

Nuevo INDICADOR DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL URBANA

New urban environmental sustainability index

MARÍA VICTORIA LONGHINI*, RAÚL FERNANDO AJMAT**

Fecha de recibido:

20 Marzo 2020

Fecha de aceptado:

7 Junio 2020

*Universidad Nacional de Tucumán,
Argentina.

victoria_longhini@hotmail.com

**Universidad Nacional de Tucumán,
Argentina.

rfajmat@hotmail.com

RESUMEN. El presente trabajo estudia la resolución formal de la ciudad de San Miguel de Tucumán, en conjunto con la densificación progresiva del tejido urbano y de edificios de su Área Central, y su estrecha relación con el Código de Planificación Urbano y la influencia del mismo en el derecho al acceso de la energía solar. Mediante simulación, que se elabora como metodología de estudio, se revisan los lineamientos respecto de habitabilidad, salubridad y garantías de accesibilidad de energía solar, que propone el Código de Planificación Urbano y su cumplimiento en el Área Central de San Miguel de Tucumán. 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 (Fa.S.A.S), 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. La innovación propuesta es algo más que un cambio en el contenido de la legislación y las normativas en los máximos y mínimos edificables, es un avance en los derechos y las garantías de los habitantes de la ciudad en el acceso a la energía solar como fuente de luz y calor.

Palabras clave: Energía Solar, morfología, planificación, radiación solar, simulación urbana.

ABSTRACT. This work studies the formal resolution of the city of San Miguel de Tucumán, in conjunction with the progressive densification of the urban configuration and buildings of its Central Area, its close relationship with the Urban Planning Code and the influence on the right to access solar energy. Through simulation, developed as a study methodology, we revise the guidelines regarding habitability, health and accessibility guarantees of solar energy, proposed by the Urban Planning Code and its compliance in the Central Area of San Miguel de Tucumán. Following this research emerges a proposal to include the solar energy component in the guidelines of the Urban Planning Code, thus arises the idea of a Solar Environmental Sustainability Factor (Fa.S.A.S) This factor includes contents of the solar type, climate change, sky vision factor, amongst others. A new approach to Urban Planning, which considers the incorporation of the solar resource as part of a design strategy for the generation of a new urban landscape. A proposal from the sanitation and habitability of urban areas that is being relegated to the economic interests. The proposed innovation is more than a change in the content of legislation and regulations in the building maximums and minimums, it is a breakthrough in the rights and guarantees of the inhabitants of the city in access to solar energy as a source of light and heat.

Key words: Solar Energy, morphology, planning, solar radiation, urban simulation.

Podemos hablar de
**UNA REVOLUCIÓN
ENERGÉTICA URBANA,**
QUE DEBE IR SORTEANDO
UNA SERIE DE TRANSICIONES
POLÍTICAS, ECONÓMICAS Y
CULTURALES.

Durante mucho tiempo se ha tratado de repensar las estrategias sobre la planificación urbana, apuntando a ciudades con aprovechamiento energético pleno de recursos naturales como: captación solar, contaminación cero, reducción de recursos fósiles y emisiones CO². El camino hacia el desarrollo de energías renovables, limpias, como la captación solar, entre otras, es una solución factible, viable y a desarrollar, donde se centra la presente línea de investigación.

Por tanto, las pautas de diseño, políticas de estado y legislaciones pueden beneficiar a la “Planificación Urbana Solar” y mejorar las condiciones de habitabilidad, acceso a la luz natural y captación de radiación para promover el aprovechamiento de energía limpia en áreas urbanas o sectores de edificios, es el espíritu de este trabajo. Podemos hablar de una revolución energética-urbana que debe ir sorteando una serie de transiciones políticas, económicas y culturales.

El buen uso de las simulaciones de escenarios, actuales y futuros es una buena herramienta para apoyar estos estudios. La modelización como herramienta para cálculo y visualización de las diversas alternativas o situaciones climáticas potenciales o actuales de una ciudad respecto de potencial de energía limpia solar o de acceso a luz natural en patios de luz de edificios o centros de manzanas, son objeto de estudio actualmente en busca de una solución eficaz para resolver el problema. Se busca principalmente un modelo sistemático aplicable a cualquier unidad urbana existente o a desarrollar, cuyo fin es definir pautas dinámicas para comprender los factores y parámetros que determinan la potencialidad solar de esa unidad. Éstas permitirán llegar a conclusiones que favorezcan el desarrollo

de lineamientos para su concreción, siempre apoyados por entidades de gestión que colaboren al cumplimiento de estos objetivos.

Como antecedentes sobre este tema, cabe mencionar el modelo de *Solar Urban Planning* (Amado, 2014), cuyo enfoque se apoya en el uso del potencial solar como un tema clave de diseño urbano para mejorar el suministro de energía y eficiencia en las áreas urbanas existentes y promover la creación de sistemas fotovoltaicos integrados BIPV en los nuevos emplazamientos urbanos. Predecir los lugares adecuados para los sistemas fotovoltaicos en los edificios y su suministro de energía potencial es un paso fundamental para apoyar las políticas de planificación urbana, donde los nuevos desarrollos deben aumentar el uso de energías renovables y reducir el uso de energías convencionales, y así aumentar los niveles de eficiencia energética (Sauchelli *et al.*, 2013).

Ciudades europeas y del norte de América están más avanzados en los estudios e implementación de los recursos para producción de energía limpia, y en la generación de una conciencia socio-política de apoyo a nuevas formas de desarrollo urbano-energéticos. Para mejorar las condiciones de habitabilidad existentes y futuras en las ciudades donde la planificación energética, desde el desarrollo urbano, es incipiente, se necesita actuar de manera sistemática, consciente y normalizada sobre la aplicación de estas nuevas formas de afrontar los problemas urbanos. Entre estos, nuevas formas de energía solar, eólica, sistemas de almacenamiento de vapor, aplicación de leyes y códigos que favorezcan el derecho al sol, a la luz natural, las parcelas solares, el *Right to Light* en Londres, factores de ocupación de suelo y de usos del suelo.

Dentro de las nuevas formas de pensar, la Planificación Urbana en el mundo surge el tema de integración de la energía solar en la planificación urbana. Podemos mencionar el *GUUD model (Geographical Urban Units Delimitation model)* (Amado, 2014), entre algunos de los sistemas o modelos para implementar como herramienta para el desarrollo de estudios sobre emplazamientos urbanos. En particular, el *GUUD model* plantea que los distritos urbanos y los barrios se pueden convertir en estaciones de energía solar que se comportan como átomos. El modelo combina el Sistema de Información Geográfica (SIG) con el modelado paramétrico y análisis dinámico solar, que debe ser apoyado por las redes inteligentes para su correcta gestión y completado por más edificios eficientes de energía y otros recursos renovables hacia el balance energético de la ciudad.

Ante la continua demanda energética, que apunta hacia la dependencia de energía fósil, surge la necesidad de incrementar o favorecer a las energías renovables para hacer frente a esta demanda energética, con el fin de reducir los daños climáticos, las emisiones de CO², el efecto invernadero, la dependencia económica-política de entidades que controlan el petróleo. De ellos se desprende un nuevo concepto, que es el de Centro Energético (*Energy Hub Concept*) (Orehounig *et al.*, 2013), que describe la relación entre los flujos de energía de entrada y salida –energía renovable– y se puede utilizar para optimizar el consumo de energético durante la planificación urbana. Permite analizar diferentes escenarios a diversas escalas y su relación con el potencial de producción de energía con base en la descentralización de la producción, que apunta a la energía local –*Energy Hub concept*– y no a un único proveedor, mediante paneles fotovoltaicos PV, biomasa o hidroeléctrica.

Entre los antecedentes legales está el *Derecho a la luz (Right to light)*, es un derecho común de la normativa inglesa, que es distinta de la latina, más fundada en la ley escrita de la tradición romana. El *Right to Light* es un tipo de servidumbre que la ley inglesa otorga al dueño de mucho tiempo de un edificio con ventanas a mantener su nivel de iluminación. De esta manera, el dueño de una propiedad edificada que ha recibido luz natural del día por 20 años o más está habilitado para impedir cualquier construcción u otra obstrucción que lo priva de esa iluminación. Se afirma que el derecho a la luz lo adquiere cualquiera que ha disfrutado de luz ininterrumpida a través de una abertura sin ningún consentimiento

específico, de manera abierta y sin amenaza y sin interrupción por más de 20 años. Este uso está considerado en nuestra legislación argentina para casos de posesión de terrenos. En Inglaterra y Gales este derecho a la luz está protegido por la ley común (*common law*). Si un desarrollo limita la cantidad de luz entrante, el damnificado puede iniciar una acción legal contra el desarrollo (Bautista, 2012).

Así, pueden identificarse también problemáticas referidas a la eficiencia energética del sector edilicio, este es uno de los aspectos más significativos para lograr el objetivo de desarrollo urbano sustentable; y problemáticas referidas a la factibilidad del aprovechamiento de energía solar a nivel urbano, teniendo en cuenta las leyes que deben proteger su disponibilidad y ejecución, incorporando lineamientos de diseño en la normativa edilicia y urbana, que forme parte de planificación global, donde juega un papel fundamental la elección adecuada.

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 (Fa.S.A.S.), 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 está siendo relegadas en pos de los intereses económicos reinantes.

PROPUESTA DE ÁREAS AMBIENTALES PARA ZONIFICACIÓN EN EL DISTRITO SAN MIGUEL DE TUCUMÁN

El presente trabajo propone una nueva mirada sobre la zonificación de distritos, superponiendo al presente código de cuestiones ambientales relacionadas con el aprovechamiento del recurso solar. Se desarrolla un esquema que incluye la sectorización en distritos actuales y usos del suelo, y se propone una superposición de nuevas Áreas Ambientales (figura 1).

- AA. Áreas Ambientales
- AACo. Áreas Ambientales Comprometidas
- AAPo. Áreas Ambientales Potenciales
- ACoA. Áreas con Compromiso Ambiental
- APoA. Áreas con Potencial Ambiental
- AU. Anomalías Urbanas

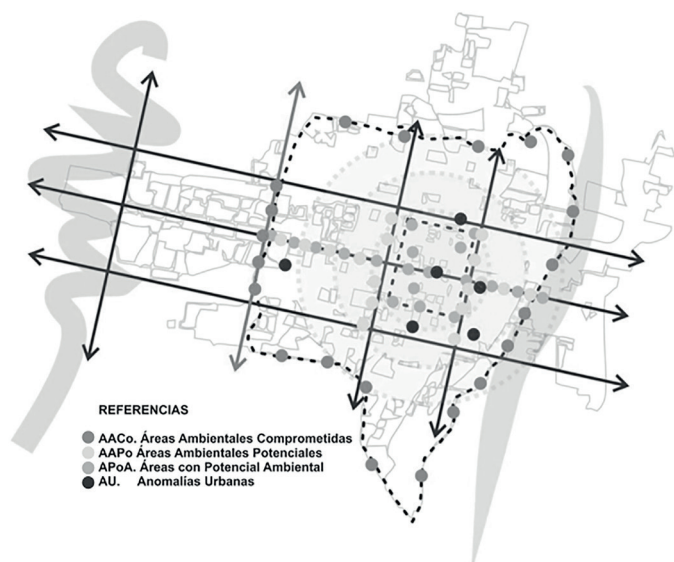


FIGURA 1. AREAS AMBIENTALES PROPUESTAS.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Se desprende de esta propuesta de zonificación el estudio, luego de la ocupación del suelo, donde el Factor de Ocupación del Terreno (FOT), y el Factor de Ocupación del Suelo (FOS), son los que rigen actualmente el Código de Planificación Urbano (CPU) de San Miguel de Tucumán (SMT). Sobre esta base se propone incluir la componente de energía solar. Surge así la propuesta de un Fa.S.A.S que comprende cuestiones del tipo solar, climático, visión de cielo (svf), entre otras.

METODOLOGÍA

En el presente trabajo se aplicará una metodología de simulación de áreas urbanas basadas en modelos experimentales de modelado 3D para la ciudad (Ajmat *et al.*, 2017). Se desarrolla un sistema dinámico de procesamiento de información, donde la simulación es clave para producir los escenarios propuestos para el análisis de casos (Longhini, 2019). La base del desarrollo metodológico está fundada en los principios del uso de las herramientas digitales como pieza fundamental en el diseño urbano.

Uno de los principales objetivos fue revisar las alternativas volumétricas resultantes del CPU actual y sus futuras consecuencias en el potencial uso de la irradiación para la generación de energía limpia permitidas por el mismo en áreas representativas de cada distrito. Para ello, se determinaron una serie de Mosaicos Urbanos (Chávez, 2016), 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.

Sobre la base de un análisis pormenorizado del CPU de SMT, una serie de escenarios de estudio de diversas características formales y escalas fue simulada mediante el uso de softwares específicos de modelado 3D paramétrico y manual, según fuera el requerimiento del escenario estudiado. En este punto se han previsto los procesos respecto de modificaciones que se pueden realizar sobre la información base del modelo que deviene en cambios automáticos sobre la morfología 3D del mismo, incluye el análisis respecto de cálculo de radiación solar y sombras del modelo 3D, donde intervienen 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, el modelo inicial y las modificaciones en los parámetros de diseño, fueron necesarios para obtener distintas alternativas morfológicas para un mismo escenario.

Con la propuesta de un Fa.S.A.S, una serie de verificaciones y estudios sobre todos los Casos de estudio seleccionados fueron revisados para corroborar si la incorporación de un nuevo factor sobre los estudios de condiciones favorables para el aprovechamiento pleno del recurso solar como fuente de luz y energía. El factor propuesto es útil en la medida que correlaciona una serie de factores pre establecidos y los combina junto con cálculos específicos de captación de energía solar para una morfología estudiada, pudiendo revisar conceptos y resultados en un sólo Fa.S.A.S.

APLICACIÓN Y COMPARACIÓN EN CASOS DE ESTUDIO

La relación entre la morfología urbana y el acceso al recurso solar para el aprovechamiento pleno del recurso solar

como fuente de luz y energía se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$Fa.S.A.S. = \frac{(A\ Po\ RS\ (m2) * WR\ SPo\ (Wh/m2)) * \Sigma HS\ Po * SVF\ Po}{(A\ T\ RS\ (m2) * WR\ ST\ (Wh/m2)) * \Sigma HS\ T * SVF\ T}$$

Donde:

Fa.S.A.S: Factor de Sostenibilidad Ambiental Solar.

A Po RS: Superficie Potencial Colectora de Radiación Solar acumulada para periodo de tiempo estimado en días-meses-años, para una orientación dada norte-sur-este-oeste.

WR SPo: Radiación Solar acumulada para periodo de tiempo estimado en días-meses-años, para la Superficie Potencial Colectora.

ΣHS Po: Sumatoria de Horas Sol acumuladas para periodo de tiempo estimado sobre la superficie Potencialmente Colectora.

SVF Po: Factor de Visión de Cielo (Sky View Factor) para periodo de tiempo estimado sobre la superficie Potencialmente Colectora.

A T RS: Superficie Total Colectora de Radiación Solar acumulada para periodo de tiempo estimado en días-meses-años, para una orientación dada norte-sur-este-oeste.

WR ST: Radiación Solar acumulada para periodo de tiempo estimado en días-meses-años, para la Superficie Total Colectora.

ΣHS T: Sumatoria de Horas Sol acumuladas para periodo de tiempo estimado sobre la superficie Total Colectora.

SVF T: Factor de Visión de Cielo (Sky View Factor) para periodo de tiempo estimado sobre la superficie Total Colectora.

Para determinar la Superficie Potencial y la Superficie Total se considera que, sobre la base de un conjunto de edificios a estudiar, la superficie Potencial de estudio es aquella que quede libre de obstrucciones de edificios colindantes inmediatos y la Superficie Total será aquella superficie que no considere la obstrucción de los edificios colindantes inmediatos. Para ello se debió incluir el estudio de lotes, que no son los directamente observados, aquí podemos marcar un quiebre en la consideración de lo que se entiende como espacio privado, ya que se debe considerar al “vecino” en el caso más desfavorable de

construcción al límite máximo de lo permitido por el código, respecto de superficie y altura construibles como influyente de las decisiones de diseño en pos de mejorar las condiciones de habitabilidad, sanidad y aprovechamiento del recurso solar.

APLICACIÓN DIRECTA CASO DE ESTUDIO DE DOS EDIFICIOS

A. SECTOR ESTUDIADO

Se selecciona el sector a trabajar, en este caso, Plaza San Martín, ubicada en zona sur del área central del casco histórico de San Miguel de Tucumán (figura 2). Se puntualiza el estudio en dos lotes ya edificados. Para ello se realiza un estudio pormenorizado del entorno y factibilidades según normativas descritas en el CPU.

B. ESTUDIO DE ÁREAS DE CPU COMPRENDIDAS EN EL SECTOR DE ESTUDIO

Se generan las propuestas morfológicas para los escenarios a estudiar. Tomando como base lo dispuesto por el Código, se realiza una serie de alternativas formales en primer lugar de los edificios linderos (A y B) y su relación con los edificios estudiados (L1 y L2) respecto de las posibilidades que brinda el CPU (figuras 3 y 4).

D. ESTUDIO DE FACTIBILIDADES PERMITIDO POR EL CPU ACTUAL

Se estudia el CPU actual elaborando propuestas en base al Factor de Ocupación del Suelo, Superficie del Terreno, Superficie construible, Superficie por planta edificable, se consideran las alturas entre pisos de la edificación, lo que establece la cantidad de pisos posibles dando un resultado de altura probable de edificio. El desarrollo de las propuestas resulta en un conjunto de escenarios que expresa numéricamente las posibilidades formales, según las dimensiones del terreno, superficies y alturas máximas de las volumetrías.



FIGURA 2. SECTOR ESTUDIADO PLAZA SAN MARTÍN.

FUENTE: GOOGLE MAPS.

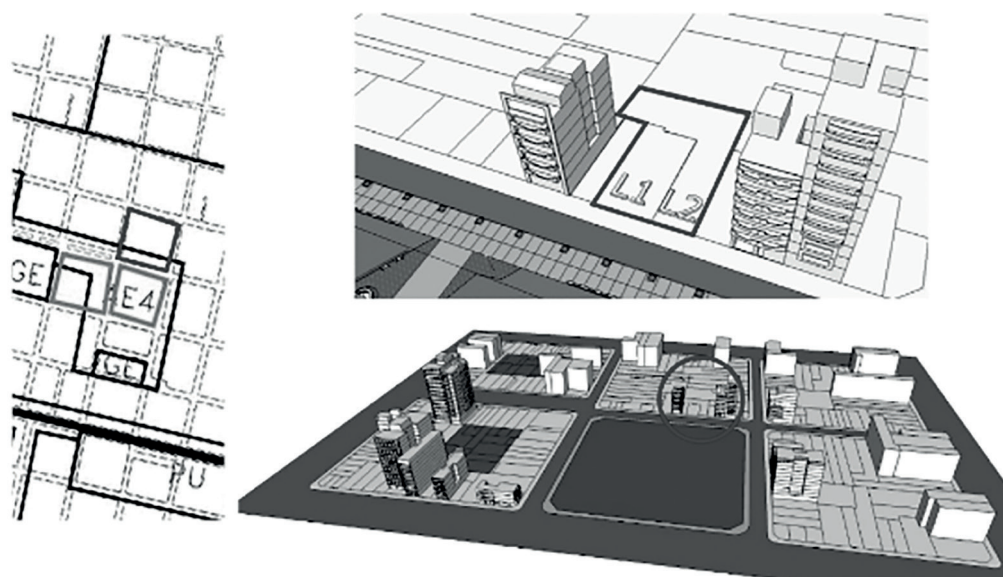


FIGURA 3. MORFOLOGÍA DEL ENTORNO Y CPU.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

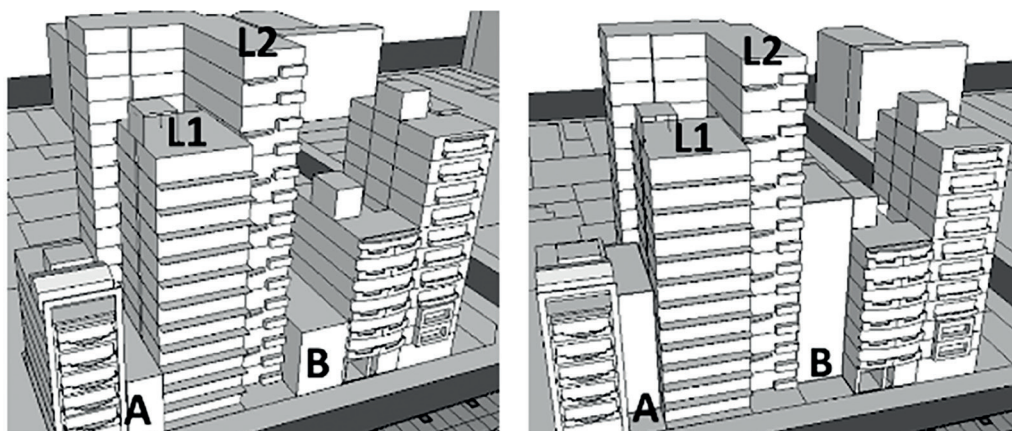


FIGURA 4. MORFOLOGÍA DEL ENTORNO CONSTRUIDO L1 Y L2 CON ENTORNO INMEDIATO A Y B.
(DER) SITUACIÓN ACTUAL. (IZQ.) SITUACIÓN MÁS DESFAVORABLE. SIMULACIÓN ESQUEMÁTICA PROPIA.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

TABLA 1. ESTUDIO DE FACTIBILIDADES PERMITIDO POR EL CPU ACTUAL¹

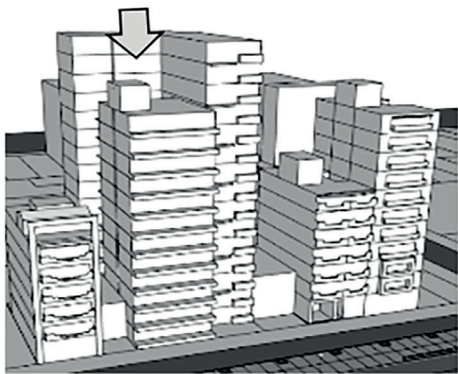
Tipología	FOT AE4 (Factor ocupación del suelo) Área especial 4	Superficie de terreno (m²)	Superficie construible (m²)	Superficie por Planta edificable (m²)	Altura entre pisos de la edificación (m²)	Cantidad de pisos posibles	Altura de edificio (m)
CASO L1							
Entre medianeras	7	246.54	1725.78	150	3	12	35
sobre línea municipal							
Entre medianeras con retiro de 5 m	8	246.54	1972.32	150	3	13	39
Semi perímetro libre	8.5	246.54	2095.59	150	3	14	42
Perímetro libre	9	246.54	2218.86	150	3	15	43
CASO L2							
Entre medianeras sobre línea municipal	7	398.09	2786.63	210	3	13	40
Entre medianeras con retiro de 5 m	8	398.09	3184.72	210	3	15	45
Semi perímetro libre	8.5	398.09	3383.76	210	3	16	48
Perímetro libre	9	398.09	3582.81	210	3	17	51
CASO A							
Entre medianeras sobre línea municipal	7	105.62	739.34	150	3	5	15
Entre medianeras con retiro de 5 m	8	105.62	844.96	150	3	6	17
Semi perímetro libre	8.5	105.62	897.77	150	3	6	18
Perímetro libre	9	105.62	950.58	150	3	6	19
CASO B							
Entre medianeras sobre línea municipal	7	148.67	1040.69	150	3	7	21
Entre medianeras con retiro de 5 m	8	148.67	1189.36	150	3	8	24
Semi perímetro libre	8.5	148.67	1263.69	150	3	8	25
Perímetro libre	9	148.67	1338.03	150	3	9	27

¹ PARA ESTUDIOS DE CASOS SE CONSIDERA LA MORFOLOGÍA CON LA SITUACIÓN MÁS DESFAVORABLE, SIENDO EL CASO ENTRE MEDIANERAS CONSIDERADO COMO TAL RESPECTO DE LA RELACIÓN ALTURA-SUPERFICIE-POSICIÓN EN EL TERRENO DEL EDIFICIO.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

C. ESTUDIO DE MORFOLOGÍA CONSTRUIDA

Se estudia el patio de aire y luz resultante entre los dos volúmenes edificados y se revisa cuáles serían sus condiciones de potencial de captación de energía solar en los balcones del contrafrente de la edificación (figura 5).



D. CÁLCULO DE RADIACIÓN SOLAR ACUMULADO. POTENCIAL Y TOTAL

Una vez elaborados los escenarios se realiza mediante simulación el cálculo de la radiación solar total acumulada para cada uno, permitiendo visualizar las ventajas y desventajas cualitativas y cuantitativas de cada variante estudiada.

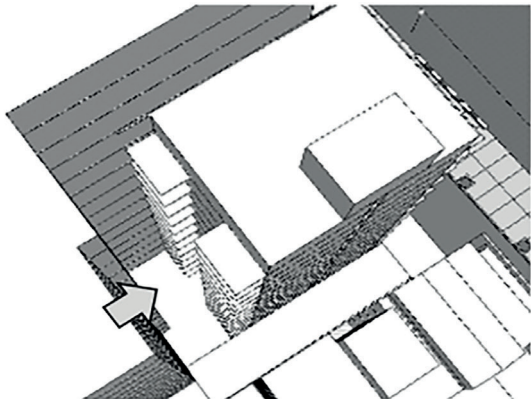


FIGURA 5. MORFOLOGÍA DEL ENTORNO CONSTRUIDO. SIMULACIÓN ESQUEMÁTICA PROPIA. (DER.) FACHADAS DEL CONJUNTO (IZQ.) PATIO ESTUDIADO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

TABLA 2. SIMULACIÓN DE RADIACIÓN ACUMULADA TOTAL Y POTENCIAL PARA ESCENARIOS PROPUESTOS

ÁREA [m²]	ESCENARIOS				
	ACTUAL	E1	E2	E3	E4
TOTAL					
POTENCIAL					

Wh/m²

1,100,000

800,000

0.0



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



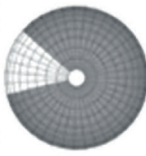
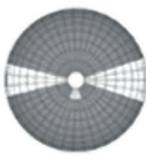
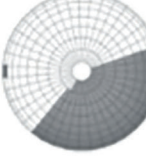
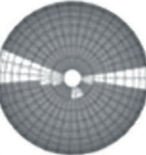
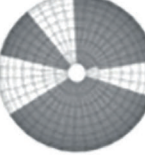
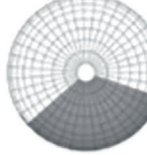
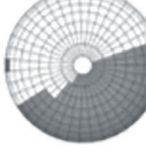
FIGURA 5. (IZQ) VISUAL DE FACHADA SUR DE EDIFICIOS VISTA A PLAZA SAN MARTÍN. (DER.)
VISUAL DE FACHADA NORTE DE EDIFICIOS VISTA A MEDIANERA DE CENTRO DE MANZANA.
FUENTE: IMAGEN DE COLABORACIÓN POR EL AUTOR.

E. CÁLCULO DE SVF. POTENCIAL Y TOTAL

Para un mismo edificio, la disponibilidad de acceso solar difiere cuantitativa y cualitativamente respecto de los locales ubicados en el frente, –orientación sur– y contra frente del mismo –orientación norte– (figura 6).

Por ello es fundamental el estudio de todas las variables intervinientes, sumando al estudio de radiación solar, el de la simulación de factor de visión de cielo, que permite incluir específicamente las particularidades de los patios de aire y luz para cada escenario.

TABLA 3. SIMULACIÓN DE SVF. POTENCIAL Y TOTAL PARA ESCENARIOS PROPUESTOS.

ÁREA [m²]	ESCENARIOS				
	ACTUAL	E1	E2	E3	E4
TOTAL	 15,38%	 17,87%	 25,31%	 65,84%	 57,42%
POTENCIAL	 12,82%	 13,13%	 30,44%	 66,25%	 53,99%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

F. CÁLCULO DE Fa.S.A.S

Utilizando la propuesta de cálculo de Fa.S.A.S (tabla 4 y gráfico 1) pudo obtenerse un indicador que relacione la superficie potencialmente colectora, la cantidad

de radiación posible de captar por dicha superficie, las horas sol que recibe y el porcentaje de visión de cielo desde la posición estudiada.

TABLA 4. CÁLCULO DE Fa.S.A.S.

	m²	Wh/m²	%	%		m²	Wh/m²	%	%		%
	ÁREA TOTAL	RADIACIÓN TOTAL	SVF	HS		ÁREA POTENCIA L	RADIACIÓN POTENCIAL	SVF	HS		FASAS
ACTUAL	6.859,81	650.181	0,10	0,35		4.658,35	667.323	0,13	0,28		0,70
E1	6.056,09	610.659	0,18	0,46		5.515,73	648.607	0,13	0,31		0,48
E2	6.116,11	659.858	0,30	0,57		5.669,53	712.910	0,25	0,56		0,82
E3	7.789,00	604.777	0,66	1,23		7.789,00	570.303	0,66	1,21		0,94
E4	6.817,00	627.427	0,57	1,02		6.404,00	613.181	0,54	1,01		0,85

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

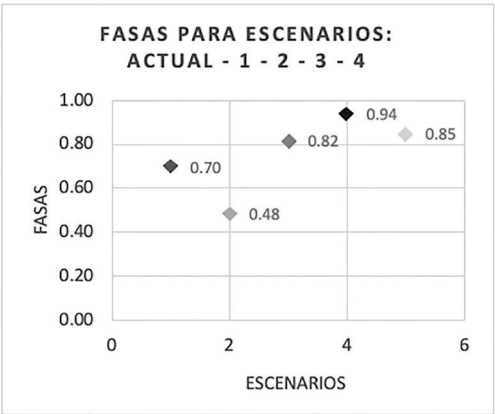


GRÁFICO 1. Fa.S.A.S. PARA ESCENARIOS 1-2-3-4-5.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

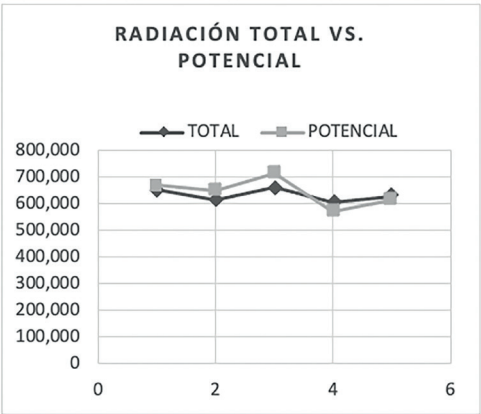


GRÁFICO 2. RADIACIÓN TOTAL VS. POTENCIAL E1-2-3-4-5.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

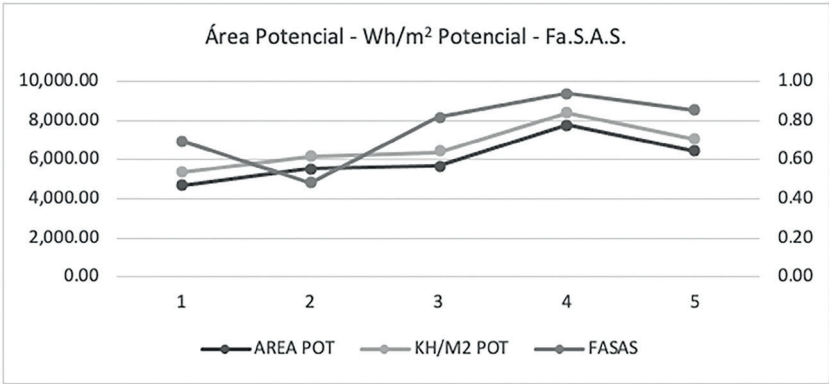


GRÁFICO 3. ÁREA POTENCIAL - Wh/m² POTENCIAL - Fa.S.A.S.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

La relación entre superficie y radiación se mantiene constante para todos los casos, por lo que es difícil definir cuál morfología resulta más apropiada (gráfico 2). Al incorporar el factor Fa.S.A.S. puede identificarse con mayor facilidad cuál de los escenarios es el que resulta en una mejor relación forma-potencial de captación de energía solar (gráfico 3).

Se observa que no siempre una mayor superficie corresponde con un mayor nivel de captación solar y que las obstrucciones reducen significativamente la cantidad de horas sol y el factor de visibilidad de cielo (gráfico 4).

Relación entre m² y Wh/m²

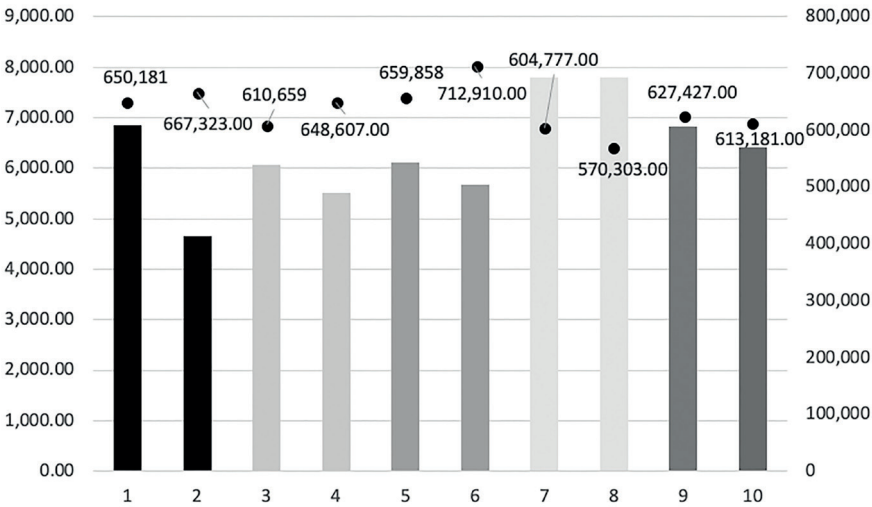


GRÁFICO 4. ÁREA POTENCIAL - Wh/m² POTENCIAL - Fa.S.A.S.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Es tema central de discusión en diferentes ámbitos el derecho al sol y derecho a la luz natural, sin embargo, numerosas normativas no contemplan debidamente acciones ni medidas que garanticen la accesibilidad de energía solar para los habitantes de la ciudad. Entonces, afirmando que es importante para el desarrollo de la vida urbana garantizar el acceso a la luz natural, es necesario resolver la problemática mediante una adecuada Planificación Urbana que contemple tanto intereses económicos como de salubridad, bienestar y confort.

Los resultados de este método de estudio y de la incorporación del factor $F_{a.S.A.S}$, permiten simplificar la lectura del comportamiento de la relación morfología-potencial de captación solar. Se observa que no siempre una mayor superficie corresponde con un mayor nivel de captación solar y que las obstrucciones reducen significativamente la cantidad de horas sol y el factor de visibilidad de cielo. Se obtiene que a menor $F_{a.S.A.S}$, menos eficiente es la morfología propuesta, a medida que aumenta el $F_{a.S.A.S}$, aumenta la eficiencia.

Si bien, Argentina cuenta con cierta normativa, como en escuelas y oficinas, respecto de niveles de iluminación, ventilación y asoleamientos mínimos para edificios públicos, es de esperarse que, éstas se consoliden y no restrinjan su accionar sólo sobre estos, sino que extienda su accionar en otros ámbitos y promocióne el uso de energías renovables y la incorporación de ellas desde las instancias de proyecto de estos edificios. Los cuerpos encargados del control deben ser idóneos y responsables de sus tareas para garantizar que las inversiones que se lleven a cabo respecto de la implementación de equipamiento en edificios del casco urbano consolidado para obtener energías renovables sean resguardadas. Esta es la base de medidas útiles y funcionales centradas en los derechos ciudadanos y proyectadas a un futuro energéticamente sostenible.

CONCLUSIONES

Se reconocen una serie de dificultades no resueltas en la ciudad, que necesitan de la intervención de profesionales conscientes, convencidos y capacitados en el tema para poder subsanar estas carencias, producto de una alta densidad junto con el crecimiento poblacional, y una reglamentación pobre o mal implementada, que no permite un crecimiento urbano planificado y una eficiencia energética urbana adecuadas.

Se observa una gran carencia de áreas verdes en zonas urbanas, o bien, falta de condiciones de habitabilidad en los recintos de edificios, que lleva a la búsqueda de mejores condiciones ambientales hacia el exterior de los mismos. Con esto se hace referencia a la falta de regulación sobre los patios de aire y luz, reglamentaciones sobre derecho a la luz y acceso a ella. A esto podría sumarle el estudio de fachadas y cubiertas de edificios para el aprovechamiento de energía limpia para consumo.

El $F_{a.S.A.S}$ surge entonces como propuesta a una nueva mirada de la Planificación Urbana, que entiende como fundamental 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 intereses económicos. Permite cuantificar la variable formal-cualitativa habilitando el análisis simultáneo de posibles escenarios propuestos y la consecuente relación forma-potencial de captación de energía solar. Su aplicación pone en evidencia la importancia del entorno en los estudios urbanos y relaciona directamente las posibilidades de diseño como herramienta para identificar los escenarios más desfavorables al momento de tomar decisiones sobre la morfología urbana.

FUENTES DE CONSULTA

Ajmat, R., Longhini, V., Lombana, S., Kauffman, M., Sandoval, J. (2017), "Architectural Morphology and potential use of renewable energy at urban and building scale". ISES Solar World Congress swc.

Amado, M., Poggi, F. (2014), "Solar energy integration in urban planning: GUID MODEL", *The International Conference on Technologies and Materials for Renewable Energy, Environment and Sustainability*, TMRES14, pp. 277-284.

Bautista, G. (2012), "Un nuevo desafío para las ciudades del siglo XXI: Garantizar y proteger el derecho al sol", *Área de Ambiente y Desarrollo Sostenible Defensoría del Pueblo de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires*, pp. 1-9.

Chávez, P. (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. Directora Irene Martini, Salta. 374 p.

Longhini, V., Ajmat, R. (2019), "La incidencia de la forma urbana en el aprovechamiento de energía solar en edificios del Área central de San Miguel de Tucumán". Tesis Doctoral. Beca CONICET. Director: Dr. Arq. Raúl F. Ajmat. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología Universidad Nacional de Tucumán.

Orehounig, K., Evins, R., Dorer, V., Carmeliet, J. (2013), "Assessment of renewable energy integration for a village using the energy hub concept". Laboratory for Building Science and Technology, Empa, Dübendorf, Switzerland. ISES Solar World Congress.

Sauchelli, M., Lobaccaro, G., Masera, G., Fiorito, F. (2013), "Smart Solutions for Solar Adaptive Façade Preliminary studies for an innovative shading device". Proceedings of the XIX IAHS World Congress, Milan, Italy, september.