

## **CORRESPONDENCIAS ENTRE MORFOLOGÍAS URBANAS Y EL COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO DE LA EDILICIA URBANA. CASO CIUDAD DE MENDOZA**

**Gómez Piovano, M. Jimena<sup>1</sup>, de Schiller, Silvia<sup>2</sup> y Mesa, Néstor<sup>3</sup>**

Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda. Instituto de Ciencias Humanas Sociales y Ambientales (INCIHUSA).  
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)  
Tel. 0261-5244054 –E-mail: jpiovano@mendoza-conicet.gob.ar

Centro de Investigación Hábitat y Energía,  
Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad Nacional de Buenos Aires CIHE-FADU-UBA, Pabellón 3, Piso  
4, Ciudad Universitaria C1428BFA, Buenos Aires.

### **RESUMEN:**

El trabajo ahonda el conocimiento de correspondencias entre morfologías urbanas y el comportamiento energético de la edificación urbana, estudiando la trama urbana de la Ciudad de Mendoza para utilizar los resultados como base de análisis del grado de compactación edilicia más sustentable del Área Metropolitana de Mendoza. Se caracterizó la trama urbana con el objeto de establecer zonas con atributos similares, sobre las cuales se realizó un análisis comparativo de diferentes morfologías urbanas, producto de la aplicación de variaciones a los indicadores urbanos tradicionales. Los mismos fueron ensayados y simulados con el fin de hallar evidencias que permitan guiar un crecimiento urbano más sustentable del entorno construido. Los resultados muestran que, mediante el uso de instrumentos tradicionales de planificación urbana, se puede contribuir a guiar hacia un desarrollo más sustentable del medio construido.

**Palabras clave:** morfología urbana, indicadores urbanos, sostenibilidad urbana.

### **INTRODUCCIÓN**

Las ciudades nunca albergaron poblaciones de la magnitud actual. Entre 1950 y 1990, la población urbana mundial se ha multiplicado por diez, desde los 200 millones hasta más de 2000. El futuro de la civilización estará determinado por y en las ciudades (Rogers, 2000) por ello encontrar la forma en que las mismas no devenguen en el deterioro del medio ambiente es una tarea primordial. Necesariamente la arquitectura y la planificación urbana deben desarrollar herramientas encaminadas a producir entornos sustentables. La huella creciente de ocupación por el suelo urbano y la red de movilidad horizontal, invade tierras de alto valor tanto ecológico como agrícola (Rueda, 1996; Mesa, 2005). Mientras que los beneficios que resultan de la reducción del ritmo de la expansión urbana a través de la promoción de asentamientos de mayor densidad son especialmente importantes en las regiones del mundo donde la tasa de crecimiento urbano es alta y la tierra cultivable per cápita y las tasas de crecimiento de la producción agrícola son bajas, el crecimiento del tejido urbano del Área Metropolitana de Mendoza entre los años 1986 y 2001 fue del 81,4%, avanzando sobre zonas con suelos de gran potencial agrícola.

Esta investigación pretende aportar herramientas útiles a la promoción de un desarrollo urbano más sostenible. Dirigiéndose al estudio de la capacidad de carga máxima del tejido urbano del Área Metropolitana de Mendoza (AMM), siendo esta considerada como el nivel de densidad edilicia máxima que reduzca las consecuencias ambientales y socioeconómicas de la producción y consumo de energía asociada al desarrollo urbano.

El AMM se encuentra inserto en un oasis regado por el Río Mendoza, conformando una “isla verde” en el gran espacio semidesértico. El mismo está constituido por las áreas urbanas de 6 jurisdicciones político administrativas, los departamentos Ciudad de Mendoza, Godoy Cruz, Las Heras, Maipú, Luján y Guaymallén; juntos integran una mancha urbana continua, mononuclear y sin límites perceptivos, con más de un millón de habitantes (INDEC, 2010).

La conformación del AMM históricamente se ha desarrollado como la extensión del área urbana de la Ciudad de Mendoza hacia los departamentos limítrofes. En una primer etapa el crecimiento se dio alrededor de la zona fundacional, con el terremoto de 1861 se construyó un nuevo casco urbano en terrenos aledaños. En los años subsiguientes creció consolidando los terrenos pertenecientes a la capital provincial y luego se extendió sobre los terrenos contiguos en las jurisdicciones limítrofes. El continuo crecimiento de la mancha urbana fue absorbiendo pequeños centros urbanos, independientes en su formación. Este proceso de desarrollo que comenzó a finales del siglo XIX se mantiene hasta la actualidad. Dando como

---

<sup>1</sup> Becaria de Formación Doctoral FONCyT

<sup>2</sup> Directora CIHE, Profesora Titular FADU-UBA

<sup>3</sup> Investigador Adjunto CONICET

resultado una trama urbana extensa y de baja densidad que invade zonas agrícolas, de alto valor ecológico, y zonas de piedemonte, ecosistema sumamente frágil. Mientras que lo indicado para una ciudad perteneciente a un ecosistema árido es minimizar las superficies construidas, por lo que resulta esencial detener el crecimiento urbano horizontal, dirigiendo al mismo como la redensificación de áreas consolidadas (Figura 1).

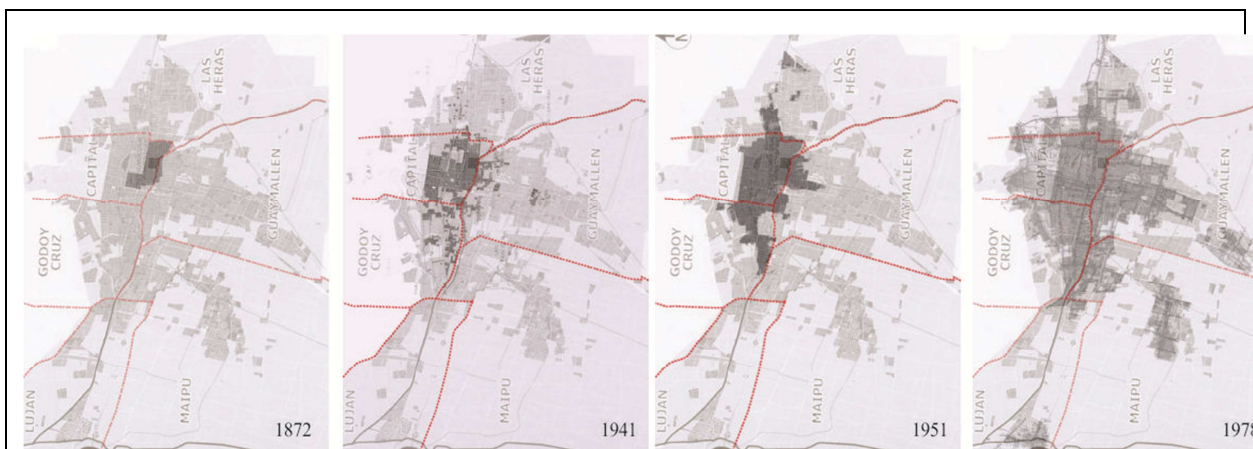


Figura 1: Crecimiento del AMM. Mosaicos construidos sobre base catastral

## METODOLOGÍA

En este primer avance en la investigación sobre el tema se ha analizado un fragmento del AMM, que corresponde al sector urbano consolidado de la Ciudad de Mendoza. El área de estudio presenta una trama geométrica rectangular a rasgos generales, la traza en cuadrícula es su principal característica morfológica aunque no manifiesta las mismas características en toda su extensión. En consecuencia se caracterizó la trama urbana desde 2 variables estructurales: ancho de calles y dimensión de manzanas. La amplitud y orientación de los canales viales determinó 4 zonas con características similares, sobre ellas se realizó un estudio de las dimensiones manzanas. Una vez caracterizada la cuadrícula según sus dimensiones se determinó la muestra, la misma está conformada por la manzana de mayor representación para cada zona.

Para cada unidad evaluada se propusieron diversos modelos urbanos de densificación, resultantes de la aplicación de variaciones a los indicadores urbanos tradicionales (Factor de Ocupación del Terreno (F.O.T), Factor de Ocupación del Suelo (F.O.S.), Altura máxima y Retiros) sobre los que se componen modelos a escala y maquetas virtuales, los mismos fueron ensayados y simulados según los siguientes indicadores:

- *Factor de Forma*

El análisis propuesto analiza la morfología de cada manzana como unidad mínima, y dado que las mismas es el resultado de la sumatoria de las unidades que la componen, se consideró tomar evaluar el comportamiento energético a través del análisis del Factor de Forma (FF), ya que dicho indicador morfológico refleja en forma muy acertada el comportamiento energético en construcciones de tecnologías tradicionales (Mesa, 2001)

- *Ganancia solar:*

El porcentaje de áreas potencialmente colectoras a la radiación solar en invierno, se cuantificó mediante simulaciones a través de un modelo de cálculo (Mesa, 2000) y ensayos en un Heliodón de Múltiples soles en el Centro de Investigación Hábitat y Energía Secretaría de Investigaciones, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo Universidad de Buenos Aires.

- *Proyección de sombras:*

Con el fin de evaluar el impacto que produce la morfología de un edificio sobre sus alrededores, se cuantificaron las sombras arrojadas, tanto en el solsticio de invierno como en el de verano, para ello se realizaron los mismos ensayos y simulaciones del punto anterior.

- *Densidad poblacional:*

Para determinar la densidad poblacional de las morfologías analizadas se toma como unidad de análisis la superficie construida por manzana, considerando 4 habitantes cada 100 m<sup>2</sup> de la superficie construida total, valor promedio de ocupación habitacional de Mendoza (M. et al. 2001).

## ANÁLISIS DEL ÁREA ESTUDIADA. Determinación del conjunto muestral

El área de estudio presenta una trama geométrica rectangular, cuya traza en cuadrícula es su principal característica morfológica aunque no presenta las mismas características en toda su extensión. Una de sus áreas, la más antigua, está constituida por una matriz regular de manzanas cuadradas definida por calles, generalmente orientadas a los ejes cardinales, con manzanas de 130m x 130m y calles de 17m de ancho. El sector correspondiente a la Ciudad Nueva se presenta girado 12°

hacia el este en cuadrícula de manzanas regulares de aproximadamente 100 m x 100 m y calles de 20m. Las fracciones restantes se caracterizan por crecimientos más dispersos, donde la trama se ajusta a la topografía, las pendientes y los cauces de irrigación, quedando modificada la estructura urbana originaria, extendiéndose con marcadas variaciones de forma y orientación. Las 791 manzanas que conforman la trama son calificadas según sus dimensiones y la orientación de su eje principal en 10 grupos (Figura 2).

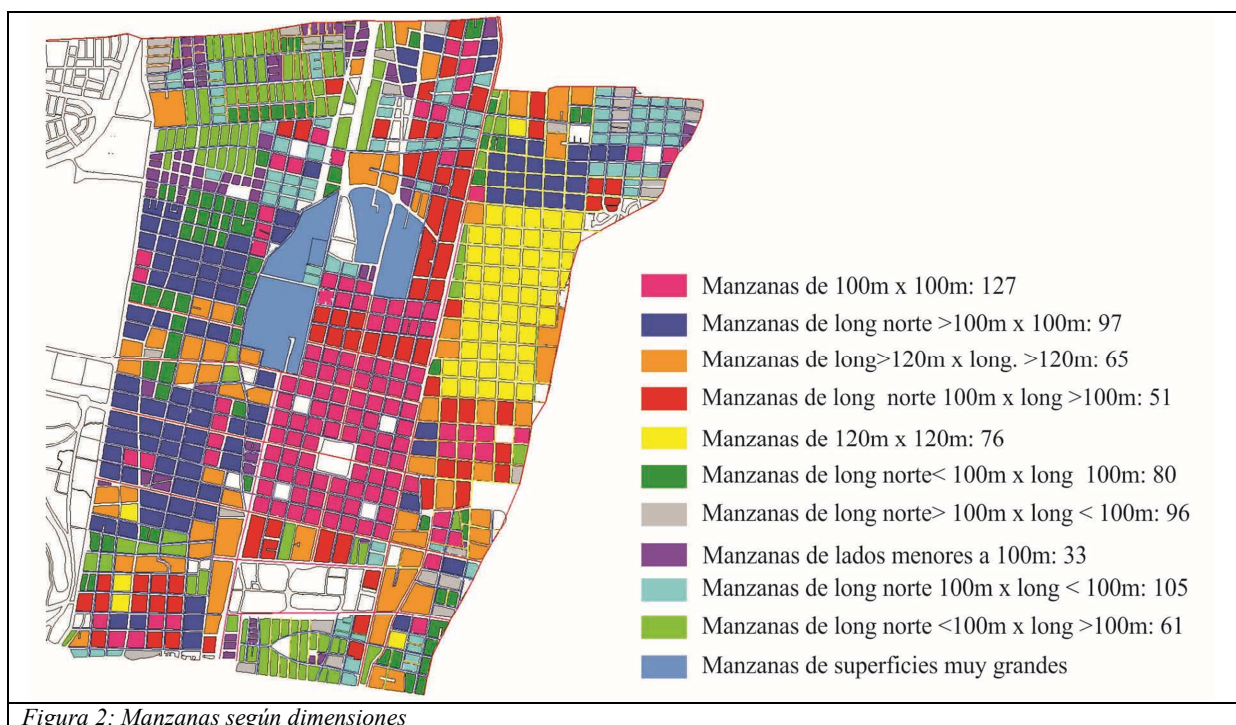


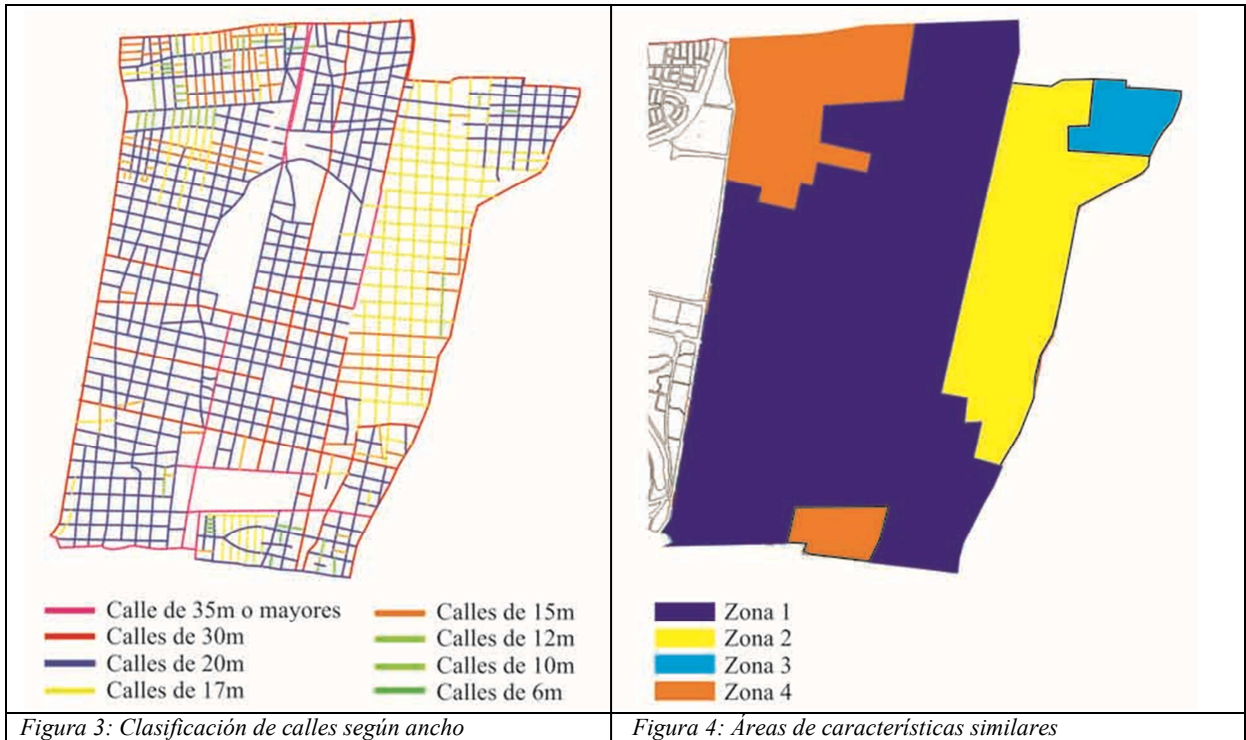
Figura 2: Manzanas según dimensiones

La cuadrícula edificada presenta en el sector analizado separaciones variables en los anchos de calles. Para poder clasificarlas en grupos se cuantificó la amplitud de las mismas en cada tramo, posteriormente se las localizó y agrupó (figura 3):

- Avenidas de 35m de ancho: La particularidad radica en que presentan bulevares verdes.
- Avenidas de 30m de ancho: Mayormente se enmarcan el área de la ciudad de tablero y se extiende hasta el Parque General San Martín, otras funcionan como límites.
- Calles de 20m de ancho: Representan el mayor porcentaje en la totalidad de la trama, su densidad construida es variable así como también sus destinos y zonificaciones.
- Calles de 17m de ancho: En su mayoría se encuentran ubicadas en la “Ciudad Vieja”.
- Calles de 15m de ancho: Su presencia es escasa y se las puede ubicar en dos áreas de distintas características, la más al norte es de carácter residencial de baja densidad, mientras que la ubicada al este pertenece a una zona mayormente comercial de alta densidad.
- Calles de 12m de ancho: Su prolongación es acotada y mayormente se presentan en áreas residenciales.
- Calles de 10m de ancho: Tienen una extensión de 1 cuadra y están situadas en los límites del departamento.
- Calles de 6m de ancho: Constituyen 2 pequeñas zonas, ambas de carácter residencial.

De la diversidad de ancho de calles y dimensiones de las manzanas se pudieron definir 4 sectores de características similares (figura 4):

- Zona 1: se establece como la de mayor superficie en la ciudad, integrada por 428 manzanas.
- Zona 2: corresponde a la urbanización más antigua, está compuesta por 124 manzanas.
- Zona 3: concierne a una urbanización concebida para la realización de un barrio, conformada por 34 manzanas.
- Zona 4 se caracteriza por contener calles de anchos muy variados y atañe a dos sectores diferentes de la trama contiene 124.



Las cuatro zonas están conformadas por manzanas de diversas dimensiones, las mismas fueron evaluadas con el fin de determinar sus características y la frecuencia morfológica (Figuras 5).

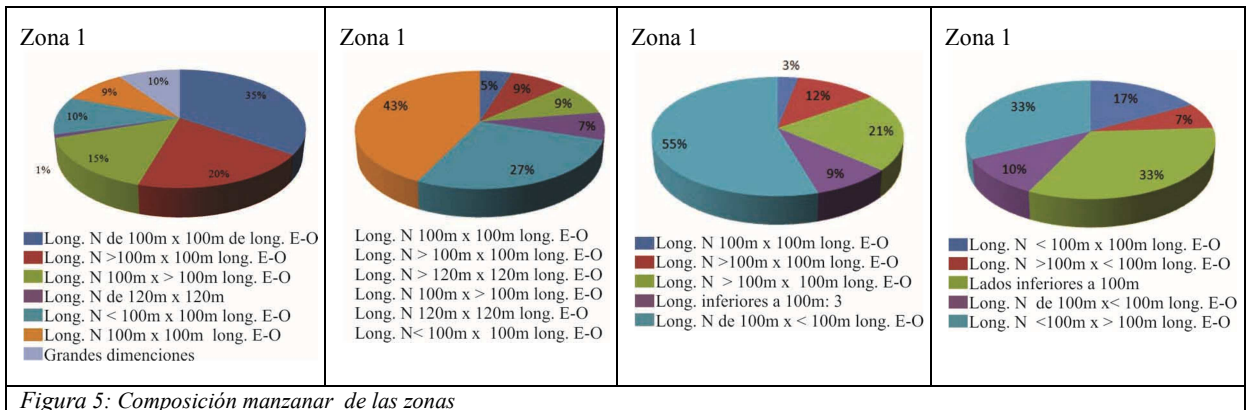


Figura 5: Composición manzanas de las zonas

De la pluralidad de formas manzanas de cada zona surge la necesidad de definir una que represente al universo considerado, la misma es la combinación más representativa de cada área (Figuras 6, 7, 8, 9).

En un primer momento se establecen valores a los indicadores urbanos que promuevan morfologías urbanas de disímiles características: baja altura con centros de manzanas libres, baja altura con pocos espacios abiertos, edificios en altura con centro de manzanas libres, torres con perímetro libre, basamento y torre. En un segundo momento se modelan las configuraciones resultantes de cada propuesta en las muestras de cada de cada zona. Posterior se calcula el factor de forma y la densidad poblacional, y se simula la ganancia solar y la proyección de sombras de cada prototipo.

<p>Figura 6. <b>Zona 1:</b> Calles de 20m y manzanas de 100m por 100m representan el 38% de las tipologías de la zona.</p>	<p>Figura 7. <b>Zona 2:</b> Calles de 17m y manzanas de 120m por 120m representan el 44% de las tipologías de la zona.</p>	<p>Figura 8. <b>Zona 3:</b> Calles de 20m y manzanas de lado norte 100m y este-oeste menor a 100m representan el 55% de las tipologías de la zona.</p>	<p>Figura 9. <b>Zona 4:</b> Calles de 20m en dirección este-oeste y 12m norte-sur y manzanas de lado norte menores a 100m y este-oeste mayor que 100m representan el 37% de las tipologías de la zona.</p>

### Análisis comparativo de las diferentes morfologías urbanas

Con el fin de realizar una evaluación crítica de las configuraciones resultantes se analizó comparativamente las morfologías desarrolladas, determinando la conformación urbana de cada zona con mayores estándares en los indicadores evaluados (Figura 10). El desempeño de las mismas se calificó a nivel de comportamiento energético, ganancia solar, proyección de sombras y densidad poblacional, los puntajes asignados varían de "1" a "5", siendo éste el más favorable y "5", el menos favorable. Este sistema se aplica para facilitar la rápida visualización y comprensión de los comportamientos de las morfologías evitando así las dificultades que se presentan al comparar indicadores cuantitativos de aspectos muy disímiles entre sí (de Schiller and Evans 2010).

La correspondencia entre los valores asignados está dado mediante la determinación de 4 rangos para cada ítem.

- **Factor de Forma**
  - 0,30m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> a 0,85m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>
  - 0,86m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> a 1,40m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>
  - 1,41m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> a 1,95m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>
  - 1,96m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> a 2,50m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>
- **Ganancia solar:**
  - Obstrucción Solar entre 1% y 25%
  - Obstrucción Solar entre 26% y 50%
  - Obstrucción Solar entre 51% y 75%
  - Obstrucción Solar entre 76% y 100%
- **Proyección de sombras:**
  - Obstrucción Solar entre 1% y 25%
  - Obstrucción Solar entre 26% y 50%
  - Obstrucción Solar entre 51% y 75%
  - Obstrucción Solar entre 76% y 100%
- **Densidad poblacional:**
  - 0,31hab./ m<sup>2</sup> de manzana a 0,40hab./ m<sup>2</sup> de manzana
  - 0,21hab./ m<sup>2</sup> de manzana a 0,30hab./ m<sup>2</sup> de manzana
  - 0,11hab./ m<sup>2</sup> de manzana a 0,20hab./ m<sup>2</sup> de manzana
  - 0,01hab./ m<sup>2</sup> de manzana a 0,10hab./ m<sup>2</sup> de manzana

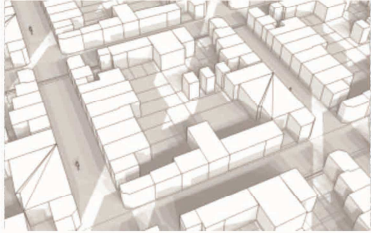
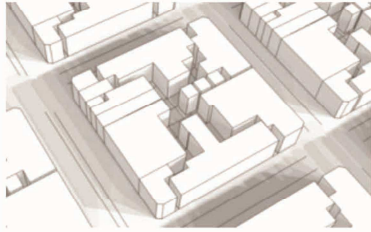
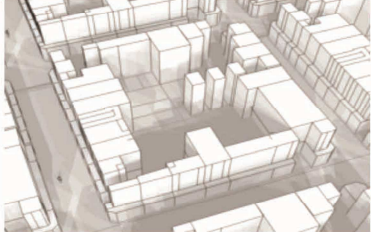


		Demanda de Energía	Canancia solar	Proyección de sombras	Densidad poblacional
<p>Caso 1</p>  <p>F.O.S. 0,5 (medido continuo desde el frente dejando el centro de manzana libre)</p> <p>F.O.T. 200</p> <p>Altura Maxima 12 (Angulo de 32° en la línea de edif de enfrente)</p> <p>Retiros No</p>		●	●	●	●
<p>Caso 2</p>  <p>F.O.S. 0,8 (medido continuo desde el frente dejando el centro de manzana libre)</p> <p>F.O.T. 320</p> <p>Altura Maxima 12 (Angulo de 32° en la línea de edif de enfrente)</p> <p>Retiros No</p>		●	●	●	●
<p>Caso 3</p>  <p>F.O.S. 0,5</p> <p>F.O.T. 500</p> <p>Altura Maxima 30</p> <p>Retiros 3m (retiro frontal apartir de los 12m)</p>		●	●	●	●
<p>Caso 4</p>  <p>F.O.S. No establecido (torre de perimetro libre)</p> <p>F.O.T. (torre de perímetro libre)</p> <p>Altura Maxima 30</p> <p>Retiros 3m (en todo el perímetro)</p>		●	●	●	●
<p>Caso 5</p>  <p>F.O.S. 1</p> <p>F.O.T. 17</p> <p>Altura Maxima (No se especifica)</p> <p>Retiros <math>3m \leq R \leq 1/10h</math> (a partir de los 10m en todo el perímetro)</p>		●	●	●	●

Figura 10: Comparación de la evaluación de los aspectos de sostenibilidad considerados

## RESULTADOS

La comparación de las diversas conformaciones urbanas evaluadas correspondientes a la zona 1 manifiesta que la morfología de mejor comportamiento es la correspondiente al caso 3. El mismo se caracteriza por la edificación continua con retiro frontal y sin retiros laterales. La particularidad del mismo está dada por la homogeneidad en todos los aspectos apreciados (Figura 11).

En el caso de la zona 2 la morfología más adecuada es la del caso 2. El mismo posee las mismas características que el correspondiente a la zona 1, edificación continua con retiro frontal y sin retiros laterales (Figura 12).

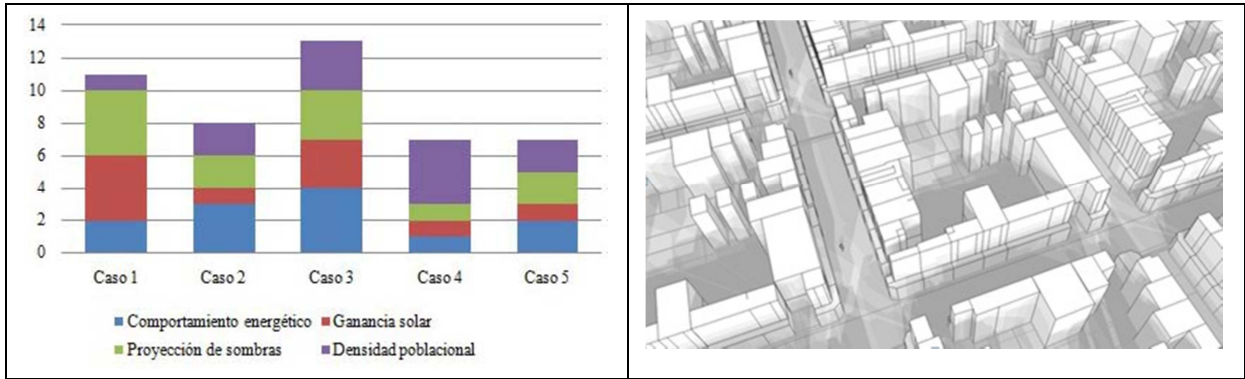


Figura 11: Comparación casos según aspectos de sostenibilidad considerados. Zona 1

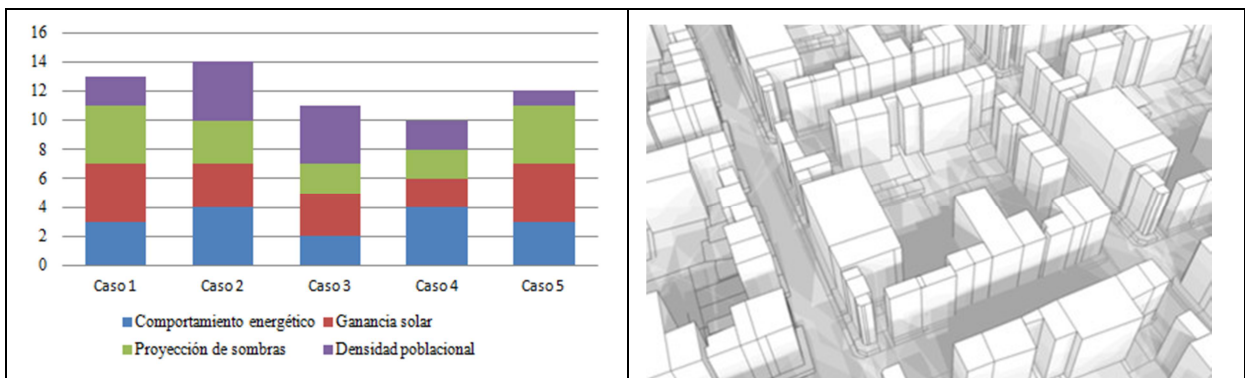


Figura 12: Comparación casos según aspectos de sostenibilidad considerados. Zona 2

La comparación de los modelos correspondientes a la zona 3 presenta que la morfología más conveniente dentro de las analizadas es la resultante del caso 1. El mismo se caracteriza por la edificación de frente continuo con una altura máxima de 12m (Figura 13). Para la zona 4 la morfología más beneficiosa dentro de las analizadas es la correspondiente al caso 1. El mismo se caracteriza por la edificación de frente continuo con una altura máxima de 9m (Figura 11).

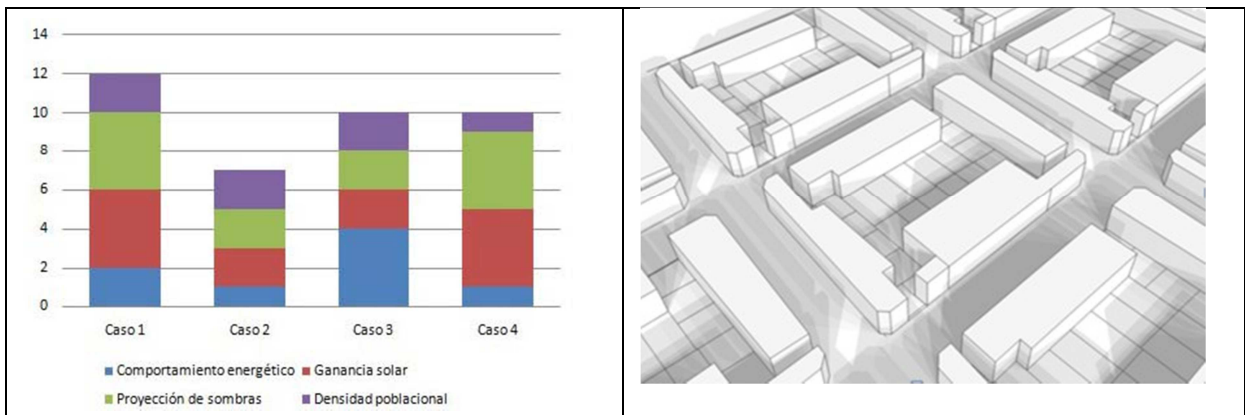


Figura 13: Comparación casos según aspectos de sostenibilidad considerados. Zona 3

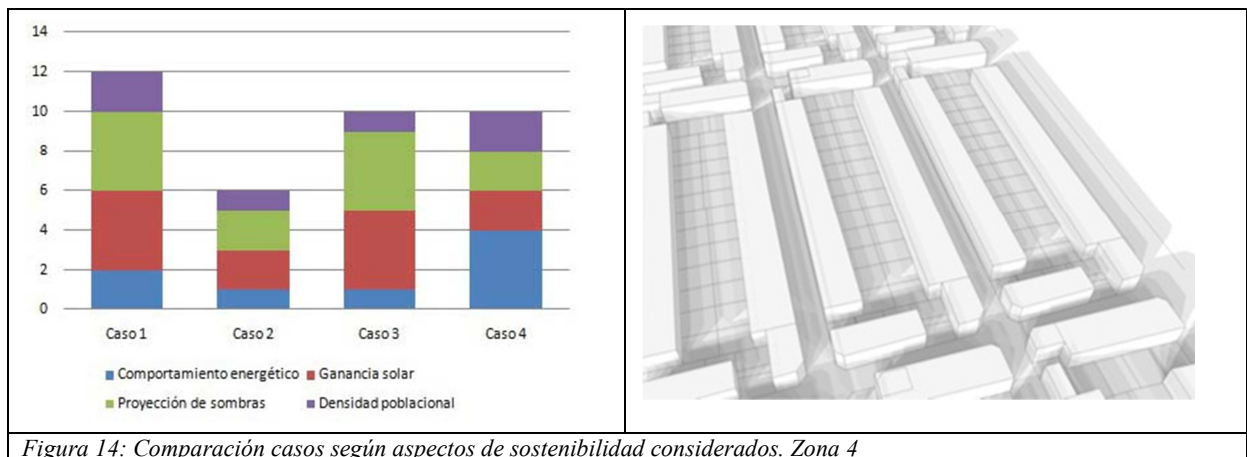


Figura 14: Comparación casos según aspectos de sostenibilidad considerados. Zona 4

## CONCLUSIONES

Las simulaciones y los ensayos de ganancia y protección solar denotan que en invierno, las torres tienen un nivel de asoleamiento escaso debido a la multiplicidad de sombras mientras que las morfologías de fachadas continuas con corazón de manzana abierto permiten el mayor nivel de ganancia solar. Las altas densidades y las tipologías compactas, presentan bajos valores de factor de forma y un mejor comportamiento térmico.

La determinación de densidad poblacional y constructiva óptimas está relacionada directamente con las características de la trama urbana, las cuadras de mayores dimensiones y las calles amplias permiten una mayor densidad mientras que las manzanas estrechas y las vías angostas no.

Esta investigación no arroja determinaciones terminadas en cuanto a los indicadores, sino más bien es base de partida para estudiar valores pormenorizados dentro de las morfologías resultantes.

## ABSTRACT

The paper aims to provide a deeper understanding of the correlation between urban morphology and environmental and environmental and energetical performance, studying the urban fabric of the City of Mendoza to use the results as basis referencial for the analysis of the degree of edilia compactness in search of a more sustainable urban morphology for the Metropolitan Area of Mendoza. The urban fabric has been characterized to establish areas of similar attributes through selected cases to carry out a comparative analysis of different urban morphologies, as a result of the implementation of changes to traditional urban indicators. These are tested and simulated in order to find evidence that will direct urban development towards more sustainable built forms. The results show that, using conventional urban planning indicators, new developments can be guided to contribute to a more sustainable built environment.

**KEYWORDS:** urban morphology, urban indicators, urban sustainability

## REFERENCIAS

- Basso M., Fernández Llano J., Mesa A., de Rosa, C (2001) Morfología para la Eficiencia Energética del Sector Edificio Urbano en el Área Metropolitana de Mendoza. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 5, 6.
- de Schiller, S. y J. M. Evans (2010). Estudios de Sol y Viento en la Evaluación de Impacto Ambiental, en ASADES 2010, 01.111 -01.118. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, INENCO, Salta.
- de Schiller, S. (2002). Transformación Urbana y Sustentabilidad, en Revista Urbana 31, Instituto de Urbanismo, Universidad Central de Venezuela, Caracas. P 13-30, ISSN 0798-0523.
- de Schiller, S. (2001). Sustentabilidad y Transformación del Tejido Urbano en la Cuadrícula Latinoamericana, en Globalización, Forma Urbana y Gobernabilidad, Eds Falú, A. y Carmona, M. I., Universidad Nacional de Córdoba.
- de Schiller, S., Bentley, I. y Butina Watson, G. (2000). Sustainable Urban Form, Environment and Climate Responsive Design, en Proceedings of the 17th Interschools Conference, Oxford.
- INDEC: Censo Nacional de Población 2010
- Mesa, A. & C. de Rosa. 2001. La Incidencia de las Variables Morfológicas, sobre La Eficiencia Energética de la Edificia Urbana en el Área Metropolitana de Mendoza. 07.37-07.42. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*
- Mesa, A. & C. de Rosa. 2005. Estudio de los Patrones de Apropiación del Suelo Urbano por la Expansión de las Áreas Residenciales. Análisis del Área Metropolitana de Mendoza. In *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 05.91-05.95.
- Rueda, S. 1996. *La ciudad compacta y diversa frente a la conurbación difusa*. Madrid: Biblioteca Ciudades para un Futuro más Sostenible.