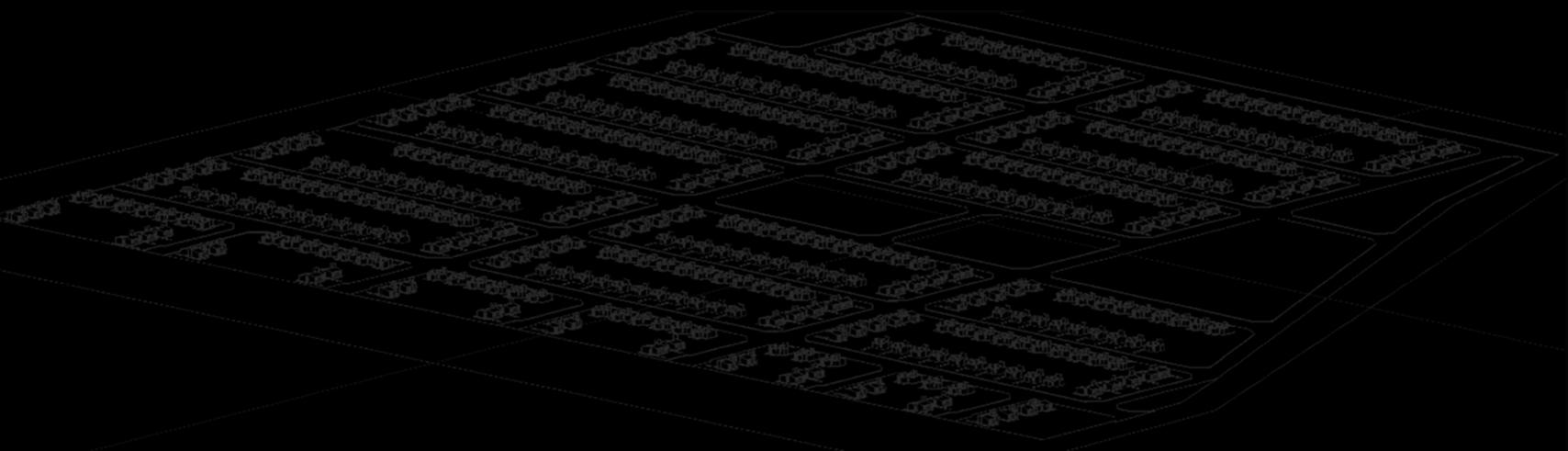
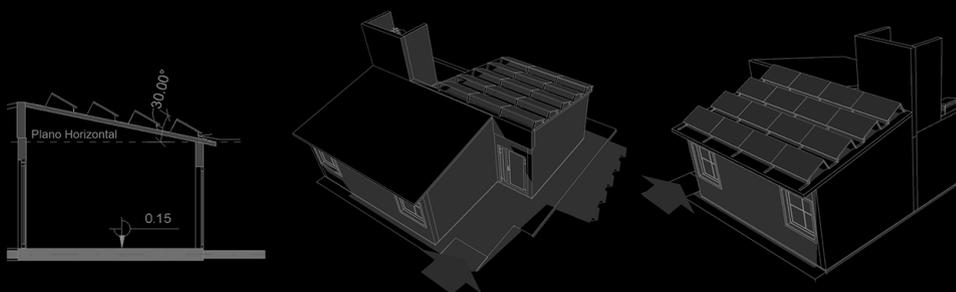
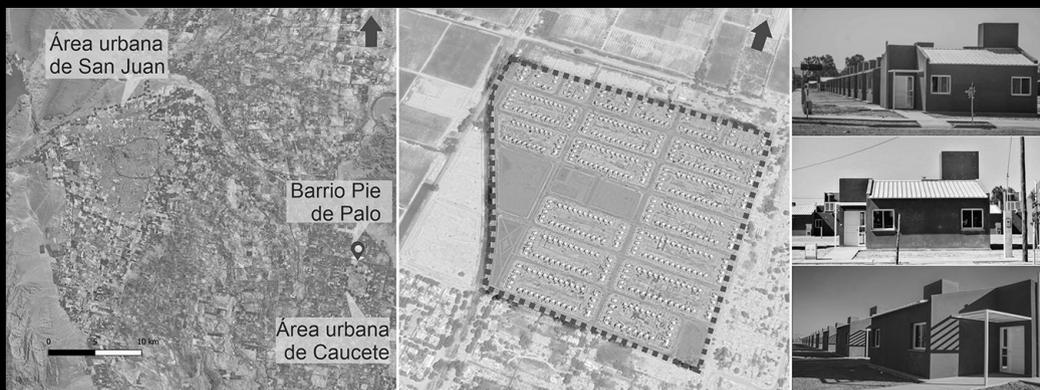


07

Lineamientos de ocupación sustentable del suelo urbano



ESP En la actualidad, políticas energéticas de numerosos países promueven la generación distribuida de energía solar fotovoltaica para contrarrestar el efecto nocivo del consumo de energía fósil de las urbes. No obstante, su despliegue territorial demanda disponer de lineamientos proyectuales de ocupación del suelo urbano sustentados en la integración de dichas tecnologías en el hábitat construido. En este marco, el trabajo que se presenta tuvo como objetivo el diseño de lineamientos que condujeran a la constitución de una futura ciudad solar. Para ello, se seleccionó un caso de estudio y se definió un proyecto conforme a las posibilidades urbano-arquitectónicas. Finalmente, el análisis crítico de las limitaciones resultantes de dicho proceso conlleva a la definición de las pautas. Se concluye que la propuesta representa un aporte a la conformación urbana y arquitectónica sustentable.

ENG **Guidelines for sustainable urban land occupation**

At present, energy policies in many countries promote the distributed generation of photovoltaic solar energy to counteract the harmful effect of fossil energy consumption in cities. However, its territorial deployment requires project guidelines for urban land occupation based on the integration of these technologies in the built habitat. In this framework, the work presented had the objective of designing guidelines that would lead to the constitution of a future solar city. For this, a case study was selected and a project was defined according to the urban-architectural possibilities. Finally, the critical analysis of the limitations resulting from this process leads to the definition of the guidelines. It is concluded that the proposal represents a contribution to sustainable urban and architectural conformation.

POR **Lineamentos de ocupação sustentável do solo urbano**

Na atualidade, políticas energéticas de numerosos países promovem a geração distribuída de energia solar fotovoltaica para mitigar o efeito nocivo do consumo de energia fósil das urbes. Porém, sua implantação territorial demanda da disposição de lineamentos projetuais de ocupação do solo urbano apoiados na integração de ditas tecnologias no hábitat construído. Neste marco, o presente trabalho tem como objetivo a proposição de lineamentos que conduzam à configuração de uma futura cidade solar. Para tal seleciona-se um estudo de caso e define-se um projeto conforme as possibilidades urbano-arquitectónicas. Finalmente, a análise crítica das limitações resultantes de dito processo leva à definição das pautas. Conclui-se que a proposta representa um aporte à conformação urbana e arquitetônica sustentável.

Autoras

Dra. Arq. Alción de las Pléyades Alonso Frank

Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPHa-CONICET)

Universidad Nacional de San Juan
Argentina

Arq. María Celina Michaux

Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPHa-CONICET)

Universidad Nacional de San Juan
Argentina

Estudiante de grado Becario CIN Diego A. Flores

Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño
Universidad Nacional de San Juan
Argentina

Email: afrank@faud.unsj.edu.ar;
celinamichaux@faud.unsj.edu.ar

Palabras clave: energías renovables, energía solar fotovoltaica, sostenibilidad, sector residencial, vivienda de interés social.

Keywords: renewable energies, photovoltaic solar energy, sustainability, residential sector, social housing.

Palavras-chave: energia renovável, energia solar fotovoltaica, sustentabilidade, setor residencial, habitação de interesse social.

Artículo Recibido: 30/06/2022

Artículo Aceptado: 15/11/2022

CÓMO CITAR

Alonso Frank, A. de las P., Michaux, M. C., & Flores, D. A. (2022). Lineamientos de ocupación sustentable del suelo urbano. *ARQUISUR Revista*, 12(22), 88–95. <https://doi.org/10.14409/ar.v12i22.12109>

ARQUISUR REVISTA

AÑO 12 | N° 22 | DIC 2022 – MAY 2023

PÁG. 88 – 95

ISSN IMPRESO 1853-2365

ISSN DIGITAL 2250-4206

DOI <https://doi.org/10.14409/ar.v12i22.12109>



INTRODUCCIÓN

La crisis del petróleo de la década de 1970 puso de manifiesto la necesidad de diseñar ciudades basadas en la relación entre asentamientos humanos y energía (García, 2011). En este aspecto, la planificación energética debe considerar las energías renovables (ER) como una valiosa opción para cambiar el modelo de aprovisionamiento energético (Barragán-Escandón *et al.*, 2019). Su inclusión en el desarrollo urbano responde a las posibilidades de la configuración urbana, el requerimiento energético, la disponibilidad de espacio y de recursos (IRENA, 18 de octubre de 2016).

Entre las ER, la Energía Solar Fotovoltaica (SFV por su sigla en inglés) se puede generar *in situ* aludiendo al concepto de Ciudad Solar (Beatley, 2007). Ello minimiza las necesidades de nuevas líneas de transmisión que actualmente presentan situación de estrés producto de la necesidad de satisfacer la creciente demanda (Cámara Brasileña de la Industria de la Construcción, 2016; Samadzadegan *et al.*, 2021). No obstante, el éxito del despliegue de estos sistemas está en función del nivel de exposición local a la luz solar (Redweik *et al.*, 2013).

Argentina está dando los primeros pasos para la constitución de proyectos sustentables de desarrollo e infraestructura urbana y viviendas financiadas en el marco del Plan Nacional de Vivienda. Dicho sector posee un déficit habitacional superior al millón de viviendas y requiere planificar su construcción con criterios de sustentabilidad y, a la vez, dotarlas de ER (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2019). Ejemplo de esto es el proyecto de remuneración de excedentes de energía eléctrica inyectada a la red de distribución en las viviendas provistas de equipos SFV, fundadas en la ley 27424 de Generación Distribuida de 2017.

En este marco, el presente artículo breve de investigación científica y tecnológica tiene por objeto presentar el diseño de lineamientos proyectuales de ocupación del suelo urbano sustentados en la integración de dichas tecnologías en el hábitat construido.

METODOLOGÍA

Para alcanzar el objetivo planteado se combinan técnicas documentales, observacionales y proyectuales. En primer lugar, se selecciona como caso de estudio un barrio construido por el Instituto Provincial de la Vivienda (IPV) en el departamento Caucete, el cual representa la principal zona de crecimiento poblacional fuera del aglomerado del Área Metropolitana de

San Juan, Argentina (Scognamillo *et al.*, 2021). Seguidamente, se procede a un relevamiento *in situ* que permite constatar parámetros físicos de la vivienda y de su entorno inmediato.

Con esta información, sumada a la documentación técnica suministrada por el IPV, se realiza un modelado 3D empleando el software Revit Arquitectura 2021. En el mismo, se diseña la instalación de dicha tecnología y se determina la cantidad de paneles SFV a incorporar. Para conocer el potencial de generación eléctrica se utiliza el software de libre disponibilidad System Advisor Model 2021. Por último, en función de un análisis crítico de los resultados, se establecen los lineamientos proyectuales enunciados precedentemente.

Caso de estudio

El barrio Pie de Palo se emplaza en el departamento Caucete, a 28 km de la capital provincial. Sus 20 manzanas poseen espacio para edificios escolares y zonas de recreación. De las 471 viviendas, 140 presentan orientación norte; 176, sur; 82, este y 73, oeste. Como se observa en la Figura 1, su sistema constructivo es el tradicional de ladrillón, revoque y techo liviano y sus cubiertas responden a una tipología de dos aguas.

A partir del relevamiento *in situ*, se determina que la vegetación existente en la línea de arbolado público es la Acacia de Constantinopla, caracterizada por tener un crecimiento medio, con una altura promedio de 6 m. Con referencia a la traza urbana, las vías principales tienen un ancho de 12 m y las secundarias, 8 m. Las parcelas, de 300 m², poseen una relación 3 a 1. Por su parte, las viviendas se encuentran retiradas 5 metros de la línea municipal y la distancia entre viviendas varía entre 4 y 7 m según su orientación.

DESARROLLO

Diseño de aplicación de la tecnología SFV en el caso de estudio

Se diseña la instalación SFV considerando la inclinación óptima de los paneles, esto es, el ángulo que se forma respecto de la horizontal. A efectos de alcanzar la máxima producción anual de energía, la misma se corresponde con la latitud geográfica. La Figura 2 expone la ubicación de los paneles en la cubierta inclinada con dirección al norte.

Para evitar pérdidas por sombras, en las viviendas con fachada sur se instalan 15 paneles policristalinos de 160 Wp, mientras que, en las viviendas con fachada



FIGURA 1 | Área urbana de Cauçete (izq.), barrio Pie de Palo (centro) e imágenes peatonales (der.). Fuente: elaboración propia sobre la base de Google Earth (izq. y centro) y Gobierno de San Juan, 2021 (der.).

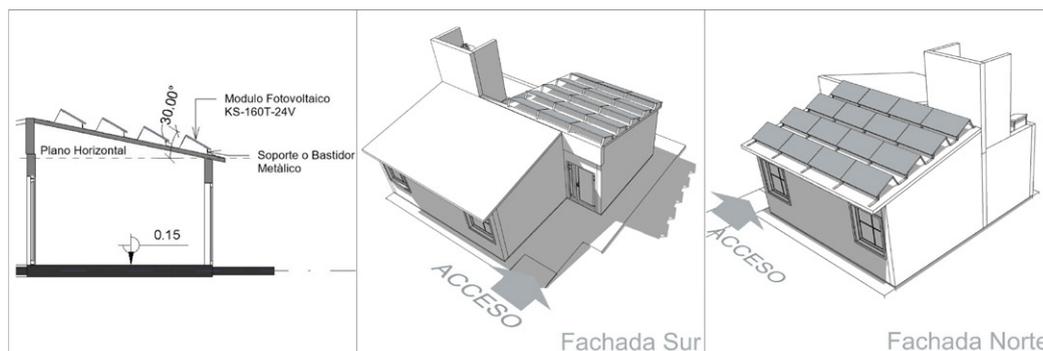


FIGURA 2 | Disposición de paneles SFV en viviendas con acceso norte y sur. Fuente: elaboración propia.

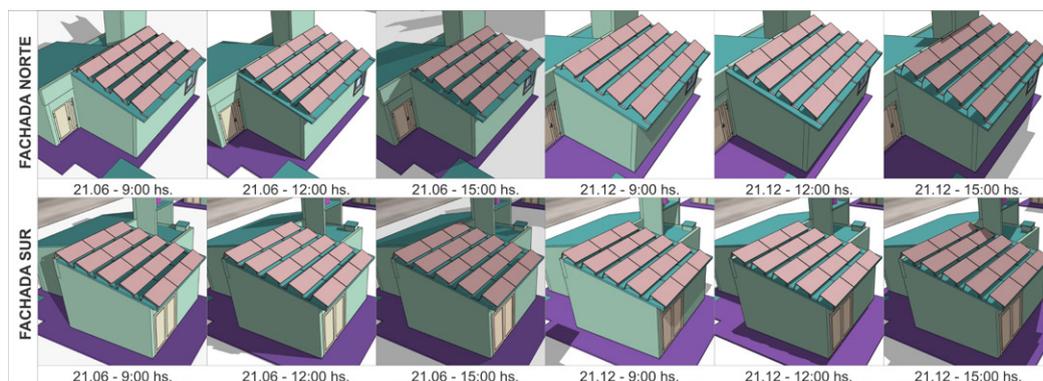


FIGURA 3 | Sombra sobre paneles en fachada norte y sur en el solsticio de verano e invierno Fuente: elaboración propia.

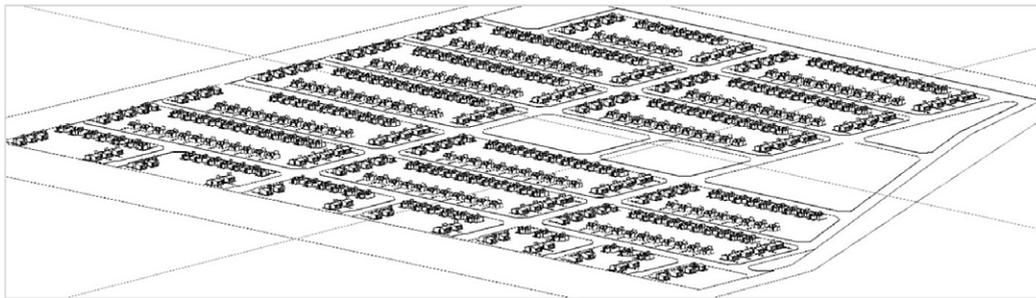


FIGURA 4 | Introducción de paneles SFV en barrio Pie de Palo. Fuente: elaboración propia.

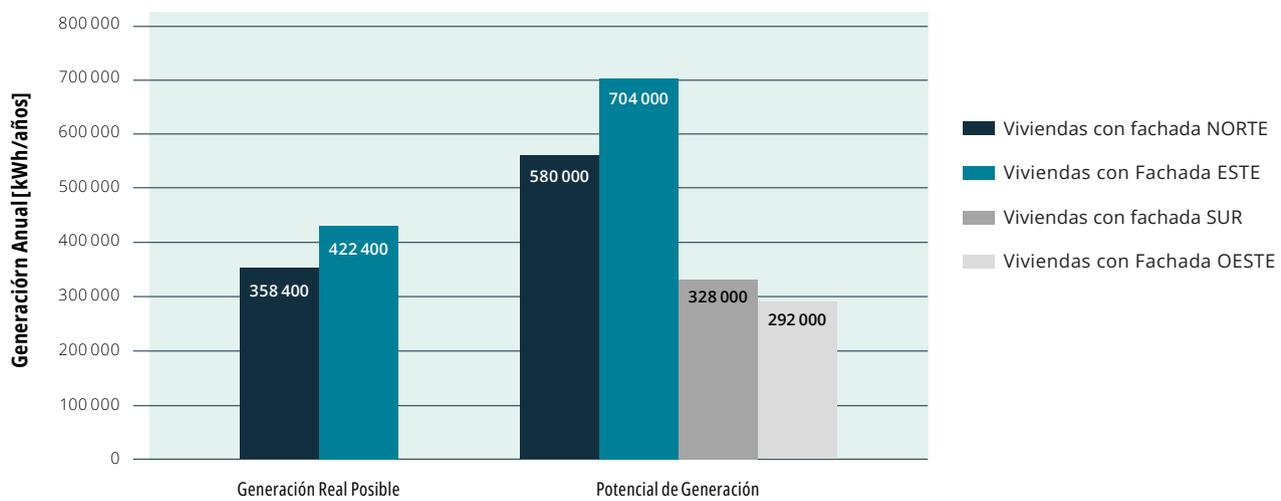


FIGURA 5 | Generación energética *in situ*. Fuente: elaboración propia.

norte, 16 paneles. En ambos casos, estos se emplazan de forma continua, estableciendo 5 bandas horizontales para las viviendas con fachada sur y 4 bandas para las viviendas con fachada norte (Figura 3). Lo expuesto está sujeto a revisión estructural.

Para visualizar la incidencia de las sombras sobre los paneles se georreferencia el modelo 3D y se concluye que no es provechoso colocar paneles en las viviendas orientadas al este y al oeste. Esto debido a que entre mayo y agosto los mismos reciben sombra desde las 16:00 h y, desde septiembre a febrero, desde las 17:00 h, lo que reduce en un 40 % las horas en que los paneles producen energía. En consecuencia, únicamente es posible disponer dicha tecnología en un total de 316 viviendas (fachada norte y sur), esto es, el 67 % del total (Figura 4).

Determinación de la generación de energía solar fotovoltaica *in situ*

La Figura 5 expone, por orientación de vivienda, los resultados obtenidos de la simulación dinámica, los cuales alcanzan los 1 476 480 kWh / año para la totalidad del barrio. Sin embargo, de haberse dispuesto cubierta plana, hubiera sido factible aplicar un promedio de 25 paneles por vivienda y alcanzar 3 505 182 kWh / año, esto es, un incremento del 237 %.

Lo enunciado conduce a reflexionar sobre la necesidad de repensar aspectos del diseño urbano y arquitectónico. Con relación a lo urbano, la distancia entre viviendas y entre éstas y la vegetación debe ser tal que permita aprovechar toda la envolvente para captación solar. La ocupación de la parcela y la vivienda emplazada en la misma tienen que prever las futuras

NIVEL URBANO		Proporción ancho calle-edificio	Distancia existente entre dos fachadas y la altura de las edificaciones que forman parte.
		Orientación	Orientación solar de la fachada principal.
		Factor de ocupación del suelo	Porcentaje de la superficie útil de parcela que puede ocupar la edificación. Se obtiene de la razón: superficie construida total en planta baja / superficie de la parcela.
		Factor de ocupación del terreno	Regula la superficie cubierta total edificable en el terreno. Se obtiene de la razón Σ superficie construida total / superficie de la parcela.
		Sombreado	Producido por vegetación y construcciones del entorno. Se debe planificar el tipo de especie, su ubicación y crecimiento (tanto en altura como en diámetro) para evitar afecciones por sombras y analizar la existencia de elementos constructivos de edificios colindantes próximos a los paneles que puedan perjudicar la instalación.
		Equipamiento	Empleo de equipamiento (luminarias, bancos, basureros) y espacios semicubiertos (solárium, pérgolas, quinchos) para generación SFV.
NIVEL ARQUITECTÓNICO		Altura de la edificación	Conveniencia de alturas homogéneas. Garantizar fluida circulación de aire y adecuada ventilación de paneles.
		Disposición en el terreno	Emplazamiento de la edificación en relación con su orientación respecto de las coordenadas geográficas.
		Superficie de captación	Superficie envolvente de fachada y cubierta que es potencialmente útil para captación solar. Exigir un porcentaje determinado de superficie útil disponible, en función del FOT.
		Espacio de cocheras	Emplear cubiertas para generación SFV.
		Materialidad	Se debe analizar la materialidad, texturas y colores de la superficie del panel de manera que sean compatibles con los demás materiales, colores y texturas de la envolvente del edificio.
		Cubierta	La totalidad de las funciones que se incorporen en las cubiertas (tenders, volumen de ascensores o escaleras, tanques de agua, barandas o parapetos, antenas, chimeneas, caños de ventilación, entre otros) deben analizarse de forma previa y considerar la sombra que los mismos arrojan. Grandes superficies favorecen la instalación de soluciones fotovoltaicas. Por esto, analizar que la cubierta se adapte a las dimensiones del panel SFV.
		Muros y aberturas	Análisis de aberturas, superficies de balcones, parasoles, entre otros.
		Morfología	La tipología de la envolvente debe beneficiar la instalación SFV.
		Accesibilidad	Fácil acceso a la instalación para su mantenimiento y limpieza periódica.

FIGURA 6 | Lineamientos para el diseño arquitectónico y urbano integral. Fuente: elaboración propia.

ampliaciones y sus respectivos cambios morfológicos, así como su orientación solar predominante.

Asimismo, deben considerarse los retiros reglamentarios entre construcciones de diferentes parcelas para evitar la generación de sombras en la envolvente vertical. También es conveniente considerar un diseño integral que incluya al equipamiento urbano autosuficiente energéticamente. Ejemplo de esto último son los espacios semicubiertos comunes o públicos, los cuales pueden representar oportunidades para incorporar paneles SFV, así como los espacios recreativos y sus componentes, tales como bancos, farolas, basureros, cicleros, entre otros.

En cuanto a lo arquitectónico, la materialidad y tipología arquitectónica requieren viabilizar la disposición de paneles SFV en cubiertas y muros y su fácil acceso para el mantenimiento preventivo. Del caso de estudio presentado, se asume que los volúmenes de tanques de agua pueden perjudicar de forma sustancial los paneles sobre cubierta, por lo cual se deben cuidar su altura y ubicación en el conjunto. Conforme al relevamiento efectuado, en el barrio Pie de Palo han construido espacios de cochera semicubiertos, así como galerías y porches, que podrían utilizarse para incorporar la tecnología SFV.

Lineamientos para el diseño arquitectónico y urbano integral

En función de la práctica previamente desarrollada, se determinan a continuación las variables de diseño que favorecen el uso potencial de la tecnología SFV en el sector residencial (ver Figura 6).

CONCLUSIONES

Para un mayor despliegue territorial de la tecnología SFV en entornos con elevado potencial de recurso solar, debe garantizarse un diseño urbano-arquitectónico integral. Ejemplo de ello es lo analizado en el barrio Pie de Palo del departamento Cauce, provincia de San Juan, el cual tendría un potencial de generación de 3 505 182 kWh / año, siendo 237 % superior a lo que podría generar en las condiciones actuales de haber incorporado los lineamientos enunciados en fase de diseño.

Se concluye que los barrios de interés social pueden concebirse como un ejemplo manifiesto del modelo energético sustentable, donde su alcance depende únicamente de que los tomadores de decisiones incorporen la presente propuesta. ✪

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRAGÁN-ESCADÓN, E.; ZALAMEA-LEÓN, E.; TERRADOS-CEPEDA, J. y VANEGAS-PERALTA, P. (2019). Factores que influyen en la selección de energías renovables en la ciudad. *EURE*, 45(134), 259-277.
- BEATLEY, T. (2007). Envisioning Solar Cities: Urban Futures Powered by Sustainable Energy. *Journal of Urban Technology*, 14, (2), 31-46. <https://doi.org/10.1080/10630730701531682>
- CÁMARA BRASILEÑA DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN (2016). *Energías Renovables. Gestión eficiente de la energía en la industria de la construcción*. https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2017/11/Energias_Renovaveis_2016_esp-1.pdf
- GARCÍA, A.P. (2011). Energía y Ciudad: Un Enfoque Postambiental. *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, (XVI), 927.
- GOBIERNO DE SAN JUAN (2021). *El barrio Pie de Palo alcanzó un 90 % de avance de obra*. <https://sisanjuan.gob.ar/planificacion-e-infraestructura/2021-08-10/34224-el-barrio-pie-de-palo-alcanzo-un-90-de-avance-de-obra>
- IRENA (International Renewable Energy Agency) (18 de octubre de 2016). *Habitat III High-level Forum on Renewable Energy in Urban Settings*. https://habitat3.org/wp-content/uploads/RE-Energising-Cities-Outcomedoc_26Oct2016.pdf
- REDWEIK, P.; CATITA, C. y BRITO, M. (2013). Solar energy potential on roofs and facades in an urban landscape. *Solar Energy*, 97, 332-341. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2013.08.036>
- SAMADZADEGAN, B.; SAMAREH ABOLHASSANI, S.; DABIRIAN, S.; RANJBAR, S.; RASOULIAN, H.; SANEI, A. y EICKER, U. (2021). Novel energy system design workflow for zero-carbon energy district development. *Frontiers in Sustainable Cities*, 3, 23. <https://doi.org/10.3389/frsc.2021.662822>
- SCOGNAMILLO, A.; SORIA, M.V.; ALONSO FRANK, A. y GALDEANO RUIZ, M. (2021). Las fronteras materiales como herramienta para la planificación territorial. El caso del Departamento de Caucete, San Juan (Argentina). *IV Jornadas de Sociología 2021*. Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo).
- SECRETARÍA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE (2019). Propuestas de implementación de Energías Renovables en viviendas sociales para la generación de energía eléctrica distribuida y solar térmica. Disponible en https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/propuestas_de_implementacion_de_er_en_viviendas_sociales_para_la_generacion_de_energia_electrica_distribuida_y_solar_termica_ok.pdf