



## POTENCIAL ENERGÉTICO DE LA GANANCIA SOLAR DIRECTA EN MEDIOS URBANOS CONSOLIDADOS DE ZONAS ÁRIDAS ANDINAS.

Arboit, M.\*; Mesa, A.\*\* y de Rosa, C.\*\*

Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda. Instituto de Ciencias Humanas Sociales y Ambientales (LAHV- INCIHUSA)  
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)  
Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas – CRICYT C.C.131 C.P. 5500 – Mendoza  
Tel. 0261-4288797 – Fax 0261-4287370 e-mail: marboit@lab.cricyt.edu.ar

**RESUMEN:** Se presenta la convalidación de una metodología, tendiente a determinar el potencial energético de la ganancia solar directa en medios urbanos para calefacción de espacios. Se describen tres opciones metodológicas elaboradas para calcular el área colectora efectiva en entornos urbanos de baja densidad en el Área Metropolitana de Mendoza.

Se describe un análisis general para cada opción metodológica y un análisis comparativo para un análisis de un área en estudio de baja densidad. Se presentan los resultados obtenidos de la relación entre las áreas de fachadas y aberturas, pudiendo determinar las áreas realmente colectoras para aprovechamiento de la energía disponible solar, mediante ganancia directa. Pudiendo adoptar una metodología, que posibilite ser aplicada a la mayor cantidad de unidades de análisis (manzanas) a fin de caracterizar al barrio dentro de la ciudad.

**Palabras clave:** ganancia directa, potencial solar, medios urbanos consolidados.

### INTRODUCCIÓN

Considerando el generoso recurso solar existente en la zona, aprovecharlo eficientemente mediante estrategias de calefacción pasiva permitiría reducir los elevados consumos invernales con aportes renovables para acondicionamiento ambiental del parque edilicio urbano, permitiendo por lo tanto un ahorro sustancial en el consumo energético.

La zona definida para este estudio es el Área Metropolitana de Mendoza (AMM), integrada por seis departamentos administrativos, con una población aproximada de un millón de habitantes. La región se sitúa en el Centro Oeste de Argentina, a -32.85 latitud, 68.85 longitud y 870 m.s.n.m.

En climas con inviernos templado-fríos, la radiación solar es seguramente el recurso climático que más beneficios ofrece en el ciclo anual, desde el punto de vista del confort y ahorro energético. El AMM posee condiciones climáticas particulares, definidas por una marcada aridez, como consecuencia de los bajos niveles de precipitación, elevados niveles de insolación, importantes variaciones estacionales y diarias de la temperatura. El promedio anual de heliofanía relativa es alto, está por encima de 8 horas diarias, la nubosidad en la región muestra valores anuales inferiores al 40% de cielo cubierto. Los grados día de calefacción en base 18°C, están entre los 1300°C y 1500°C. La ganancia solar directa en invierno posibilita disminuir la importante demanda de calefacción en época invernal, ya que existe una alta radiación solar sobre superficie horizontal para el AMM de entre 16.5 y 20 MJ/m<sup>2</sup>. Se puede afirmar que aprovechando el sol en las horas centrales del día (de 9.00 a 15.00 hora solar) se aseguraría más del 80% de radiación solar que conseguiría ser captada para calefacción en el AMM.

Dentro de las estrategias de calefacción solar pasiva, la ganancia directa, es un sistema con el cual se pueden alcanzar grandes eficiencias y ahorros energéticos, ya que la mayor parte de la radiación solar que atraviesa el vidrio puede utilizarse para calefaccionar el espacio. Si bien en las envolventes edilicias la localización y tamaño de las aberturas es importante para la eficiencia energética, es a través de las mismas con las cuales puede captarse directamente la energía solar bajo la condicionante de su ubicación. Toda la radiación solar es captada como calor por los espacios habitables. Sin embargo, la cantidad potencial transmitida a través del vidrio depende de la ubicación, latitud, orientación de las ventanas y la incidencia de obstrucciones próximas como puede ser el arbolado urbano y construcciones cercanas.

### METODOLOGÍA

#### Selección del área de análisis

El AMM se ha desarrollado históricamente a partir de una trama fundacional (1862) en cuadrículas de manzanas ortogonales cuadradas, dominante en la mayoría de las ciudades del país, de aproximadamente 100m x 100m, con una desviación cardinal del eje de las calles de 12° hacia el este. A lo largo del tiempo su desarrollo ha sido heterogéneo, generándose áreas más densas y otras caracterizadas por crecimiento disperso, extendiéndose hacia la periferia con marcadas variaciones de forma y orientación.

\* Becario Doctoral CONICET

\*\* Investigador CONICET

La configuración de baja densidad tiene una representatividad de un 90% en la trama existente del AMM, por este motivo queda definida como el área de análisis. El criterio adoptado teniendo en cuenta la importancia de acceso al sol, a los efectos de determinar la selección de casos ha sido el de definir las variables estructurales de mayor incidencia para la captación solar que responden a las características homogéneas de baja densidad edilicia ubicada en el AMM, se analizaron:

- geometría de la trama urbana,
- orientación del eje principal de la trama urbana,
- morfología (volumétrica) de la manzana.

Luego se determinó el potencial solar disponible sobre fachadas al norte y techos en los casos seleccionados, en la situación de referencia, utilizando el modelo gráfico-computacional (Mesa, N. 2000). Se evaluó la incidencia de la arboleda urbana, pública o privada, sobre el potencial solar de las construcciones, considerando la maximización del uso de la energía solar (invernal) en entornos de baja densidad.

#### **Determinación de la metodología para el dimensionado de las aberturas**

Partiendo de éste análisis se deben establecer criterios que permitan determinar la metodología a implementar para el cálculo de la disponibilidad real de superficies colectoras, en las tipologías a estudiar. La metodología empleada considera como unidades de análisis manzanas urbanas de baja densidad. A través de este estudio se intenta evaluar el potencial solar disponible a nivel urbano y el área colectora efectiva disponible para calefacción de espacios.

Buscando convalidar una metodología de análisis precisa, se evaluaron tres opciones metodológicas, para la definir el área colectora efectiva (aberturas disponibles) para ganancia directa. Las opciones metodológicas son las siguientes:

1. Valores de relevamiento fotográfico de porcentaje de aberturas ubicadas en la fachada a la calle.
2. Valores reglamentarios mínimos establecidos por el código urbano de edificación municipal de porcentaje de aberturas destinadas a ventilación e iluminación con respecto a la superficie de piso.
3. Valores de relevamiento fotográfico de porcentaje de aberturas ubicadas en todas las fachadas en las construcciones.

#### **Opciones metodológica 1. Valores de relevamiento fotográfico de porcentaje de aberturas ubicadas en la fachada a la calle.**

**a- Relevamiento in-situ:** Se aplica un proceso de relevamiento de campo acompañado de plantilla de datos cartográficos en formato digital de catastro, calles, arbolado público, cotas de nivel, etcétera. Apoyados en el análisis de estos mapas y aéreo fotogrametrías disponibles se toma información in situ por lote de cada una de las construcciones correspondientes a las manzanas elegidas del entorno urbano de baja densidad.

Durante el operativo de campo se tomaron imágenes, de cada una de las morfologías construidas llevando una correlación numérica entre los archivos clasificados en un plano (que fue confeccionado por la Dirección Provincial de Catastro a partir de aéreo fotogrametrías), el trazado formulado por la misma dirección y dicho relevamiento in-situ en el cual se capturaron imágenes colocando un patrón de medida (metro) frente a cada fachada que posteriormente permitió verificar la correcta escala. Obteniéndose un archivo digital numerado por lote, con detalle de fachada, aventanamientos, arboleda pública frontal a casa lote, y volumetrías individuales. (Córlica, 2004)

**b- Cálculo de aventanamientos:** Una vez constituidos los parámetros de referencia de cada vivienda en dos dimensiones, se dibujan todas las líneas que constituyen los parámetros de referencia de la vivienda. Se conforman regiones con los bordes de referencia que albergan áreas seleccionadas. Mediante rutina de cálculo (Mesa, 2000), obtenemos las superficies en fachadas y ventanas, y a partir de éstos valores se calcularon las áreas colectoras reales para ganancia directa computando la diferencia entre las superficies. (figura 1)

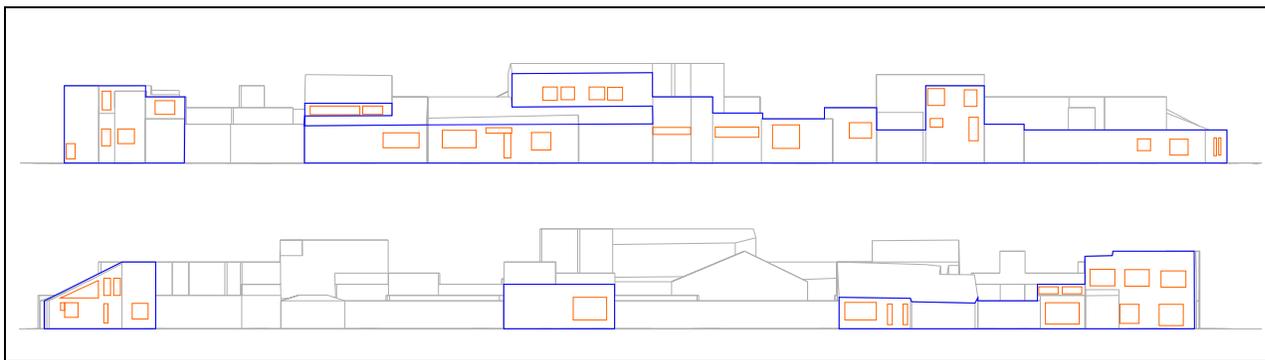


Figura 1: Imagen del cálculo de las áreas de aventanamiento y fachadas del área analizada.

#### **2. Valores reglamentarios mínimos establecidos por el código urbano de edificación municipal de porcentaje de aberturas destinadas a ventilación e iluminación con respecto a la superficie de piso.**

La reglamentaciones municipales vigentes (Códigos de Edificación) que regulan las construcciones en medios urbanos, establecen para los distintos tipos de locales, valores mínimos admisibles de superficies de aberturas destinadas a ventilación e iluminación. En la actualidad esos porcentajes están en relación con el área de pisos del local, y para los locales principales se establece como valor mínimo el 12%.

A partir de archivos de la Dirección Provincial de Catastro, se identifican las áreas construidas en las diversas plantas y se conforman regiones con los bordes de referencia que albergan áreas seleccionadas. Mediante rutina de cálculo (Mesa,2000), se obtuvieron las superficies cubiertas de cada vivienda y se computó, el área de aberturas con el valor mínimo establecido el 12% que estipula el Código de Edificación del Municipio. La distribución de los porcentajes de aberturas se realizó siguiendo los lineamientos de la práctica estándar de construcción, en forma proporcional a la superficie en las fachadas expuestas en todas direcciones.

### 3. Valores de relevamiento fotográfico de porcentaje de aberturas ubicadas en todas las fachadas en las construcciones.

Se presenta un método alternativo basado en el procesamiento de imágenes fotográficas con software estándar de tratamiento de imágenes. En base a la información y a los modelos disponibles se sigue un proceso similar a la opción metodológica N° I pero en este caso incorporando como variables las aberturas en frentes, contrafrentes y patios laterales.

Dentro de la unidad de análisis (manzana urbana) se seleccionaron casos para estudio detallado en los que fue posible obtener información real respecto a aventanamientos. Los datos relevados de casas ubicadas en las unidades de análisis, con un nivel de información general, se analizaron en forma proporcional determinando la superficie de aberturas destinadas a ganancia directa con respecto a la superficie de fachadas expuestas en todas las direcciones. (figura 2)



Figura 2: Imagen del cálculo de los aventanamientos y su correspondiente imagen real.

## ANÁLISIS DE CASOS

Con el fin de evaluar en un caso real las distintas opciones metodológicas para evaluar la disponibilidad de áreas colectoras, se analizó un sector del Barrio Arizu, en el departamento de Godoy Cruz de la provincia de Mendoza, correspondiente a un conjunto habitacional de baja densidad, construido en los años 80. Este barrio posee una morfología (volumétrica) de manzana homogénea, siendo la variable diferencial, la orientación de las manzanas y las proporciones geométricas de la trama urbana.

Se tomó como ejemplo de análisis tres manzanas con la misma orientación del eje principal E-O en la trama urbana con desviación en un rango de 6° y con distinta proporción geométrica. Las viviendas que lo componen poseen características constructivas y espaciales similares. El criterio adoptado al fin de determinar las condiciones actuales del potencial aprovechamiento a través de ganancia directa ha sido el de analizar el porcentaje del área de aberturas efectivas con respecto al área de fachadas. Se analizaron indistintamente todas las fachadas de las 3 manzanas seleccionadas a fin de determinar y caracterizar al barrio.

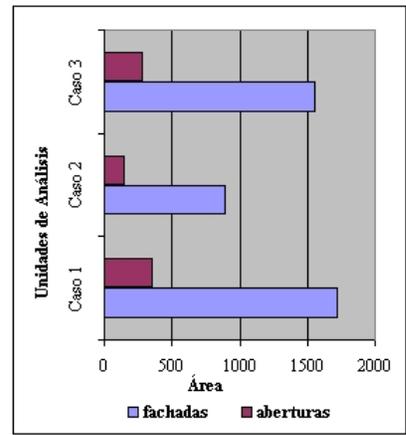
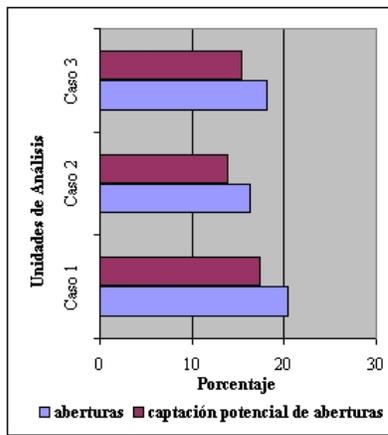
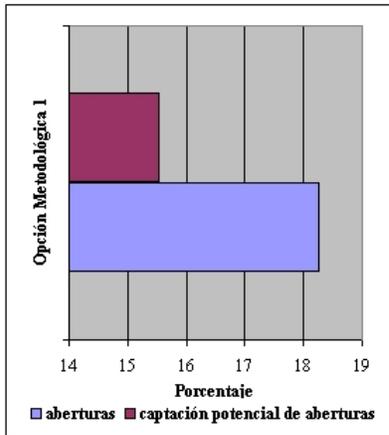
## RESULTADOS

### Ganancia Solar Directa en Fachadas

Utilizando procedimientos estadísticos usuales se relacionaron los valores calculados de las distintas opciones metodológicas evaluadas, estableciendo correlaciones que permiten determinar el método más eficiente para la situación analizada.

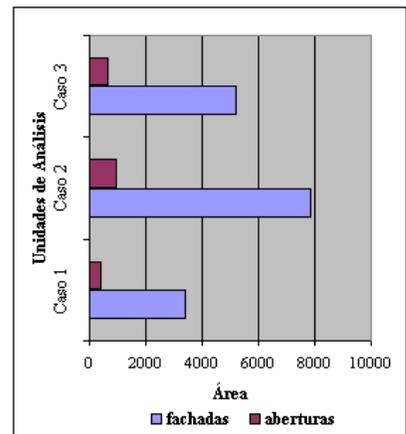
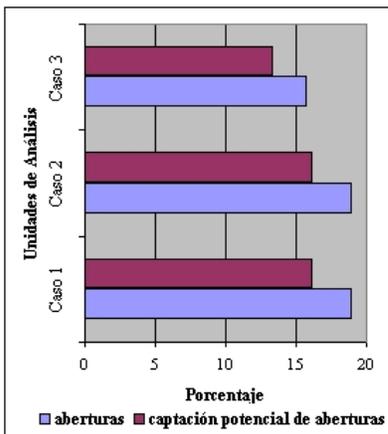
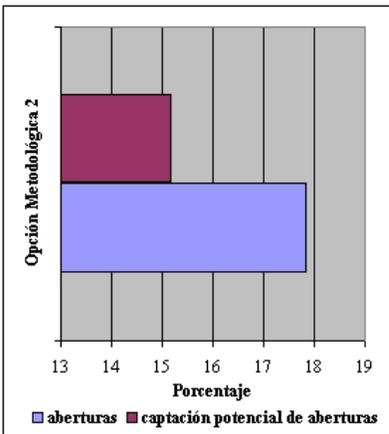
Los valores obtenidos de las áreas de fachadas y aberturas, permitieron identificar las áreas realmente colectoras para aprovechamiento mediante ganancia directa en fachadas. Debe tenerse en cuenta para determinar el área real de captación solar, que un 15 % de la superficie de abertura está compuesta por el área que representa la carpintería.

La Opción Metodológica I muestra un porcentaje promedio de área de ventanas con respecto fachadas del 19,49% y de un 16,57% de superficie realmente colectoras en relación con fachadas. (gráficas 1, 2 y 3)



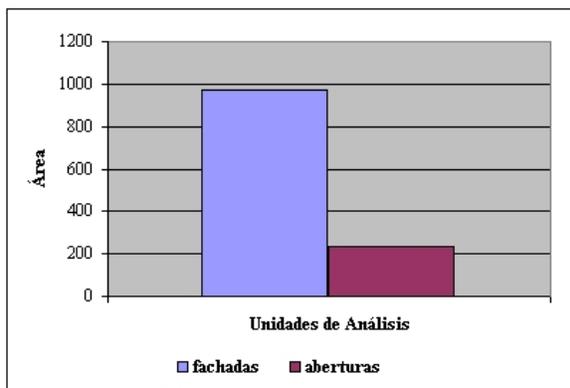
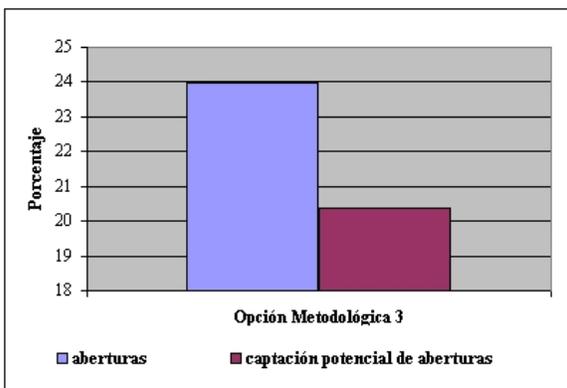
Gráficas 1, 2 y 3: Resultados obtenidos a través de la opción metodológica 1.

La Opción Metodológica II arroja un porcentaje promedio de los valores reglamentarios establecidos por el municipio. Porcentaje mínimo admisible de superficies de aberturas destinadas a ventilación e iluminación con respecto a la superficie de piso a partir del cuál se calculó un porcentaje promedio para las tres manzanas en estudio del área de aberturas con respecto a fachadas del 17,84% y de un 15,17% de área realmente colectora en relación con fachadas. (gráficas 4, 5 y 6)



Gráficas 4, 5 y 6: Resultados obtenidos a través de la opción metodológica 2.

De los valores obtenidos por la Opción Metodológica 3 puede decirse que los resultados arrojan porcentaje de aberturas mayores respecto a las fachadas. Existe un incremento de aberturas en relación a los métodos anteriores, esto se debe a que en el primer caso sólo se tomaron fachadas a la calle, en las cuales un alto número de aberturas son opacas (puertas, aberturas de cocheras), en el segundo método los valores son los mínimos permitidos por la reglamentación municipal vigente. (gráficas 6 y 7)



Gráficas 6 y 7: Resultados obtenidos a través de la opción metodológica 3.

El análisis de resultados de las opciones metodológicas consideradas permite determinar:

- Que los valores de relevamiento fotográfico de porcentaje de aberturas con respecto a la fachada a la calle deja grandes superficies de aberturas ciegas (puertas principales y garajes) generalmente opacos, que no son computados al momento del análisis.
- Los índices en los valores reglamentarios definen porcentaje mínimos de aberturas con respecto a la superficie de piso, establecidos por el municipio. El código conforma normas que rigen las condiciones de iluminación mínima sin considerar ganancia directa.
- Que los valores de relevamiento fotográfico de porcentaje de aberturas con respecto a las fachada sobre frentes, contrafrentes y patios laterales deja grandes superficies de aberturas vidriadas en patios y contrafrentes en este tipo de barrio, siendo necesario verificar esto en barrios de operatoria pública.

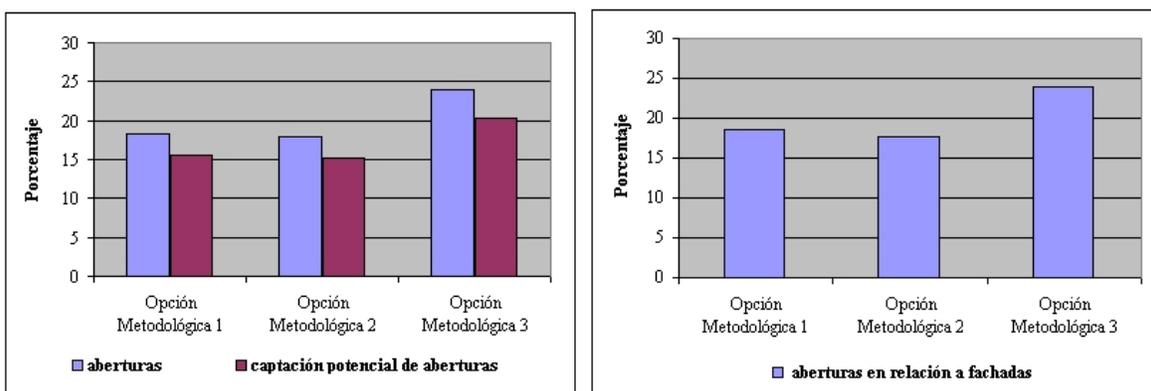
Los valores obtenidos en cada método manifiestan diferencias de resultados del orden del 6.15 % esto se debe a que los índices en los valores reglamentarios evaluados en el Método II definen porcentaje mínimos de aberturas con respecto a la superficie de piso, en relación al método de relevamiento fotográfico en sí mismo que representa un importante grado de ajuste a la realidad de los resultados para ambos análisis de imágenes.

La normativa municipal carece de una regulación que considere valores mínimos admisibles de aberturas destinadas a ganancia directa en relación a la superficie construida. De esta forma se deja librado a la elección del proyectista el aprovechamiento del recurso solar para la calefacción de espacios.

Esto permite afirmar la validez de la utilización del método de relevamiento fotográfico para la determinación del área de ventanas potencialmente colectoras. Analizando comparativamente los resultados obtenidos por las distintas opciones metodológicas propuestas, no se reflejan variaciones significativas, esto permite abalar una metodología que posibilite ser aplicada masivamente y a mayor cantidad de unidades de análisis a fin de caracterizar al barrio.

Se debe tener en cuenta que los valores varían entre ambas opciones metodológicas en un rango porcentual de 18.26% a 23.99%, los problemas inherentes al método 3, están relacionados con su complejidad de operación, ya que por razones de privacidad y seguridad es prácticamente imposible obtener los datos reales de aventanamiento sobre contrafrentes y patios interiores para cada unidad de análisis. (gráfica 8 y 9)

Para una mayor precisión en los resultados y la generalización de la aplicación del método se considerarán los métodos 1 y 2 considerando valores mínimos de aberturas.



Gráfica 8 y 9: resultados comparativos obtenidos a través de las tres opciones metodológicas.

## CONCLUSIONES

El análisis realizado apuntó a poder determinar la opción metodológica más eficiente para conocer el potencial mínimo real de captación solar directa de los espacios construidos, en lo referente al acceso a los recursos energéticos permitiendo determinar relaciones entre las áreas potencialmente colectoras de las fachadas estudiadas en el área de estudio.

La investigación si bien se dirige a convalidar la metodología a utilizar durante todo el proceso de investigación futuro, da una idea bastante aproximada del área de captación de energía solar real actual. De lo descrito anteriormente se adoptó como opción metodológica el relevamiento fotográfico de aberturas ubicadas en la fachada a la calle, considerando su posible ajuste según las características particulares de cada área analizada. El método propuesto ha sido validado mediante la comparación de resultados de mediciones desarrolladas sobre las manzanas seleccionadas por su condición de representatividad del barrio y sobre imágenes fotográficas obtenidas, y la reglamentación vigente en el Código de Edificación Municipal.

A partir del diagnóstico elaborado, en etapas futuras, se evaluarán aspectos que avalen la formulación de propuestas transferibles, y su incorporación a los códigos de edificación municipales, que asegure el aprovechamiento del recurso solar para calefacción de espacios, a fin de orientar las construcciones nuevas hacia el desarrollo sustentable, que apunten a obtener niveles deseados de calidad ambiental y ahorro energético en medios urbanos.

## REFERENCIAS

- 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 2003.
- Córica, L., et al (2004) Iluminación natural de espacios habitables en función de la morfología urbana circundante, para climas soleados. Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 8, Ed. Millor, Salta, Argentina.
- Givoni, B. (1998) Climate considerations in building and urban design. John Wiley & Sons, Inc., USA.
- Guedes de Almeida, M. et al, (2000) As Consequencias Energéticas da Forma e Implantação dos Edifícios Urbanos. Memórias Seminário Internacional Nutao'2000. San Pablo, Brasil.
- Haughton, G. (1997) Developing sustainable urban development model. Cities Vol. 4 N° 4 pp. 189-195, Ed. Elsevier Science Ltd.
- Leverato, M., Licon, C. (1998) Energy use and city form. The case of Arizona. Proceedings of PLEA 98. Lisbon, Portugal.
- Mazria, E. (1983). El libro de la energía solar pasiva. G. Gili. D.F., México.
- 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, PP. 1-6, ISBN No. 968-5219-01X, MÉXICO, D. F.
- Morillón D., (1993). Bioclimatología, Sistemas pasivos de climatización. Colección Biblioteca Circular. Serie Universitaria, Universidad de Guadalajara, México.

## ABSTRACT

The validation of a methodology aimed at determining the energy potential of direct solar gain for space heating in urban buildings, is presented. Three methodological options, devised to calculate the effective collecting area for space heating in low density urban environment are described.

Also, a general analysis for each methodological option and a comparative analysis for a low density study area, are described. The results obtained of the relationship between facades and window areas are presented, allowing to determine the effective collecting areas for harnessing the solar radiation, through Direct Gain systems. This would also allow a suitable and applicable methodology to a larger quantity of analysis units (urban city blocks) with the purpose of characterizing the neighbourhoods within the city.