedio es de 4 a 6 hs de sol (buen asoleamiento).

A medida que aumenta la latitud, aumenta también la demanda de energía y disminuye el asoleamiento, hasta que en Ushuaia, el caso más desfavorable, la demanda de energía es muy alta y el asoleamiento resulta prácticamente insuficiente. Sin embargo, en todos los casos, la ganancia de radiación solar contribuye a mejorar las condiciones de confort, tanto en los edificios como en espacios exteriores protegidos del viento.

Como resultado del análisis se determinaron subregiones utilizadas como base para definir las condiciones de aplicación de la envolvente, que dependen de las características de la disponibilidad y de la demanda de radiación solar. En algunos casos no es posible definir con precisión los límites de las zonas debido a la falta de datos, como es el caso de las zonas centrales de Chubut y Santa Cruz, de manera que los límites establecidos tienen cierto margen de tolerancia.

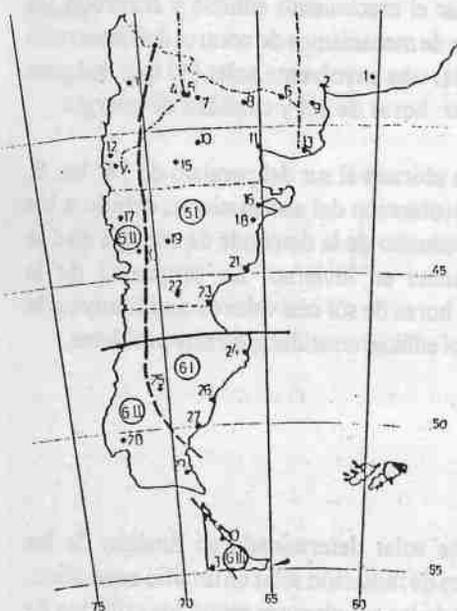


Fig. 2: Subregiones

Además se realizó un estudio complementario evaluando la energía solar recibida sobre superficies verticales a través de un vidrio, según mes y orientación, en distintas zonas del país. Los datos de la cantidad de energía recibida se tomaron como referencia para la evaluación de orientaciones y serán, además, utilizados para realizar el cálculo de ganancias totales de energía para realizar el balance energético de viviendas con el objeto de analizar las ventajas de la ganancia solar en relación con el consumo de energía convencional necesario para mantener las condiciones de confort en el interior de los locales habitables.

La etapa siguiente es la aplicación de la envolvente solar como mecanismo de control edilicio. Las variables consideradas son:

- acceso al sol: se relaciona con las condiciones de oferta y demanda de energía solar y se definió en función de la energía promedio recibida durante el período con demanda superior a 200 GD.
- orientaciones alternativas: en latitudes comprendidas entre  $38^\circ$  y  $47^\circ$  Sur las orientaciones más convenientes para el aprovechamiento solar varían entre N  $10^\circ/15^\circ$  E hasta N  $10^\circ$  O, pasando por el norte. La orientación óptima para sistemas solares y en latitudes mayores de  $47^\circ$  S oscila entre N  $10^\circ$  E/O, pasando por el norte.
- fecha de verificación: hasta el paralelo de  $47^\circ$  S se realizó la verificación en el solsticio de invierno; en la región ubicada al sur de este paralelo, la fecha de verificación se cambió al 14 de agosto (3) debido a la reducción de la ganancia de radiación en junio, que implica condiciones muy restrictivas para la aplicación de controles edilicios.
- otras variables son: criterios de acceso al sol según tipologías de ocupación de las parcelas, ubicación y altura del plano de referencia, condiciones urbanas de referencia (calles y manzanas), etc.

Se consideró como predominante la situación invernal, ya que es la época del año con mayor demanda de energía. Si la radiación recibida y los indicadores urbanos resultantes de la aplicación de la envolvente son aceptables, quedarán asegurados buenos niveles de asoleamiento durante el resto del año. En la mayoría de los casos analizados no hay una variación significativa en la radiación recibida durante los meses de mayo, junio y julio, aumentando ligeramente los valores en el mes de agosto.

Las orientaciones mayores de  $50^\circ$  hacia Este y Oeste no son aconsejables debido a la escasa ganancia de radiación solar en invierno. El espacio aéreo solar necesario para obtener esa ganancia es significativamente mayor que el otras orientaciones, ya que no deben existir obstáculos en el entorno para obtener una ganancia mínima de radiación.

La inclinación de los planos límite de las envolventes es semejante en casi todas las latitudes analizadas para una misma orientación, considerando igual porcentaje de radiación recibida con respecto al total. Los valores efectivos de radiación decrecen significativamente a medida que aumenta la latitud, acentuándose esta disminución a partir de los  $47^\circ$  Sur.

Con respecto a los indicadores urbanísticos resultantes, los valores de FOT y densidad disminuyen sensiblemente al considerar la posibilidad de recibir la mayor proporción de radiación directa (75 % del total - Norte, sin obstáculos = 100 %), y resultan más parejos en los casos en que se protege el 50 % y el 25 % del total de radiación incidente, en orientaciones favorables (N a NE / NO). En los casos correspondientes a orientaciones E / O sólo es posible recibir el 25 % del total diario en invierno desde un espacio sin obstrucciones; en consecuencia, a estos casos corresponden los valores mínimos de FOT y densidad.

Los valores mínimos de FOT y densidad, correspondientes a planos límite de  $5^\circ$ , se mantienen constantes en toda la región estudiada. Los máximos varían en función de la latitud, decreciendo a medida que ésta aumenta.

Tabla 1. Valores de densidad (habitantes/hectárea) según latitud y orientación

Latitud	Edificación con 1 retiro lateral			Edificación entre medianeras		
	N	NE	E	N	NE	E
40.45	229-560	137-560	137-424	262-985	157-985	157-581
41.09	318-569	137-560	137-443	401-1143	157-985	157-580
45.47	318-560	137-560	137-247	401-985	157-985	157-283
48.47	229-544	137-520	137-247	262-884	157-780	157-283
51.35	229-520	137-520	137-247	262-780	157-780	157-283
54.48	137-443	137-443	137-247	157-580	157-580	157-283

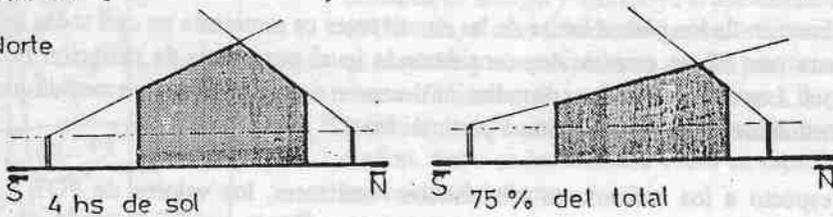
Los mayores valores de FOT corresponden a los casos de edificación entre medianeras y envolventes con el origen del plano límite en el eje de la calle o en la línea municipal de la acera opuesta. En todos los casos, los resultados obtenidos indican que este control edilicio puede ser utilizado en zonas residenciales de densidad media y baja, excepto en los casos de orientaciones óptimas y reduciendo el porcentaje de energía recibida, en cuyo caso los valores obtenidos son mayores.

Luego de realizar la etapa de aplicación de la envolvente según la cantidad de radiación efectiva a recibir, y una vez que se han obtenido los correspondientes indicadores urbanísticos como resultado, se compararon las envolventes y resultados con los resultados obtenidos en la investigación precedente (1), que consideró la aplicación de envolventes determinadas en función de las horas de asoleamiento recibidas, sin tener en cuenta la cantidad efectiva de radiación que llega al sitio estudiado. En primer lugar, se compararon las características geométricas de ambas envolventes y, posteriormente, los indicadores resultantes.

En el estudio precedente la fecha de verificación de asoleamiento elegida, correspondiente a un determinado día durante el invierno, varió según latitud y condiciones climáticas, entre el 22/6 (solsticio invernal), el 15/7 ó el 30/7. Para realizar este estudio se tomó en cuenta la totalidad del período invernal, considerándose para la verificación el período mayo - agosto.

Lat. 40° S

Norte



NE

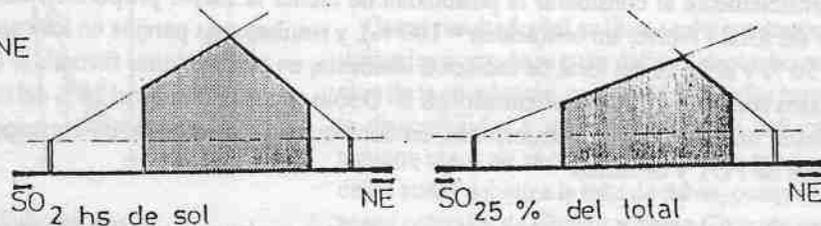


Figura 3. Comparación entre envolventes determinadas según horas de asoleamiento y según cantidad de energía recibida.

La inclinación de los planos límite de las envolventes, es mucho menor cuando está definida en función de la energía efectiva recibida, sobre todo a medida que las orientaciones se alejan con respecto al Norte. En el caso de la orientación Norte, coinciden los ángulos para asegurar 2 hs de sol y el 25 % de la radiación recibida. Esto significa que en 2 hs se recibe aproximadamente el 25 % del total de radiación solar factible de recibir en esa orientación, mientras que en el caso de la orientación Noreste, durante esas 2 horas de sol (ang. = 30°) no se llega a recibir el 25 % del total (ang. = 20°).

Se verificó que los volúmenes de las envolventes determinados según los dos criterios estudiados coinciden en los casos correspondientes al menor período de asoleamiento y menor proporción de radiación recibida sólo en la orientación Norte. En la misma orientación, difieren al aumentar el período de asoleamiento o la cantidad de energía a recibir. Al variar la orientación hacia Este u Oeste las envolventes determinadas según el criterio de asegurar la proporción de energía a recibir resultan considerablemente menores que las definidas según los periodos de asoleamiento.

En general, se considera que las orientaciones más convenientes para el aprovechamiento solar varían entre N 15°/20° E hasta N 15° O, pasando por el Norte. En estos casos se obtiene la mayor ganancia de radiación con los espacios aéreos solares menores, es decir, menos restrictivos para el espacio edificable de la parcela.

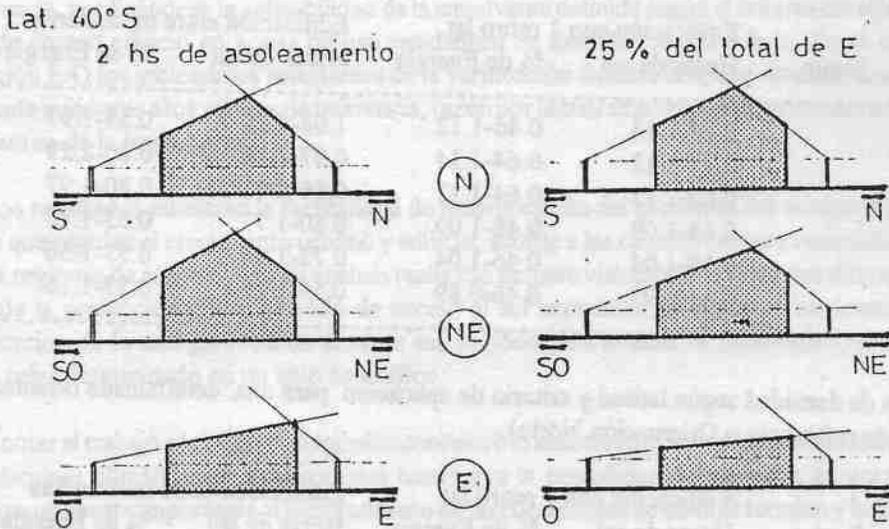


Fig. 4: Variación de las envolventes resultantes según criterios de asoleamiento y orientación.

En síntesis, con respecto a la aplicación de las envolventes definidas según uno u otro criterio, resulta más restrictivo el criterio de asegurar una cierta cantidad efectiva de radiación a recibir, independientemente de la latitud. Las diferencias en la inclinación de los planos límite es más notoria en el caso de asegurar horas de sol, mientras que según el otro criterio analizado la inclinación se mantiene dentro de un rango mayor de latitudes, sobre todo en las orientaciones más próximas al Este u Oeste.

Por último se realizó una síntesis de los resultados de la aplicación de envolventes definidas según los criterios mencionados, con referencia directa a los indicadores urbanísticos convencionalmente utilizados en los Códigos de Planeamiento.

Acorde a las conclusiones obtenidas en la investigación precedente, se consideró que la edificación con perímetro libre no es la más apropiada en la región analizada ya que la dispersión urbana resultante no es conveniente debido a las condiciones climáticas, ya que una mayor compacidad de la trama urbana disminuye los efectos negativos de la exposición a los fuertes vientos de la región. Los retiros laterales menores de 2 m permiten obtener una adecuada iluminación natural pero no son aptos para obtener asoleamiento eficaz, aún en orientaciones favorables. Retiros mayores permiten el asoleamiento sólo si disminuye el espacio edificable determinado por las envolventes.

Según los dos criterios estudiados, la edificación entre medianeras o en tiras resulta más beneficiosa considerando el espacio construible determinado por la envolvente. Los retiros disminuyen su volumen y, según el criterio de asegurar cierta cantidad de radiación, los resultados son más críticos ya que el espacio construible es menor debido a la menor inclinación de los planos límite.

Los valores de FOT y densidad resultantes según la aplicación de los dos criterios estudiados son, sintéticamente:

a- Valores de FOT según latitud y criterio de aplicación para una determinada orientación  
(Valor de referencia = Orientación Norte):

Latitud	Según:	Edificación con 1 retiro lat.		Edificación entre medianeras	
		Horas de sol	% de Energía	Horas de sol	% de Energía
40.45		0.77-1.14	0.46-1.12	1.08-2.29	0.53-1.97
41.09		0.72-1.13	0.64-1.14	0.97-2.14	0.80-2.29
45.47		0.67-1.12	0.64-1.12	0.86-2.01	0.80-1.97
48.47		0.64-1.09	0.46-1.09	0.80-1.77	0.53-1.77
51.35		0.59-1.04	0.46-1.04	0.72-1.56	0.53-1.56
54.48		0.51-0.93	0.46-0.89	0.59-1.27	0.53-1.16

b- Valores de densidad según latitud y criterio de aplicación para una determinada orientación  
(Valor de referencia = Orientación Norte):

Latitud	Según:	Edificación con 1 retiro lat.		Edificación entre medianeras	
		Horas de sol	% de Energía	Horas de sol	% de Energía
40.45		384- 511	229- 560	539-1143	262- 985
41.09		361- 565	318- 569	417-1068	401-1143
45.47		337- 562	318- 560	431-1007	401- 985
48.47		318- 544	229- 544	401- 884	262- 884
51.35		294- 520	229- 520	361- 780	262- 780
54.48		252- 464	137- 443	366- 634	157- 580

En ambos casos los valores de FOT y densidad disminuyen al considerar la posibilidad de proteger la mayor proporción de radiación o los mayores períodos de asoleamiento. Los menores valores corresponden también a orientaciones desfavorables, como las próximas al Este u Oeste donde no deben existir obstrucciones del entorno para recibir una mínima cantidad de energía.

Los mayores valores de FOT y densidad corresponden a los menores periodos de asoleamiento o a la menor proporción de radiación recibida (25 al 50%), en orientaciones favorables (N 30°E/O). Considerando una determinada orientación y proporción de radiación a recibir, los mayores valores corresponden a los casos en que el plano de referencia se ubica en la cota +2.50m y tiene su origen en el eje de la calle.

En el caso de los valores del FOT, se verifica que, para la orientación Norte, difieren notablemente los valores mínimos mientras que los máximos coinciden. En otras orientaciones se mantienen las diferencias en los valores resultantes, menores en el caso de la aplicación del criterio de asegurar una cierta proporción de radiación.

En general, los valores del FOS son coincidentes en ambos casos. Lo mismo sucede con las alturas máximas determinadas según el número de niveles que permite edificar el volumen de la envolvente. En promedio, se mantienen en PB + 1 ó 2 pisos (6 a 9 m), es de sólo un nivel en el caso de la orientación E/O y pueden llegar a PB + 3 ó 4 pisos (12 a 15 m) en los casos de orientaciones favorables y proporción de radiación recibida entre el 25 y el 50 %.

En la mayoría de los casos los valores de los indicadores obtenidos son semejantes a los valores de referencia, verificándose la aplicabilidad de la envolvente definida según el criterio estudiado como medio de control edilicio en zonas de uso residencial de densidad media y baja. En el caso de la orientación E/O los indicadores resultantes de la verificación durante la época invernal son considerablemente inferiores a los valores de referencia, razón por la cual es aconsejable evitar esa orientación en el planteo de la trama urbana.

Los resultados muestran la factibilidad de incorporación del problema del acceso al sol en los códigos que regulan el crecimiento urbano y edilicio, acorde a las características y necesidades de las distintas regiones de nuestro país. El análisis realizado permite vislumbrar también las diferencias que surgen de la protección de un período de acceso al sol expresado en horas de asoleamiento y la cuantificación de la energía recibida durante ese período para evaluar la factibilidad de uso de un sistema solar determinado en un sitio específico.

Acotar el trabajo a la región patagónica concentró el análisis en la zona más problemática, donde las condiciones climáticas poco favorables hacen que la posibilidad de ganancia de energía solar constituya un aporte importante al mejoramiento de las condiciones de confort térmico y habitabilidad durante todo el año.

## REFERENCIAS:

- (1) G. A. Casabianca y J. M. Evans, LA ENVOLVENTE SOLAR: EL DERECHO AL SOL EN LOS CODIGOS DE ORDENAMIENTO URBANO, Actas de la XIV Reunión de Trabajo de ASADES, Mendoza, 1990.
- (2) G. A. Casabianca y J. M. Evans, RADIACION SOLAR Y MEDIOS DE CONTROL DEL CRECIMIENTO EDILICIO - ESTADO DE AVANCE , Actas de la XV Reunión Nacional de Energía Solar y Fuentes Alternativas, ASADES, Catamarca, 1992.
- (3) G. A. Casabianca y J. M. Evans, ACCESO AL SOL Y CONTROL EDILICIO: DESARROLLO DE UN PROYECTO DE NORMATIVA SOBRE ASOLEAMIENTO, Actas de la XVI Reunión de Trabajo de ASADES, La Plata, 1993, Buenos Aires, (en prensa)....