

# La simulación urbana como herramienta de diseño para el aprovechamiento de energía solar como fuente de luz y calor

Por Dr. Arq. María Victoria Longhini,  
Dr. Arq. Raúl Fernando Ajmat, Mg. Ing.  
José Domingo Sandoval  
Instituto de Luz, Ambiente y Visión  
Universidad Nacional de Tucumán  
[www.facet.unt.edu.ar/luminotecnica](http://www.facet.unt.edu.ar/luminotecnica)

El presente trabajo revisa los lineamientos respecto de habitabilidad, salubridad y garantías de accesibilidad de energía solar que propone el Código de Planificación Urbano, y la influencia de este en el derecho al acceso de la energía solar.

Se propone un proceso de simulación sistematizado para analizar las consecuencias de la densificación, producto de la industria de la construcción en curso, aplicando una metodología para investigar los efectos reales de la puesta en práctica de las normas urbanísticas. Esta metodología permite el análisis del potencial de producción de energía limpia en superficies expuestas, la previsualización y estudio de la habitabilidad de patios de edificios de gran altura y la verificación de legislaciones que necesiten ser revisadas a fin de dar una solución real y efectiva a problemas de diseño y habitabilidad. Se desprende de esta investigación la propuesta de incluir la componente de energía solar en los lineamientos del Código de Planificación Urbano, surge así la idea de un factor de sostenibilidad ambiental solar (FaSAS), que comprende contenidos del tipo solar, climático, factor de visión de cielo, entre otras. Una nueva mirada de la planificación urbana, que entiende la incorporación del recurso solar como parte de una estrategia de diseño para la generación

de un nuevo paisaje urbano, una propuesta desde el saneamiento y la habitabilidad de áreas urbanas que están siendo relegadas en pos de los intereses económicos reinantes.

**Palabras claves:** Simulación urbana. Energía solar. Radiación solar. Planificación. Morfología.

## Introducción

En los últimos diez años se ha tratado de repensar las estrategias acerca de la planificación urbana, apuntando a ciudades con aprovechamiento energético pleno de recursos naturales: captación solar, contaminación cero, reducción de recursos fósiles y emisiones de dióxido de carbono, etc. El camino hacia el desarrollo de energías renovables y limpias, como la captación solar entre otras, es una solución factible, viable para desarrollar. El presente trabajo abarcó una serie de problemáticas referidas al estudio de la morfología urbana y su incidencia en el aprovechamiento de luz natural, las cuales pueden ser las pautas de diseño, políticas de Estado y legislaciones que beneficien una planificación urbana solar, en pos de mejorar las condiciones de habitabilidad, acceso a la luz natural,

captación de radiación, etc., promoviendo el aprovechamiento de energía solar en áreas urbanas o sectores de edificios.

Con el fin de revisar los conceptos definidos por los códigos de planificación para la densificación y preservación de edificios en las zonas urbanas existentes y en áreas de crecimiento, en particular en el área central de San Miguel de Tucumán, se enfocó la investigación en los lineamientos aplicados a los procesos de urbanización en la línea de planificación solar estratégica. Se realizó un análisis para evaluar cómo dichos conceptos afectan, aportan o mejoran las condiciones de habitabilidad, acceso a la luz natural y captación de radiación con el fin de promover el aprovechamiento de energía limpia a las diferentes escalas que abarca el diseño urbano.

*Aprender a utilizar las herramientas, y poder introducirlas en el hacer cotidiano de los profesionales que intervienen en el diseño de las ciudades es el gran desafío de todas estas investigaciones.*

Uno de los principales objetivos fue revisar las alternativas volumétricas resultantes del CPU actual y sus futuras consecuencias en el uso potencial de la irradiación para la generación de energía limpia, permitidas por este en áreas representativas de cada distrito. Para ello se determinó una serie de mosaicos urbanos (Chávez, 2016) y se simularon y compararon diferentes escenarios con el objetivo de conocer en cuánto resulta determinante la incidencia de la forma urbana en el aprovechamiento de energía solar.

### Estado del arte del problema

El uso de las nuevas tecnologías y nuevas herramientas de diseño automatizadas es el foco de las

nuevas investigaciones en pos de mejorar la calidad de vida de sus habitantes. En la complejidad de la realidad urbana concurren numerosas variables que interactúan entre sí (Ruiz Tagle, 2009). En este contexto, dice el autor, es en donde las partes no pueden considerarse como una suma de partes, sino que aparece el concepto de agrupamiento de estas unidades. Surge para abarcar, con una mirada más amplia, la problemática en donde intervienen la sistematización y el uso de nuevas herramientas vinculadas al diseño y la previsualización de alternativas y sus consecuencias.

Es hoy, entonces, donde la tecnología se encuentra al servicio de los profesionales y de manera mucho más accesible, lo que permite un acercamiento directo a problemáticas complejas con una mejora notable y significativa en los resultados de las investigaciones. Aprender a utilizar las herramientas, que sean confiables y de fácil aplicación, y poder introducirlas en el hacer cotidiano de los profesionales que intervienen en el diseño de las ciudades es el gran desafío de todas estas investigaciones.

Los autores Eicker, Nouvel, Duminil y Coors, (Eicker et al., 2017) trabajan sobre los estudios de evaluación de recursos de energía solar pasivos y activos en ciudades utilizando modelos de ciudades en 3D. Remarcan que, independientemente de sus diferentes aplicaciones, los modelos de ciudad en 3D tienen el potencial de coordinar toda la estrategia energética de la ciudad y, por lo tanto, ser una piedra clave de la transición energética.

Cecilia Marengo (Marengo, 2014) trabaja con simulación sobre las transformaciones urbanas referida a enfoques teóricos y metodológicos de las transformaciones en la planificación física de los espacios. Remarca la importancia de la complejidad urbana y la multiplicidad de factores interrelacionados, y de la importancia del desarrollo de herramientas digitales y de simulación en tiempo real de desarrollo y evaluación de las alternativas propuestas para resolver la problemática urbana.

A modo de conclusión, todos estos estudios, marcan una línea de investigación en pos del mejoramiento en las condiciones de habitabilidad en entornos urbanos. Interesa el bienestar que brinda la captación

de luz natural, sean sus efectos sobre la población referido a asoleamiento o captación de radiación para aprovechamiento energético. La simulación será una de las herramientas fundamentales para el desarrollo de estrategias de planificación y diseño que permitan alcanzar los objetivos de mejoras en el desarrollo de las actividades humanas en las ciudades.

*La simulación será una de las herramientas fundamentales para el desarrollo de estrategias de planificación y diseño.*

### Metodología

#### Esquema de simulación propuesto

Se seleccionó el sector sobre el que trabajar, se generaron las propuestas morfológicas y se procedió a la simulación de radiación o de acceso de energía solar por punto, cuadrante o superficie. El punto de partida de esta metodología es la generación de geometrías mediante softwares apropiados. A continuación, se realizó el procesamiento de la incidencia de la radiación en las superficies. Finalmente, el postratamiento de los resultados, con la ayuda de hojas de cálculo y de interfaz gráfica para la presentación de datos.

Por otro lado, se ha sistematizado el proceso de simulación (figura 1) buscando automatizar el modelado y la obtención de datos. Así puede aplicarse esta metodología para diversos casos de estudio de cualquier ciudad. El proceso propuesto se basa en una secuencia de datos que se puede modificar en

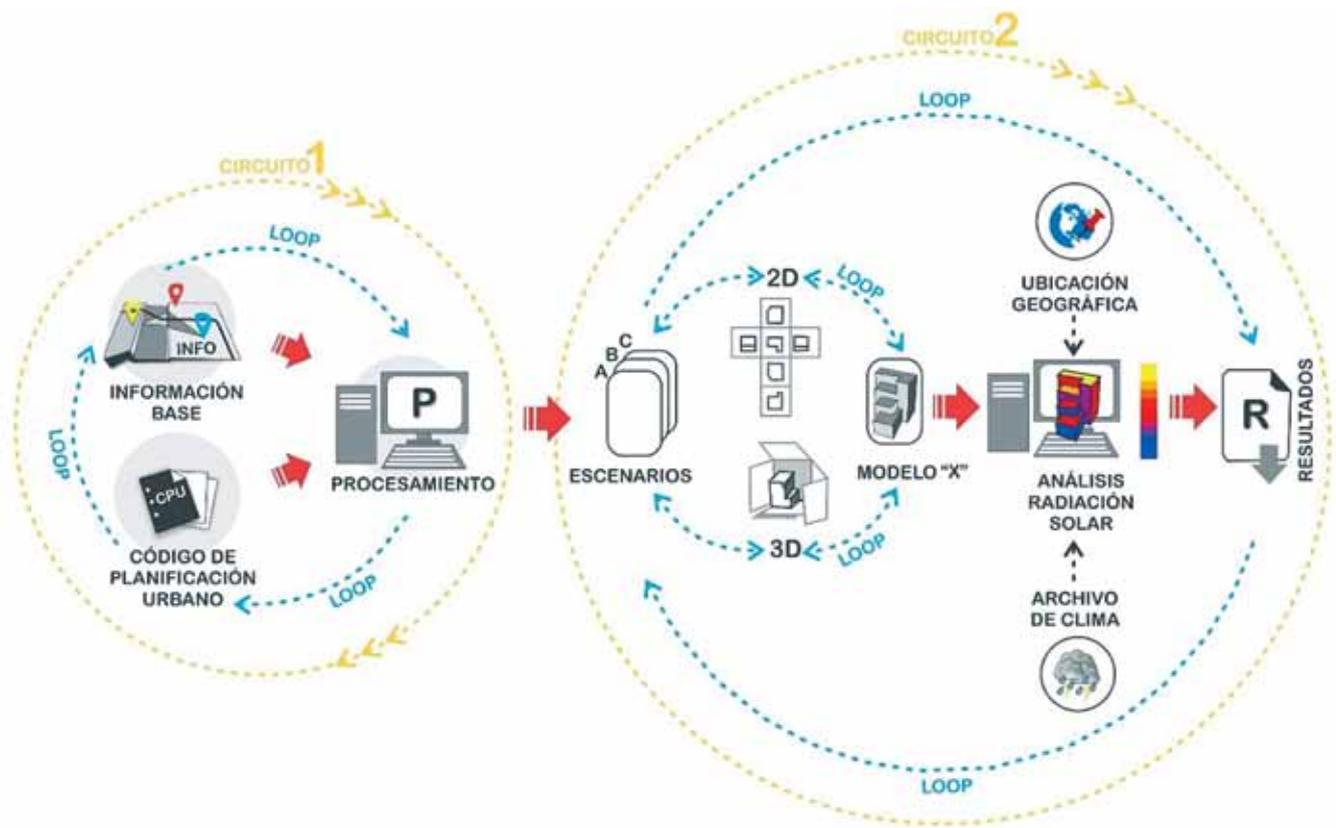


Figura 1. Esquema específico de simulación propuesto

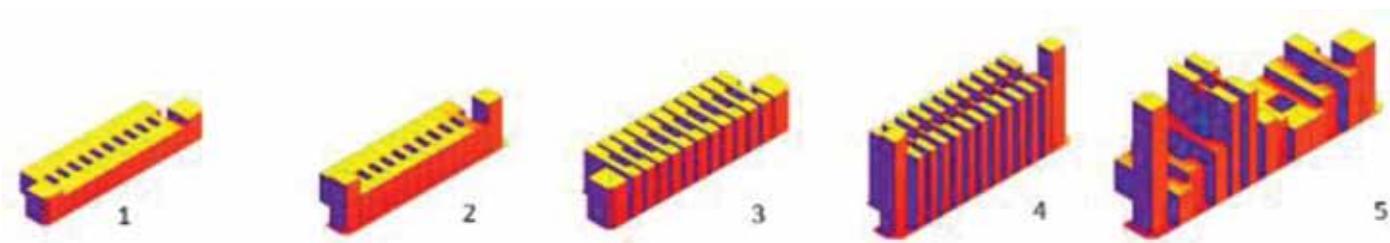


Figura 2. Escenarios 1, 2, 3, 4 y 5. Propuestas morfológicas para R1. Simulación de radiación solar acumulada

diferentes puntos, permitiendo la obtención de datos de diversos escenarios o tipologías simultáneamente.

Sobre la base de un análisis pormenorizado del CPU de SMT, se simuló una serie de escenarios de estudio de diversas características formales y escalas mediante el uso de softwares específicos de modelado 3D paramétrico y manual, según fuera el requerimiento del escenario estudiado. En este punto, se ha previsto un *loop* respecto de modificaciones que se pueden realizar sobre la información base del modelo que deviene en cambios automáticos sobre la morfología 3D de este. Incluye el análisis respecto del cálculo de radiación solar y sombras del modelo 3D donde interviene como información base, además de la maqueta virtual, el archivo de clima de la ciudad estudiada y su ubicación geográfica. Una vez obtenidos los resultados, fueron necesarios el modelo inicial y las modificaciones en los parámetros de diseño, para obtener distintas alternativas morfológicas para un mismo escenario. Una vez que se obtuvo la maqueta deseada para el escenario correspondiente, inició el proceso de exportación de datos de la volumetría (*mesh*) generada, se seleccionó la base de datos climáticos según la ubicación geográfica, el tipo de salida de datos, unidades y configuración de escala gráfica. Se obtiene como resultado una imagen con escala gráfica correspondiente y el listado de datos calculados.

El proceso de simulación propuesto consta de dos grandes circuitos: 1) circuito de carga de datos y generación sistemática morfológica parametrizada, y, 2) circuito de simulación de los distintos escenarios generados y la capacidad potencial de aprovechamiento

de energía solar (basado en la captación de radiación solar simulada en cada morfología analizada).

### Caso de estudio

Se estudiaron cinco escenarios (figura 2).

El análisis de los datos indicó que existen diferencias significativas en el promedio por cuadra de cada caso (tabla 1).

N.º	Escenario	Consumo	Superficie	Distribución
1		26.586.711 kWh	50.063 m <sup>2</sup>	531 kWh/m <sup>2</sup>
2		29.234.398 kWh	55.939 m <sup>2</sup>	523 kWh/m <sup>2</sup>
3		33.456.873 kWh	67.193 m <sup>2</sup>	498 kWh/m <sup>2</sup>
4		44.683.660 kWh	99.759 m <sup>2</sup>	448 kWh/m <sup>2</sup>
5		34.787.554 kWh	66.590 m <sup>2</sup>	522 kWh/m <sup>2</sup>

Tabla 1. Valores de radiación acumulada para casos 1, 2, 3, 4 y 5

En el caso 4 están se alcanzaron niveles menores de radiación solar acumulada anual en relación a los otros casos estudiados, siendo esta la opción de

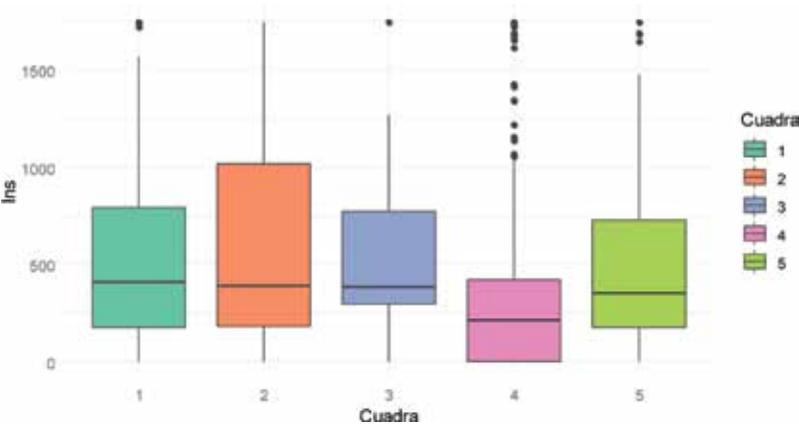


Figura 3. Niveles de radiación solar kilowatt-hora por metro cuadrado (kWh/m2) acumulada para casos de estudio cuadra 1, 2, 3, 4 y 5

perímetro libre con mayor altura edificable y menor superficie por área. A su vez, el caso 4 representa un dieciséis por ciento (16%) menos de radiación respecto del caso 1 (mayor nivel de radiación solar), el cual responde a la morfología compacta homogénea con retranqueo, máxima superficie por lote edificable y menor altura.

*El desarrollo sin restricciones de altura y compacidad afecta el potencial de captación de energía solar.*

En cuanto a la morfología de cada caso, se observó que los escenarios 2 y 5 resultan en situaciones formales muy dispares, pero la combinación de alturas y la diferencia entre las obstrucciones permitieron alcanzar una similitud para la capacidad potencial de captación de energía solar (figura 3). Pudimos observar así que es fundamental el estudio de la forma urbana en las etapas tempranas de diseño.

El factor FaSAS (Longhini, 2019) se aplicó para todos los escenarios con el fin de establecer cuál es la alternativa que cumple mejor con la relación forma-potencial de captación de radiación. Se observó que cuando la morfología es homogénea y compacta, las variaciones son mínimas para los valores de FaSAS; cuando se trabaja con un conjunto heterogéneo, las variaciones son mayores (figura 4). Este resultado pone en evidencia la importancia del entorno en los estudios urbanos y relaciona directamente las posibilidades de diseño como herramienta para prever cuáles fueron los escenarios más desfavorables en el momento de tomar decisiones sobre la morfología urbana.

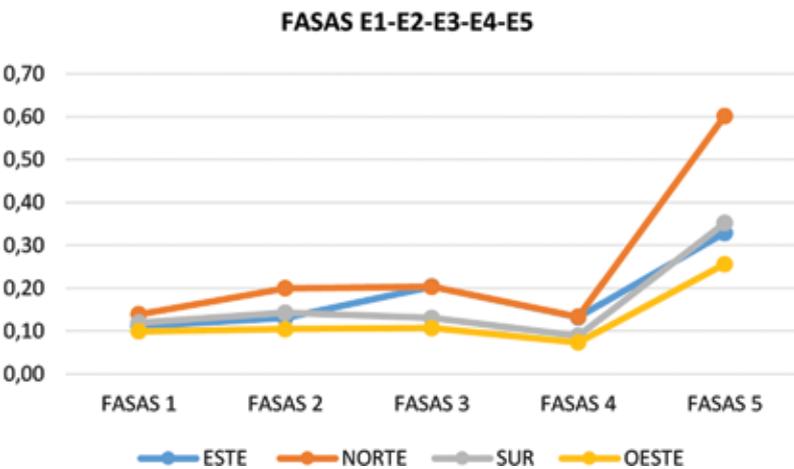


Figura 4. FaSAS E1, 2, 3, 4, 5

### Discusión y conclusiones

Los resultados dieron muestra de una variedad de circunstancias al relacionar los diferentes escenarios posibles con la irradiación solar. Se verificó la importancia que posee la morfología urbana y por lo tanto

la influencia de los códigos de planificación de la ciudad, en términos de disponibilidad de luz natural y el potencial uso de la irradiación para la generación de energía.

El desarrollo sin restricciones de altura y compacidad afecta el potencial de captación de energía solar. Además, afecta particularmente al derecho a la luz natural, ya que la mayoría de las superficies de patios recibirán bajos porcentajes de sol en invierno.

Es posible afirmar, entonces, que el potencial de captación solar se ve influenciado significativamente por la morfología de la cuadra y, a su vez, evidencia que el CPU actual permite una disparidad a nivel cuantitativo y cualitativo de las superficies posibles de utilizar y de la calidad ambiental de los espacios urbanos que entre ellas se generen, posibilidades basadas en el criterio de diseño del profesional a cargo de los requerimientos económicos-inmobiliarios en cada caso.

La metodología presentada permite simular un número ilimitado de combinaciones y probabilidades con una inversión de tiempo sin costo. Esto nos permitiría experimentar con nuevas regulaciones dentro del código o probar las posibilidades de recolectar energía solar de un nuevo edificio que se construirá en un contexto dado.

Como línea futura de estudio, se espera realizar los cálculos necesarios para reconocer un promedio de radiación posible de captación por lote o manzana, para obtener un valor representativo y revisar los casos posibles de alternativas formales, identificando áreas ambientales de potencial captación de radiación. ❖

### Agradecimientos

A las instituciones que financiaron esta investigación: Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET); Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica; PICT 2015/1259 Proyecto "Condiciones ambientales en museos, uso de nuevas tecnologías en el cuidado del patrimonio; Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la Universidad Nacional de Tucumán; Departamento de Luminotecnia, Luz y Visión (DLLyV); Instituto de Investigación en Luz, Ambiente y Visión (ILAV).

### Referencias

- [1] Chevez, Pedro; (2016). "Construcción de escenarios urbano-energéticos a partir de la implementación de estrategias de eficiencia energética y energías renovables en el sector residencial", Tesis Doctoral, Salta. 374 p.
- [2] Eicker, U., Schumacher, J., Bobker, M., Berk, H., Rodríguez, L. R., Vörösmarty, C. J., Descubrimientos, S. N. (2017). "Thinking Local, Acting Global : Urban-scale Energy Modeling for Global Cities". Governance Center of Applied Research, Sustainable Energy Technologies, University of Applied Sciences CUNY Institute for Urban Systems , City College of NY , Marshak 118 , N, 49(0), pp 1595–1603.
- [3] Longhini, María Victoria; (2019). Tesis Doctoral "La incidencia de la morfología urbana en el aprovechamiento de energía solar en el área central de San Miguel de Tucumán", Beca Doctoral CONICET. Departamento de Luz Ambiente y Visión, FACET Universidad Nacional de Tucumán. Director: Raúl F. Ajmat.
- [4] Marengo, M. C., (2014). "Urban Simulation Models : Contributions as Analysis-Methodology in a Project of Urban Renewal." *Current Urban Studies*, 2(September), 298–305.
- [5] Marengo, C., Ambrosini, A., Bonetto, S., Ochoa, A. (2010). "La simulación y su validez como herramienta metodológica para el análisis de transformaciones urbano-territoriales."
- [6] Ruiz Tagle, J.; Gurovich, A.; Cox, T.; (2009). Modelos de simulación urbana. Aproximación a los fenómenos de la ciudad. Prólogo. P 9-12. Editorial: Departamento de Urbanismo Universidad Nacional de Chile. ISBN 978-956-19-0632-7.