

## **DETERMINACIÓN DE INDICADORES COMO HERRAMIENTA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DEL POTENCIAL SOLAR EN CIUDADES DE TRAZA ORTOGONAL.**

**Arboit, Mariela; Fernández Jorge; Mesa, Alejandro y de Rosa, Carlos**

Instituto de Ciencias Humanas, Sociales y Ambientales. INCIHUSA, CONICET

Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda, LAHV

C.C.131. (5500) Mendoza, Argentina. Tel. +54-0261-524-4054

E-mail: [marboit@lab.cricyt.edu.ar](mailto:marboit@lab.cricyt.edu.ar)

### **RESUMEN**

El objetivo de este trabajo es realizar una contribución sustancial al desarrollo ambiental y energéticamente sostenible, de los entornos urbanos, a escalas edilicia y urbana. Esto permitirá un aprovechamiento máximo de los recursos climáticos regionales. Se analizó la relación entre la disponibilidad de energía solar en el ambiente urbano en función de la morfología del Área Metropolitana de Mendoza (AMM), un conglomerado urbano de casi un millón de habitantes, ubicado en la zona andina del centro-oeste de Argentina. A pesar de que la región estudiada cuenta con un generoso recurso solar, el problema de la sustentabilidad energético-ambiental se agrava dada la obsolescencia de las normativas vigentes y su continuidad sin cambios. Los resultados obtenidos permiten, conocer el potencial solar en el parque edilicio urbano actual. Esto posibilita avanzar en la optimización del aprovechamiento solar en áreas urbanas consolidadas y generar a futuro bases técnicas para la elaboración de lineamientos de diseño apropiados y una normativa que asegure el aprovechamiento pleno del recurso solar en las ciudades de la región.

### **ABSTRACT**

With the goal of producing a substantial contribution to the environmental and energetic sustainable development of city environments, at the urban and building scales, that would allow maximum use of the regional climatic resources, the relationship between the energy availability in the urban environment as a function the city's morphology has been analyzed. Mendoza's Metropolitan Area (MMA), an urban conglomerate of almost one million, set on the Andean zone of central-western Argentina, was chosen as a case study. In spite that the region considered is endowed with a generous solar resource, the problem of the environmental and energetic sustainability gets progressively worse given the obsolescence of the normative in force and their continuity without changes. The results obtained allow, through the use of a multiple linear statistical regression model, to infer the solar potential of the present building stock. This will make possible to advance on the necessary knowledge for the optimization of the use of the solar resource in consolidated urban areas and generate in the future technical bases for updated norms that will ensure the maximum use of the solar resource in the cities of the region.

## 1. INTRODUCCIÓN

Dentro de la compleja problemática del desarrollo sustentable, los aspectos relacionados con el uso de la energía en el sector edilicio urbano, adquieren particular relevancia por varias razones:

1. El sector edilicio es responsable de un porcentaje elevado del total de la energía primaria consumida, entre 30 y 40% según los climas. De este consumo total, más del 90% corresponde a los edificios urbanos y suburbanos.

2. Se trata del consumo, con crecimiento exponencial de recursos naturales no renovables, cuyo encarecimiento y eventual agotamiento es predecible en medianos plazos, más cortos que el ciclo de vida útil de los edificios que se construyen hoy en nuestras ciudades, y que son concebidos y materializados con un desconocimiento total de esta realidad.(MEADOWS,1992; BLOWERS,1993)

3. El uso en medios urbanos de combustibles fósiles para calefacción de espacios, calentamiento de agua y cocción de alimentos en los edificios y en centrales térmicas para la generación de la energía eléctrica que se consume en los mismos edificios, constituye una importante fuente de emisión de contaminantes, en su mayor parte gases de invernadero que están contribuyendo a acelerar el fenómeno de cambio climático global (GIVONI, 1998; OWENS, 1986; BREHENY,1996).

4. La morfología de los edificios urbanos, la tecnología con que están contruidos, sus características espaciales, la presencia de la arboleda urbana, la distribución y escala de los espacios verdes en la ciudad y los albedos del entorno, constituyen las variables más significativas en cuanto al impacto que producen el clima urbano, en las condiciones de confort higrotérmico de los espacios comunitarios exteriores, en el consumo de energía en los edificios y la consecuente emisión de contaminantes y finalmente, en el mejoramiento potencial de las condiciones ambientales interiores y en los ahorros de energía posibles de obtener, mediante la implementación de estrategias de conservación y un adecuado acceso a los recursos energéticos que ofrece el clima.(GOULDING,1994; BASSO,2003; FERNÁNDEZ,2003)

Sin lugar a dudas, la sustentabilidad energética del sector edilicio de las ciudades constituye un aspecto de indiscutible relevancia dentro de la compleja problemática del desarrollo urbano sustentable y su consideración debería ser prioritaria en toda situación en que la incorporación de tecnologías más eficientes sea posible, y en cuanto los recursos climáticos puedan realizar un aporte importante para lograr una sustancial y progresiva sustitución en el uso de los recursos no renovables.

El universo de análisis de este estudio se centra en el Área Metropolitana de Mendoza (AMM), ubicada 870 m s.n.m., a en la zona semi-desértica al oeste del Oasis Norte de la provincia homónima. Los principales requerimientos energéticos que se presentan en la zona corresponden a la calefacción (1384° día B18), disponiendo de una radiación solar global media anual de 18,06 MJ/m<sup>2</sup> día.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Evaluación del recurso solar

Con el fin de calcular la energía potencialmente disponible en los entornos urbanos, por unidad de volumen edilicio construido, en las manzanas analizadas de baja densidad es necesario conocer los valores horarios de radiación directa incidente sobre una superficie unitaria (m<sup>2</sup>) en un día medio mensual de la estación considerada. Partiendo de la radiación solar sobre plano horizontal y vertical, se crea un archivo de datos del aporte energético horario de la radiación solar global normal y la pendiente de las superficies receptoras, el día del año y la hora del día. La estimación de valores de irradiancia directa normal para Mendoza se realizó a partir de los valores del KT (índice de claridad) para las décadas 1970-1980 y 1980-1990, del Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

El modelo considera al recurso solar como el total de la energía radiante incidente sobre cada unidad de análisis (manzana típica), durante el ciclo anual de calefacción: 5 meses del año, centrados en el solsticio de invierno (21/03 al 21/08) y 5 horas centrales del día (9.30 a 14.30 hs. solares ). Estos límites están definidos a partir de las necesidades de calefacción de espacios y, en el momento más crítico del periodo invernal, tendrá que proveer energía requerida tanto para calefacción como para calentamiento de agua.

## 2.2 Determinación de las áreas colectoras

Para la determinación de las áreas colectoras, en cada caso es preciso discriminar: el área potencialmente colectoras disponible, el área colectoras efectiva y las posibilidades de aprovechamiento solar real. Para el cálculo se realizó la construcción de un archivo gráfico-computacional conteniendo la información de las 32 unidades de análisis seleccionadas. A partir de un relevamiento fotográfico in-situ del espacio se obtuvo información del contexto complementaria (CÓRICA, 2004).

Sobre la base de la información y la digitalización de las imágenes se conforman modelos 3D en programación AutoCAD<sup>R</sup>, de las volumetrías de las viviendas de cada manzana de baja densidad. A continuación se insertaron las volumetrías del arbolado urbano tomando como referencia la morfología, escala y ubicación de cada elemento vegetal.

La superficie asoleada se calculó mediante el uso de un modelo gráfico-computacional desarrollado en la UID (MESA, 2000), que permite determinar el asoleamiento real de volumetrías urbanas complejas sobre fachadas al norte (calefacción de espacios) y techos (calentamiento de agua). Se analizaron 1600 imágenes correspondientes a los sectores urbanos seleccionados. La superficie asoleada se considera como la sumatoria de la totalmente asoleada más la parcialmente asoleada (afectada por el arbolado urbano) (CANTÓN 1996, 2001), para cada unidad de análisis durante el ciclo anual de calefacción.

## 2.3 Evaluación de la incidencia de la volumetría urbana y edilicia

Con el fin de clasificar los sectores seleccionados a partir de una serie de parámetros que permitan determinar la incidencia de las características geométricas de las manzanas y de las construcciones, se definieron de la morfología y edilicia urbana las siguientes variables:

**Forma de las manzanas urbanas regulares:** a partir de la relación entre sus lados (largo: ancho), se clasificaron las manzanas en 5 tipologías donde el primer número corresponde al largo y el segundo el ancho: Tipología 5:5, Tipología 5:4, Tipología 5:3, Tipología 5:2, Tipología 5:1 (Figura 1).

**Orientación de las manzanas:** caracterización de las manzanas considerando el desvío de la fachada principal, respecto al Norte (Figura 2).

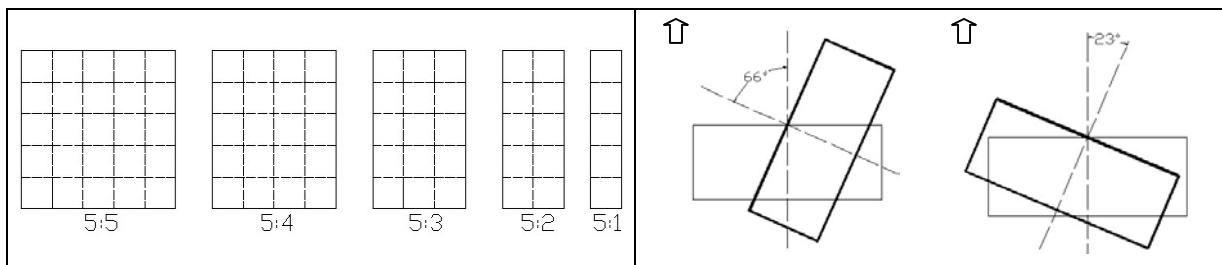


Figura 1: Tipologías de manzanas urbanas regulares.

Figura 2: Esquema de orientación de las manzanas (+65° y -23°)

**Ancho de los cañones urbanos:** el ancho de calles está definido en función de su uso y sus dimensiones quedan establecidas por la Ley Provincial de Loteos o Fraccionamientos N° 4341/79 (Ley general vigente con modificaciones); en el Art. N° 24. (Figura 3 y tabla 1).



Figura 3: Esquema de cañón urbano típico del AMM.

Tabla 1: Ancho típicos del canal urbano y calzadas, en función de su uso

Calles	Canal urbano	Calzadas
Secundarias	16m	8m
Primarias	20m	10m
Avenidas	30m	20m

**Arbolado urbano** variables consideradas:

Magnitud: en función de la altura y del diámetro de copas; - 1º magnitud: representado por las especies más grandes (de 12m a 15m) - 2º magnitud: especies de tamaño medio (de 6m a 10m) - 3º magnitud: las especies más pequeñas (de 4m a 6m)

Permeabilidad solar: capacidad de cada especie para dejar pasar la radiación solar durante la estación de calefacción expresada como porcentaje.

Plenitud: es la relación porcentual de los árboles (sanos) existentes alrededor de la manzana urbana y el número total de los árboles que podrían existir en la misma manzana considerando la distancia correspondiente entre ejemplares.

**Morfología edilicia:** caracterizada por volumetría regular y homogénea (valor = 0), perteneciente a conjuntos habitacionales de viviendas sociales, e irregular y heterogénea cuyas morfologías son el resultado de la construcción lote a lote (valor = 1) (Figuras 4 y 5).

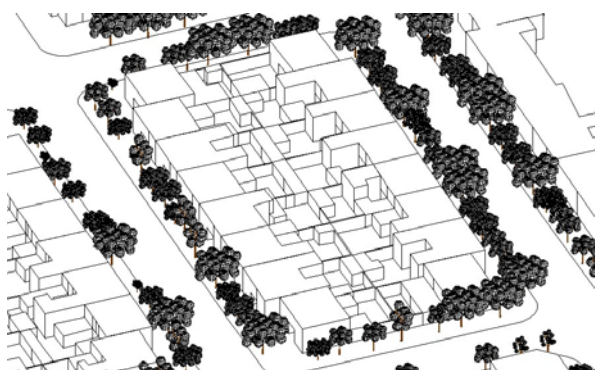


Figura 4 : Imagen del escenario 29, valor= 0

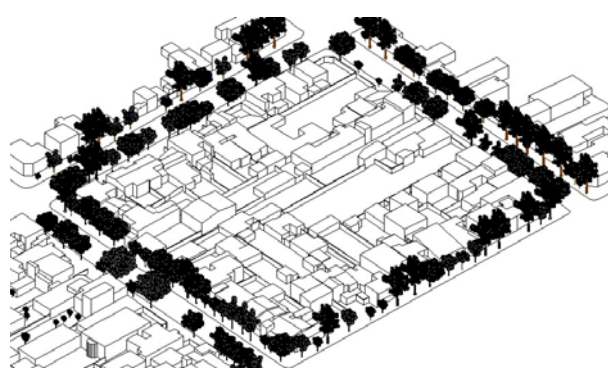


Figura 5 : Imagen del escenario 8, valor= 1

**Factor de Forma:** relación entre la superficie total de la envolvente (muros, ventanas, puertas y techos) sobre superficie construida en planta baja).

**Factor de Ocupación del Suelo (FOS):** relación entre la superficie construida en planta baja y la superficie total construable.

**Densidad edilicia o Factor de Ocupación Total (FOT):** relación entre la superficie construida total y la superficie total construable del terreno.

## 2.4 Selección de la muestra

Con el fin de evaluar el procedimiento metodológico, se tomó como base para el diagnóstico de la situación actual una muestra de 32 manzanas de baja densidad, del AMM. Las unidades de análisis integran un conjunto importante de posibilidades de combinación de variables; se presentan en sus aspectos fundamentales en la Tabla 2. La selección del conjunto muestral fue acompañada de plantilla de datos cartográficos en formato digital de catastro, mapas y aerofotogrametrías disponibles que permitieron identificar las variables para el estudio, completadas por una importante labor de campo.

**Tabla 2: Valores de las variables del conjunto muestral.**

Escenario Nº	VARIABLES URBANAS						VARIABLES EDILICIAS			
	Manzanas		Ancho del Canal Vial (m)	Arbolado Urbano			Morfología	Factor de Forma	FOS	FOT
	Forma	Orientación (°)		Magnitud	Permeabilidad %	Plenitud %				
1	5:2	-5	20.00	2 <sup>a</sup>	52	57	Irregular	0.49	0.74	0.97
2	5:3	-6	20.00	2 <sup>a</sup>	52	55	Irregular	0.64	0.56	0.78
3	5:2	-6	20.00	2 <sup>a</sup>	52	65	Irregular	0.60	0.72	0.98
4	5:3	+87	20.00	2 <sup>a</sup>	43	69	Irregular	0.61	0.69	0.91
5	5:3	+86	20.00	2 <sup>a</sup>	52	70	Irregular	0.59	0.74	1.00
6	5:4	-6	20.00	1 <sup>a</sup>	35	77	Irregular	0.68	0.6	0.66
7	5:5	-5	20.00	1 <sup>a</sup>	43	71	Irregular	0.63	0.68	0.75
8	5:5	-1	20.00	1 <sup>a</sup>	51	81	Irregular	0.89	0.57	0.61
9	5:4	-1	20.00	1 <sup>a</sup>	51	79	Irregular	0.64	0.58	0.61
10	5:4	+74	20.00	1 <sup>a</sup>	43	76	Irregular	0.65	0.62	0.62
11	5:4	+74	20.00	1 <sup>a</sup>	43	68	Irregular	0.88	0.52	0.52
12	5:4	+74	16.00	1 <sup>a</sup>	43	69	Irregular	0.57	0.67	0.67
13	5:2	-23	13.00	2 <sup>a</sup>	43	64	Regular	0.62	0.55	0.57
14	5:2	-23	13.00	2 <sup>a</sup>	43	74	Regular	0.63	0.55	0.56
15	5:2	-23	13.00	2 <sup>a</sup>	43	85	Regular	0.64	0.51	0.52
16	5:2	-23	13.00	2 <sup>a</sup>	43	76	Regular	0.59	0.53	0.54
17	5:2	-23	13.00	2 <sup>a</sup>	43	83	Regular	0.53	0.53	0.8
18	5:2	-23	13.00	2 <sup>a</sup>	43	67	Regular	0.54	0.52	0.79
19	5:1	+65	15.00	3 <sup>a</sup>	43	54	Regular	0.68	0.52	0.55
20	5:1	+65	15.00	3 <sup>a</sup>	43	57	Regular	0.56	0.61	0.61
21	5:1	+65	15.00	3 <sup>a</sup>	43	54	Regular	0.62	0.57	0.59
22	5:2	+65	15.00	3 <sup>a</sup>	39	47	Regular	0.62	0.58	0.58
23	5:2	+65	15.00	3 <sup>a</sup>	39	67	Regular	0.64	0.55	0.56
24	5:2	+65	15.00	3 <sup>a</sup>	39	56	Regular	0.70	0.52	0.53
25	5:2	-24	15.00	2 <sup>a</sup>	43	66	Regular	0.63	0.6	0.6
26	5:2	-24	15.00	2 <sup>a</sup>	43	71	Regular	0.61	0.57	0.57
27	5:1	-24	15.00	2 <sup>a</sup>	43	67	Regular	0.61	0.58	0.58
28	5:2	-24	15.00	2 <sup>a</sup>	43	57	Regular	0.64	0.54	0.54
29	5:3	+67	18.00	1 <sup>a</sup>	43	79	Regular	0.58	0.63	1.05
30	5:3	+67	18.00	1 <sup>a</sup>	43	68	Regular	0.56	0.65	1.08
31	5:3	+67	18.00	1 <sup>a</sup>	43	74	Regular	0.56	0.66	1.08
32	5:3	+67	18.00	1 <sup>a</sup>	43	68	Regular	0.53	0.69	1.16

## 2.5 Determinación del Indicador

Se entiende por indicador a la medida de resumen, referida a la cantidad o magnitud de un conjunto de parámetros, con respecto a un conjunto de variables y cumple el propósito, en este caso de estudio, de relacionar la energía captada por las fachadas norte o techo de las manzanas urbanas con los volúmenes edilicios totales a calefaccionar.

El indicador definido en este trabajo es el **Factor de Asoleamiento Volumétrico FAV** que expresa la relación entre la cantidad real de energía captada por las superficies verticales al norte  $FAV_m$  (considerando las sombras arrojadas por edificios vecinos y arbolado) y el volumen interior del edificio a calefaccionar ( $m^3$ ). El  $FAV_m$  es el cociente entre la suma de las áreas de fachadas norte efectivamente asoleadas multiplicada por la radiación horaria durante la estación de calefacción y la suma de los volúmenes construidos en las manzanas urbanas [Eq. 01].

El indicador definido para el cálculo en superficies verticales ( $FAV_m$  muros norte) es replicable para superficies horizontales de techos ( $FAV_t$ ) a fin de determinar el potencial solar de calentamiento de agua para uso doméstico.

$$FAV_m = \frac{\sum_{m:04}^{08} \sum_{d:01}^{30} \sum_{h:09.30}^{14.30} [A_{fn} - (A_{es} + (A_{ep} \cdot (1-P)))] \cdot R}{\text{Volumen construido}} \quad [\text{Eq. 01}]$$

Donde:

$A_{fn}$ : Área total potencialmente colectora en fachadas norte ( $m^2$ ) (Figura 6).

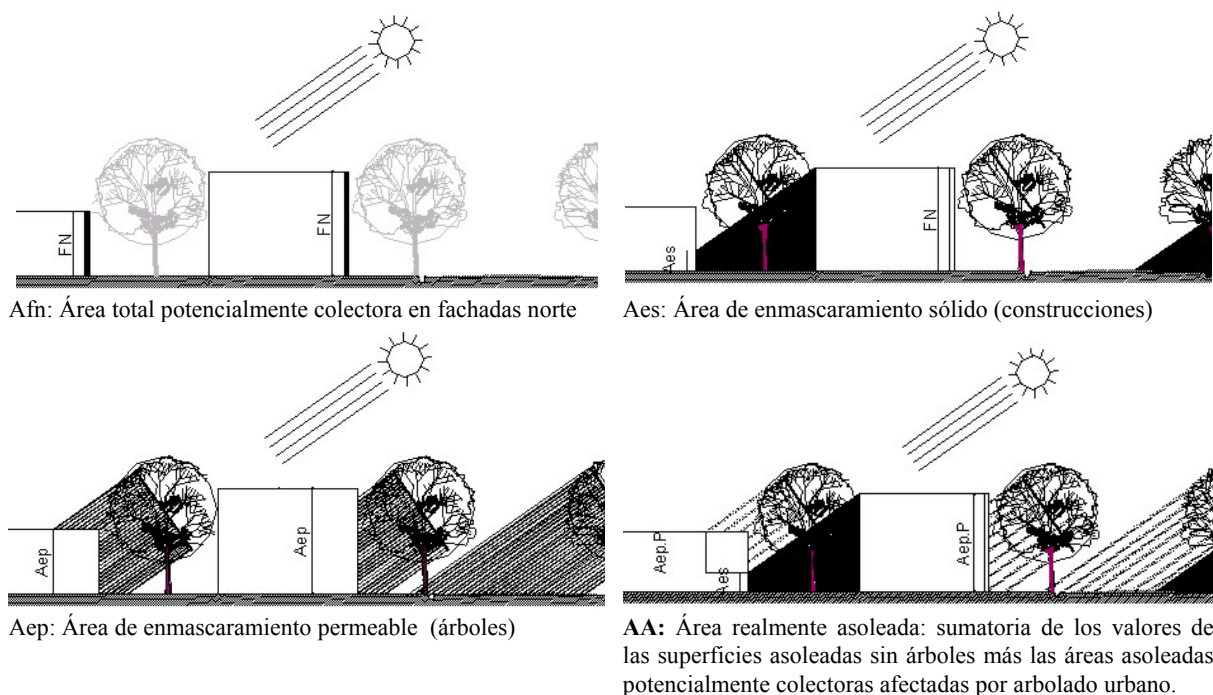
$A_{es}$ : Área de enmascaramiento sólido (construcciones): fachada potencialmente colectora afectada por las sombras proyectadas por construcciones edilicias próximas ( $m^2$ ) (figura 6).

$A_{ep}$ : Área de enmascaramiento permeable (árboles): fachada potencialmente colectora afectada por las sombras proyectadas por el arbolado urbano, se aplican los porcentajes de permeabilidad solar de cada especie vegetal, para determinar el área de captación real ( $m^2$ ) (figura 6).

$P$ : Factor de Permeabilidad: porcentajes de permeabilidad solar de cada especie vegetal (%).

$R$  (m-d-h): Radiación horaria diaria en fachadas norte para cada mes de la estación de calefacción ( $Wh/m^2$ ).

$m$ : N° de meses a calefaccionar (n),  $d$ : N° de días mensuales (5),  $h$ : N° de horas diarias(n).



**Figura 6: Esquemas descriptivos de la  $A_{fn}$ ,  $A_{es}$ ,  $A_{ep}$  y  $AA$**

### 3. RESULTADOS

En la Tabla 3 se presentan los valores del FAV calculados para las 32 unidades de análisis seleccionadas. Se identifican además las configuraciones de la morfología urbana existente que permiten obtener condiciones de máxima, mínima y cercanas a la media de captación energética solar.

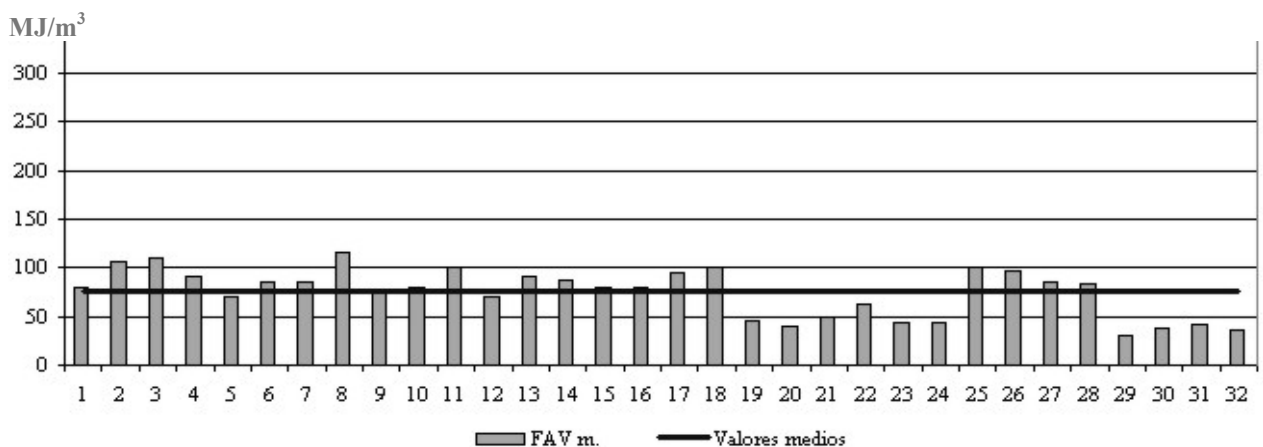
**Tabla 3. Factor de Asoleamiento Volumétrico (FAV) Cuadro comparativo de los valores calculados de los indicadores utilizados para superficies verticales al norte y techos**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
FAV <sub>m</sub>	79	106	110	91	71	86	86	116	75	81	100	69	91	88	80	80	96	100	46	39	49	63	44	43	100	97	85	83	30	38	41	37
FAV <sub>i</sub>	193	269	383	272	257	330	346	427	285	377	394	321	383	384	388	385	226	245	404	381	401	395	394	421	416	412	418	416	253	245	245	235

#### Referencias

	Valores mínimos
	Valores medios
	Valores máximos

Los valores Factor de Asoleamiento Volumétrico en muros norte (FAV<sub>m</sub>) varían substancialmente con una media de 75 MJ/m<sup>3</sup> por estación de calefacción, extendiéndose de un mínimo de 30 MJ/m<sup>3</sup> a un máximo de 116 MJ/m<sup>3</sup>; en la actual configuración de las manzanas urbanas de la baja densidad un porcentaje muy alto de la radiación total en muros norte está enmascarada por los edificios vecinos (sólidos) y el arbolado urbano (permeable) (Figura 7). Los valores del FAV<sub>m</sub> representan el 23% de la energía total necesaria para calefacción de espacios en la estación de calefacción (324 MJ/m<sup>3</sup>).



**Figura 7 : Valores calculados del Factor de Asoleamiento Volumétrico Fachadas Norte (FAV<sub>m</sub>)**

El escenario 29, presenta el valor más bajo de asoleamiento volumétrico (30 MJ/m<sup>3</sup>) de las manzanas urbanas varias razones apoyan este resultado:

- Posee una orientación no-favorable (67° este del norte) que impide el asoleamiento de la fachada longitudinal más extensa, que combinada con la morfología edilicia homogénea reducen substancialmente la posibilidad de acceder a la radiación solar.
- La alta densidad edilicia expresada por los valores altos de ocupación del suelo (FOS) y de ocupación total (FOT), en 0.63 y 1.05 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>, respectivamente.
- La magnitud del arbolado urbano (2ª) y los altos valores de plenitud 79% en la manzana proporcionan una razón adicional para el reducido asoleamiento.

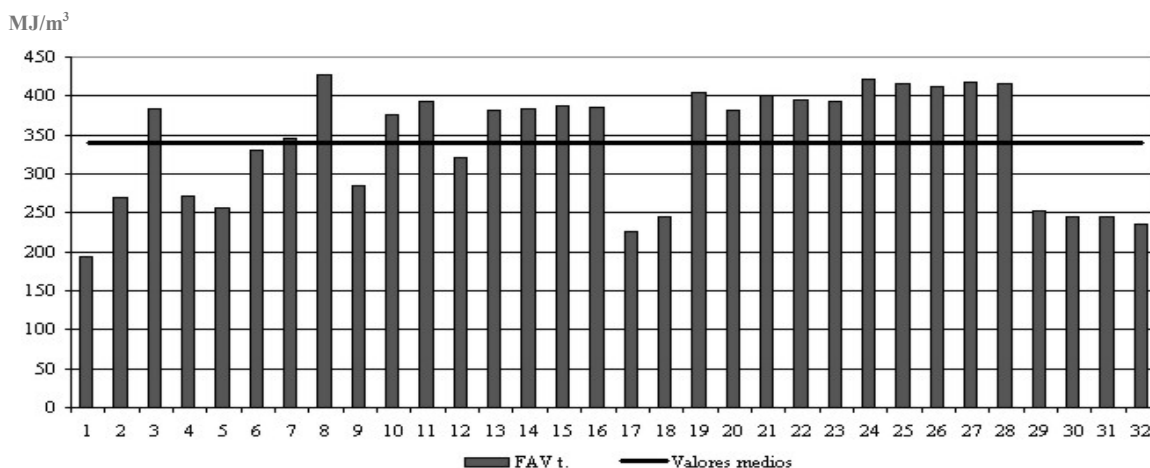
El escenario 8 presenta los valores más altos de asoleamiento en fachadas norte y responde a:

- La orientación conveniente de la manzana (1° oeste del norte)
- El valor más alto de Factor de Forma (0.89)



- Valores de ocupación del suelo (FOS) por debajo de la media (0.57) y valores bajos de FOT, 0.61 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>.
- La permeabilidad levemente mayor de las copas del arbolado en invierno,(51%) aumentan la radiación disponible sobre fachadas norte.

El rango de valores del Factor de Asoleamiento Volumétrico en Techos (FAV<sub>t</sub>) posee un máximo de 427MJ/m<sup>3</sup> a un mínimo de 193 MJ/m<sup>3</sup> para los escenarios 8 y 1, respectivamente, con un valor medio aproximado de 346 MJ/m<sup>3</sup>.



**Figura 8 : Valores calculados del Factor de Asoleamiento Volumétrico Techos (FAV<sub>t</sub>)**

En el primer caso, escenario 8:1. presenta un factor de forma alto de 0.89 y valores bajos de FOS y de FOT, 0.57 y 0.61, respectivamente. En el caso de la menor disponibilidad de energía en techos en relación al volumen construido (escenario 1), la morfología edilicia heterogénea representa una desventaja por la irregularidad en la pendiente de techos que bloquea parte de la radiación incidente sobre la superficie, posee el valor más bajo de factor de la forma 0.49 de los entornos analizados y un aumento substancial de la densidad del edificio, indicada por el valor de FOS de 0.74 y FOT de 0.97.

#### 4. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se puede afirmar que la potencialidad solar de los entornos urbanos, depende esencialmente de las condiciones espaciales de los mismos. Si sumamos los valores medios de energía potencial disponible en muros y techos (421 MJ/m<sup>3</sup>) y comparamos estos datos, con los requerimientos para calefacción de espacios (324 MJ/m<sup>3</sup>), se podría afirmar que a partir de estrategias morfológicas y tecnológicas, enfocadas a optimizar el aprovechamiento de las energías renovables existentes en la zona, se conseguirían altos porcentajes de ahorro de consumo de combustibles fósiles.

Los resultados obtenidos demuestran que en áreas urbanas de baja densidad, la disponibilidad energética sobre la superficie de techos es mayor (70%) que a la disponible en fachadas norte (30%). Por dicha razón se debe pensar en el aprovechamiento de manera de maximizar el uso potencial de energía solar, considerando el calentamiento de agua para uso doméstico, la calefacción de espacios y eventualmente la generación fotovoltaica.

Los Indicadores Edilicios son importantes a la hora de determinar la radiación incidente tanto en muros norte como en techos. Los Indicadores Urbanos que intervienen en el asoleamiento volumétrico en muros al norte son: forma y orientación de las manzanas y ancho de cañón urbano. El arbolado tiene una mayor incidencia sobre fachadas verticales que sobre techos horizontales.

La interpretación de cada variable urbana y edilicia sobre el FAV<sub>t</sub> (techo) se encuentra principalmente condicionado por la variable FOT y el indicador morfología edilicia.

No obstante algunas excepciones, el análisis de los indicadores en forma individual, no permite obtener conclusiones relevantes sobre los aspectos que más inciden sobre el Factor de Asoleamiento Volumétrico.



En futuros estudios un análisis estadístico multivarial permitiría la modificación de las variables más relevantes a fin de optimizar el diseño de manzanas urbanas desde el punto de vista energético.

## 5. REFERENCIAS

- ARBOIT, M et al. (2005) *Potencial energético de la ganancia solar directa en medios urbanos consolidados de zonas áridas andinas*. AVERMA, Ed. Milor, Salta, Argentina.
- ARBOIT, M. et al. (2005) *Morfología urbana y potencial solar del ambiente construido en ciudades andinas de trazado hispánico. Avances en evaluación de entornos de baja densidad*. AVERMA. Ed. Milor, Salta, Argentina.
- BASSO, M., et al. (2003) *Urban morphology and solar potential of the built environment, in Andean Cities of Hispanic Layout. Assessing proposals towards a more Sustainable Energy Future*. 20th Conference on Passive and Low Energy Architecture, PLEA 2003, Santiago – Chile, Noviembre.
- BLOWERS, A. (1993) *Planning for a sustainable environment. A Report by the Town and Country Planning Association*. (Ed.) Earthscan Publications Limited. London.
- BREHENY, M. (1996) *Centrist, Decentrists and Compromisers in The Compact City*. E & FN Spon, London.
- CANTON, M.A., et al. (2003) *Assessing the solar resource in forested urban environments: results from the use of a photographic-computational method*. Architectural Science Review, Vol. 46, N° 2, pp. 115-123.
- CÓRICA, L., et al. (2004) *Iluminación natural de espacios habitables en función de la morfología urbana circundante, para climas soleados*. AVERMA, Ed. Millor, Salta, Argentina.
- FERNÁNDEZ, J. C. et al. (2001) *An assessment of the solar potential of the built environment in the city of Mendoza, Argentina. A study in advance*. Proceedings of the 18th PLEA Conferencia, Florianopolis, Brasil.
- FERNÁNDEZ, J. et al. (2003). *Consecuencias energéticas de las nuevas reformas al código de edificación de la Ciudad de Mendoza*. AVERMA, Ed. Millor, Salta, Argentina.
- GIVONI, B.(1998)“Climate considerations in building and urban design”. John Wiley & Sons, Inc. , USA.
- GOULDING, J. et al. (1994). *Energy in Architecture*. The European Passive Solar Handbook. C.E.C.
- MEADOWS, D. H., et al. (1992). *Beyond the limits*. Earthscan Publications Limited. London.
- MESA N. A. et al. (2000). *Determinación de áreas de fachadas potencialmente colectoras en medios urbanos, a través de un modelo gráfico computacional*. Memorias del Ises Millennium Solar Forum 2000, ANES, México, D. F.
- MUNICIPALIDAD DE MENDOZA. (2000) *Código de Edificación*, Ordenanza N° 3296/14975/1996.
- OWENS, S, (1986). *Energy, Planning and Urban Form*. Pion Ltd., London.