

CONTEXTO Y PAUTAS DE INTERVENCION DE TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA EN EDIFICIOS DE LA REGION NEA

CONTEXT AND PHOTOVOLTAIC TECHNOLOGY INTERVENTION GUIDELINES IN BUILDINGS OF THE NEA REGION.

Mgr. Ing. Virginia A. Gallipoliti

*Cátedra Instalaciones II, Facultad de Arquitectura y Urbanismo-UNNE. Resistencia, Chaco. Argentina.
Av. Las Heras N° 727*

viriniagallipoliti@gmail.com

RESUMEN

Una de las tecnologías energéticas renovables más importantes para la producción de energía eléctrica es la correspondiente a los sistemas solares fotovoltaicos, la cual se basa en la transformación directa de la radiación solar en energía eléctrica, mediante el efecto fotovoltaico. Este trabajo detalla los principios básicos de la integración de los sistemas fotovoltaicos en edificios, proporcionando una visión global del concepto para futuras instalaciones en la región NEA, a la vez que realiza una mirada sobre el contexto actual de los aspectos políticos, sociales y de infraestructura en la región. Se tuvo como material de consulta los diversos informes emanados de entes gubernamentales nacionales e informes internacionales, experiencias locales, extranjeras y proyectos de investigación en curso de organismos nacionales. Se concluye que, a pesar de la incipiente participación de las energías renovables en la matriz energética de las provincias de la región, el potencial en recursos renovables es alto lo que conlleva a avanzar hacia la ampliación de la generación eléctrica, que representa un gran desafío logístico y de gestión para los gobiernos actuales.

ABSTRACT

One of the most important renewable energy technologies for the production of electrical energy is that corresponding to photovoltaic solar systems, which is based on the direct transformation of solar radiation into electrical energy, through the photovoltaic effect. This work details the basic principles of the integration of photovoltaic systems into buildings, providing a global vision of the concept for future installations in the NEA region, while also looking at the current context of political, social and social aspects. of infrastructure in the region. The various reports emanating from national government entities and international reports, local, foreign experiences and ongoing research projects from national organizations were used as reference material. It is concluded that, despite the incipient participation of renewable energies in the energy matrix of the provinces of the region, the potential in renewable resources is high which leads to progress towards the expansion of electricity generation, which represents a great challenge logistics and management for current governments.

PALABRAS CLAVE: Edificios – Tecnología fotovoltaica – Energía

KEY WORDS: Buildings - Photovoltaic technology – Energy

Artículo RECIBIDO: 18/07/19 | **Artículo ACEPTADO:** 12/11/19

INTRODUCCIÓN

Según la International Energy Agency (IEA), las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) mundiales crecieron fuertemente desde 1945. Las proyecciones medias sugieren que, en ausencia de políticas de acción para evitarlo, las emisiones treparán un 50% más en 2025 respecto a los valores actuales. En el período 1990-2010 las emisiones de CO₂ mundiales se incrementaron 44% y, en la Argentina, 70% debido a la utilización de combustibles fósiles. [IEA, 2012]

La situación energética de Argentina, se ha venido deteriorando en las últimas décadas, al punto tal de que se ha perdido la capacidad de autoabastecimiento. La Argentina cuenta con una matriz energética basada en un 85% en combustibles fósiles, dentro de los cuales, el 55% corresponde a gas natural. La crisis del sector energético en nuestro país está directamente vinculada con la producción y consumo de gas natural. Esto ha llevado a la situación de importación de este combustible (gas licuado) por barco. Pero también ha derivado en la importación de otros combustibles para sustituirlo parcialmente.

Existen tres caminos que no son mutuamente excluyentes (Tanides, et.al.; 1996) 1. La reducción y la eficiencia en el consumo (actuar del lado de la demanda desarrollada en esta publicación); 2. Promover un reemplazo gradual de combustibles por otras fuentes de energía; y 3. Incrementar la producción a través de mayor inversión en exploración y explotación, así como el desarrollo de nuevas líneas como biogás.

La tecnología fotovoltaica en Argentina, como aprovechamiento solar renovable, se utiliza en una muy variada cantidad de aplicaciones, fundamentalmente en regiones donde la red eléctrica convencional no está disponible o en regiones remotas donde la extensión de la red eléctrica es demasiado costosa. Sin embargo, el sector residencial consume un porcentaje importante de la energía primaria total producida en el país. El consumo de energía eléctrica crece significativamente y los picos de consumo en el verano generalmente exceden los picos de consumo invernales.

Los sistemas fotovoltaicos integrados a edificios (Chivelet et al, 2009) se configuran como pequeños generadores de energía dispersos en áreas urbanas y presentan varias ventajas, entre las que se encuentran la de no necesitar espacio adicional para su instalación, no requerir inversiones adicionales para infraestructura, tiene bajo costo de montaje y mantenimiento, y no producen contaminación ambiental. Se puede concretar como un sistema de generación para uso exclusivo del edificio con elementos de almacenamiento (baterías) para periodos sin electricidad, o también puede aportar el excedente que no utilice a la Red eléctrica de su comunidad.

Esta forma de implementar SFCR (Sistemas fotovoltaicos conectados a Red) permite mejorar significativamente la calidad de energía en aquellas redes que se encuentran sobrecargadas por el aumento en el consumo y que han sido dimensionadas sin considerar la creciente demanda de energía eléctrica (CNEA, 2010, CAMMESA, 2014). Por lo tanto, el uso de SFCR de esta manera, limita la necesidad de realizar grandes obras civiles para redimensionar la red de baja Tensión existente.

Entre las ventajas de la energía solar en áreas urbanas:

- Es renovable limpia, sustentable y silenciosa.
- Alta confiabilidad
- Generación descentralizada
- Bajos costos de mantenimiento y operacionales
- Ausencia de residuos

- Tendencia a disminución de precios con aumento de eficiencia
- Su uso es libre y puede utilizarse en forma alternativa o complementaria.
- Su distribución es generalizada
- Se adapta a obras de diversas envergaduras y localizaciones.
- Modular, manejable sencilla.

Otras ventajas relevantes:

- El módulo fotovoltaico o el colector térmico pueden reemplazar determinados componentes de la construcción
- La superficie necesaria para la estructura de sustento del generador ya está pagada por la construcción del edificio.
- Un generador fotovoltaico o térmico puede reducir la carga térmica del edificio al generar sombras, y por lo tanto el consumo energético para su refrigeración.
- Se reducen las pérdidas por el habitual transporte de la energía, ya que la misma se produce en el mismo sitio del consumo
- La integración de los sistemas, sobre la “envolvente solar” de los edificios libera el suelo urbano para otros usos.

Por otro lado, el sector de la edificación tiene asociados importantes aspectos ambientales y sociales durante su concepción a través de un planeamiento urbanístico, la plasmación de la idea en el proyecto, la ejecución de las obras, la utilización del edificio y, por último, la finalización de su vida útil. Las deficiencias en su construcción tienen un impacto en el consumo presente y sus efectos se continúan y extienden a lo largo de muchas décadas, con lo cual, el problema de la eficiencia energética en las viviendas debe ser encarado en forma integral, lo que incluye la incorporación de tecnologías solares para su aprovechamiento.

Estas situaciones interiores de los edificios provocan un uso excesivo de la energía para mantener el confort térmico interior. Los autores atribuyen estas cuestiones a *la irregular concreción (proyecto, dirección y ejecución)*, al no considerarse las condiciones de habitabilidad higrotérmica del usuario como «factor de diseño» y el consumo de energía eléctrica se concentra principalmente en la climatización artificial de los espacios interiores regionales (Gareca, Jacobo, 2018) La tecnología de generación eléctrica a través sistemas fotovoltaicas ha tenido amplio desarrollo y gran penetración en países de la unión europea como Alemania, España e Italia y más recientemente en el continente asiático, en particular China y Japón. En Latinoamérica en cambio, el proceso de incorporación de sistemas FV a la matriz energética está en sus albores, con una marcada tendencia hacia la instalación de grandes centrales de generación (Cossoli, 2014).

Esta capacidad de generación fue instalada en el marco del programa **GENREN** implementado en 2010 por el Ministerio de Planificación Federal, Secretaría de Energía de la Nación que adjudicó contratos de Abastecimiento con Fuentes Renovables de Energía con el objetivo de Impulsar la introducción en el país de tecnologías asociadas con la interconexión a la red eléctrica de sistemas FV distribuidos en áreas urbanas y periurbanas. Los generadores fotovoltaicos pueden ser integrados arquitectónicamente a edificios ya existentes y, durante los periodos de generación, estos sistemas pueden alimentar parte de la carga del propio edificio en el que se instalan e inyectar a la red de distribución el excedente de energía generada. En particular, en el nordeste argentino, uno de los picos de consumo de energía eléctrica durante el día coincide con el periodo de máxima irradiancia solar (Melano y Pinto, 2010). De esta forma, la utilización de sistemas fotovoltaicos permite allanar

dichos picos de demanda, aliviando los transformadores y líneas de transmisión durante los periodos de generación de SFCR.



Figura 1: Instalación de un Patio solar en la Universidad Nacional de Nordeste, Resistencia, Chaco con 3 kWp de generación, y **Pérgola** solar fotovoltaica experimental que genera e inyecta energía eléctrica a la red del edificio de Ingeniería en el campus Deodoro Roca, FaCENA, Corrientes, con una potencia nominal de 6720 Wp. Fuente: www.iresud.com.ar

El proyecto IRESUD, "Interconexión de sistemas fotovoltaicos a la red eléctrica en ambientes urbanos", en ejecución desde fines de 2011, finalizando en abril de 2016, tuvo el objetivo de promover la generación fotovoltaica distribuida conectada a la red de baja tensión en áreas urbanas. Este proyecto preveía, entre otras actividades, el diseño, instalación y operación de sistemas fotovoltaicos piloto en viviendas y edificios públicos y privados. En la Figura N° 1 se observan dos proyectos de esta modalidad.

DESARROLLO

Potencial solar y región NEA

El recurso solar es abundante en todo el país, a tal punto que constituyen un buen recurso renovable para la utilización en múltiples aprovechamientos. Para una comparación se podría comparar el valor de Radiación solar máxima que se registra en un país europeo como Alemania durante la temporada estival (1150 KWh/m²) constituye el valor mínimo de Radiación en zonas del sur argentino para meses de invierno. En nuestra región Nordeste se registran valores de hasta 1825 Kwh/m²/año en el mes de Marzo (Grossi Gallegos, 2017). Esto demuestra el gran potencial de utilización del recurso. Particularmente el NEA es rico en aprovechamientos forestales lo que implica el uso de energía de biomasa y posee valores de Irradiación solar útiles en aprovechamientos de la energía solar (calefones solares, paneles fotovoltaicos) (Vera, 2016)

Urge, así pues, implementar estrategias "pasivas" en viviendas y edificios del NEA, lo que corroboran el concepto de que la mejor fuente de energía es el ahorro. Sin embargo, persistirán las necesidades en iluminación, acondicionamiento de aire, y abastecimiento para la enorme variedad de tecnologías que hoy equipa a cualquier edificio. Una vez completado el diseño de la edificación focalizado en la energía, interesan las fuentes. Actualmente, toda nueva edificación y reforma/rehabilitación, debería incorporar la adopción de fuentes de energía renovables, tanto para el abastecimiento de energía eléctrica (fotovoltaica, térmica solar) como para calefacción y calentamiento de agua (colectores solares).

Marco normativo y legislación

En Argentina las nuevas tecnologías de energías renovables cuentan con marcos jurídicos de apoyo y promoción. Un caso destacable es la Ley 26.093 (2006) que dispuso de una serie de medidas de promoción para los denominados “biocombustibles” y estableció para el año 2010 la meta del 5% de corte para la nafta y el gasoil utilizado en el transporte. La Ley 26.190 es el principal instrumento vigente en relación a la promoción de las fuentes renovables en el sistema eléctrico. La norma recién fue reglamentada en mayo de 2009. La meta que adoptó la Ley en su Artículo 2, “lograr una contribución de las fuentes de energía renovables hasta alcanzar el ocho por ciento (8%) del consumo de energía eléctrica nacional”.

También la Ley Nº 27.191: Ley de Energías Renovables, crea el Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica en el Mercado Eléctrico Mayorista Nacional. Como objetivos Establecidos: lograr el 8% para 2017-18, 16 % para 2021, 20% para 2025.

Sin embargo, la normativa fundamental que permite aplicar la generación de electricidad a los usuarios de edificios, aprobada por el Congreso el 30 de noviembre de 2018, permite que todos consumidores puedan ser también generadores de energía. **Ley de Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable Integrada a la Red Eléctrica Pública.** “Fijar las políticas y establecer las condiciones jurídicas y contractuales para la generación de energía eléctrica de origen renovable por parte de usuarios de la red de distribución, para su autoconsumo, con eventual inyección de excedentes a la red, y establecer la obligación de los prestadores del servicio público de distribución de facilitar dicha inyección, asegurando el libre acceso a la red de distribución, sin perjuicio de las facultades propias de las provincias”. Las políticas de incentivos para que los usuarios instalen equipamiento que permita producir electricidad serán implementadas a través del **Fondo Para la Generación Distribuida de Energías Renovables (FODIS)**



Figura N° 2: sistemas interconectados a Red, PV in buildings en el Centro Cívico “el Cerro” (Coslada-Madrid) y las Centrales de Potencia. Trujillo, Extremadura, Spain-Elecnor. Fuente: www.iresud.com.ar

Los Sistema fotovoltaicos (FV) son sistemas de Módulos FV. También deben contar con un BOS (*balance of system*) que constituyen los otros elementos necesarios para completar la instalación: baterías, controladores de carga, convertidores CC-AC, estructuras, en el caso de sistemas independientes sin conexión a Red. (Álvarez, 2014).

Las aplicaciones principales se iniciaron como sistemas aislados: usos Espaciales, Electrificación rural Aplicaciones agrícolas y ganaderas, Telecomunicaciones, Iluminación pública, Bombeo de agua,

Monitoreo remoto y señalización, Productos de consumo, Cargadores de baterías, Autos, aviones, etc. También se encuentran los sistemas interconectados a Red, estos se dividen en Integrados a edificios (PV in buildings) Centro Cívico “el cerro” (Coslada-Madrid) Figura N°2 izquierda y las Centrales de Potencia. Trujillo, Extremadura, Spain-Elecnor 23 MW SunPower T0 Tracker. M. Figura N°2 derecha. Álvarez (CADER). 2014

La energía solar

La energía solar fotovoltaica es aquella que se produce a partir de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica. Este caso es un ejemplo de la transformación de energía radiante en electricidad, y se da a través del efecto fotoeléctrico. (Si cristalino) A su vez, cabe destacar que la energía es generada sólo de día, es por eso que se denominan fuentes intermitentes y deben ser compensadas con otros tipos de generación. Este aprovechamiento, además de ser renovable y no emitir gases de efecto invernadero, se puede aplicar tanto en pequeña escala (casas, comercios, edificios) como a gran escala (grandes empresas, generación para un país).

Un Módulo fotovoltaico produce corriente continua entre 12V a 40V de voltaje. Está constituido por 36/72 células de c-Si conectadas en serie. La potencia pico del módulo fotovoltaico llega al ser iluminado con 1 Kw/m² (mediodía solar de un día despejado). Las potencias de generación típicas de estos generadores fotovoltaicos están comprendidas entre 80 y 300 Wp (con una irradiación solar de 360 -1200 Wh/día). La cantidad de energía aportada por el SFCE depende de la irradiancia que incide sobre la orientación e inclinación de los mismos es de suma importancia en este tipo de sistemas.

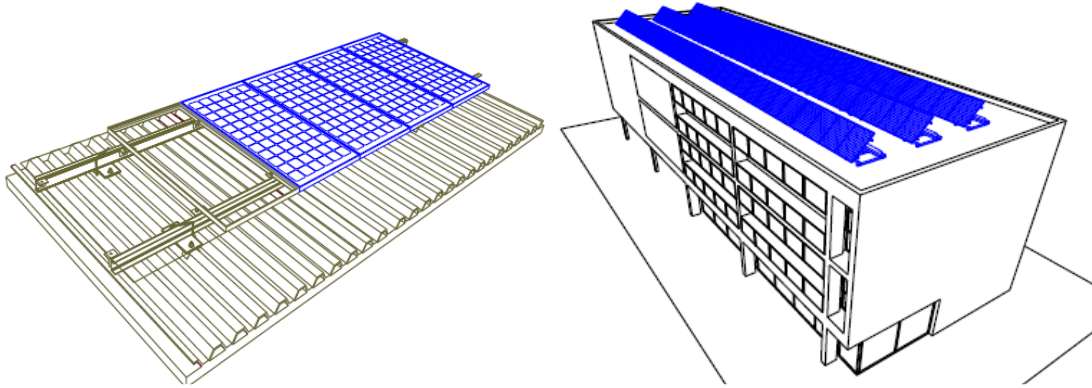
Para el hemisferio Sur, la orientación adecuada para maximizar la captación de energía es hacia el Norte. Por otra parte, la inclinación se determina en función de la posición geográfica del sistema y de la época del año en la cual se quiera maximizar la captación de energía. Con un Angulo de inclinación cercano al plano horizontal se captará mayor radiación en verano, en cambio, aumentándolo se favorecerá la captación de energía en invierno. Para obtener irradiancia constante a lo largo del año se adopta el valor de latitud del lugar para la inclinación de los generadores. En el caso particular de la Ciudad de Corrientes, el Angulo óptimo de inclinación es de 27°.

Las aplicaciones de la energía solar en la edificación a través de la tecnología fotovoltaica permiten usar la envolvente arquitectónica como superficies captadoras y generadora de energía (techo, fachada, parasoles, espacios semicubiertos, etc.) con el propósito de lograr una generación para uso propio y a la vez con la posibilidad de aportar a la red, logrando una generación para el resto de la red/usuarios y anulando las pérdidas por distribución. Existen tres grados de integración de la tecnología solar fotovoltaica, según las etapas del proyecto y construcción:

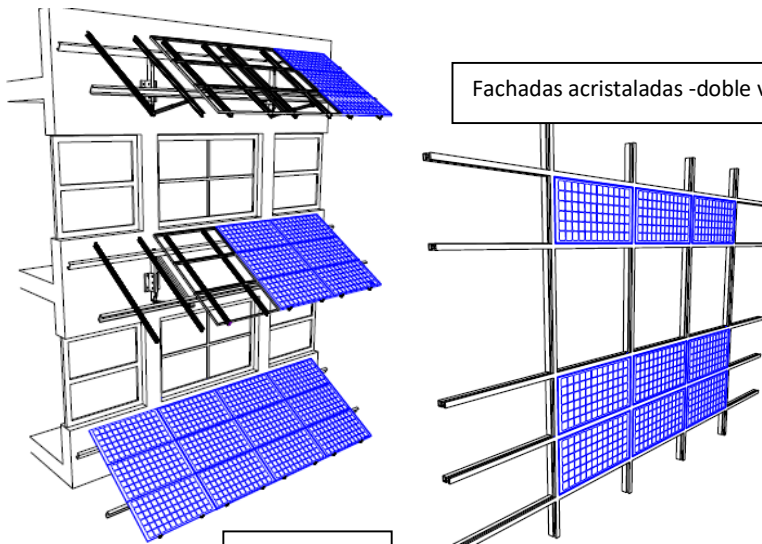
- Integración en arquitectura existente
- Integración en arquitectura aún no construida pero cuyo proyecto no consideraba la ESF
- Integración en arquitectura que ha considerado la ESF desde la fase de proyecto.

Las tipologías encontradas a lo largo de este informe fueron: sobre cubiertas de edificios (inclinadas y planas), sobre fachadas o paramentos verticales (parasoles, viseras, paños ciegos, fachadas ventiladas, acristalamientos, muros cortinas), Pérgolas y estacionamientos, mobiliario urbano y otras aplicaciones que se muestran en algunas imágenes. A continuación, se esquematizan diferentes tipologías de integración de los sistemas fotovoltaicos a edificios. Figuras N° 3 y N° 4.

Sobre cubiertas de edificios inclinadas



Fachadas acristaladas -doble ventiladas



Parasoles

Sobre fachadas- Fachadas acristaladas

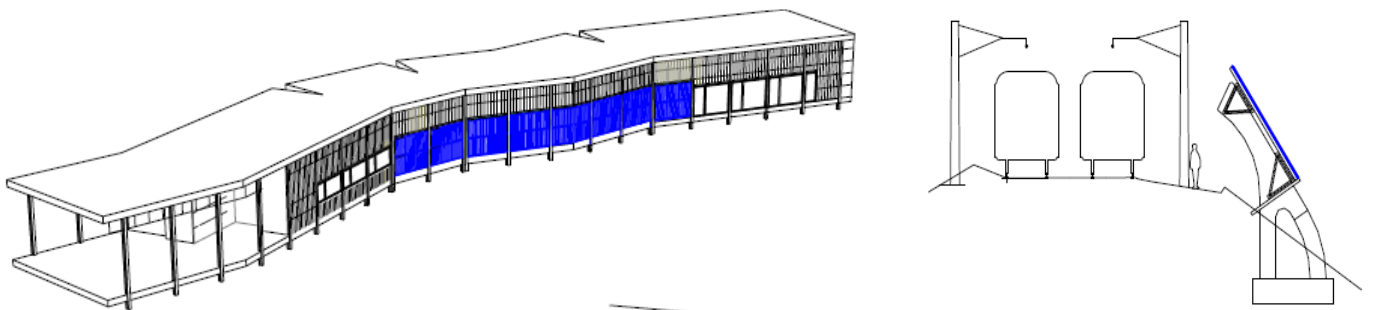
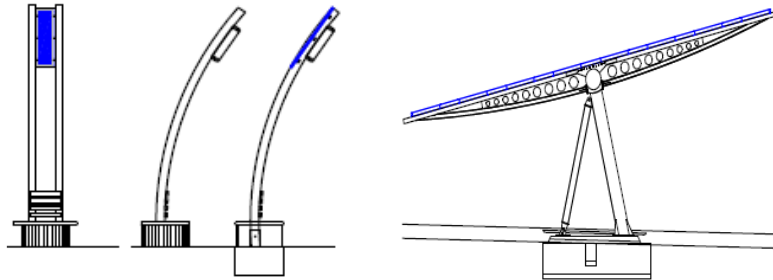


Figura N° 3: Diversas formas de integración de los generadores fotovoltaicos a los edificios. Fuente: SOLARCITIES 2014.CMD

Mobiliarios urbanos –estacionamientos para autos- Pérgolas



Lucernarios: protección solar y de lluvias. Paneles tipo tejas o paneles incorporados a carpinterías metálicas especiales. Diferentes grados de transparencias y protección solar.

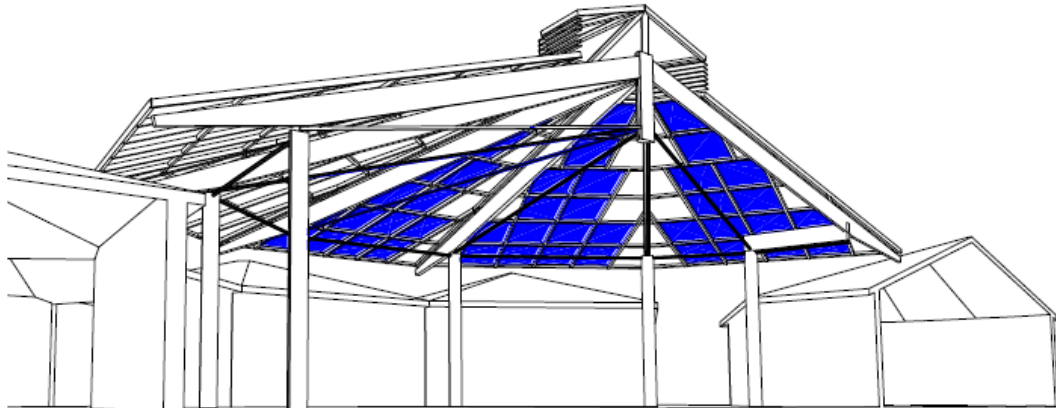


Figura N° 4: otras alternativas de ubicación de paneles fotovoltaicos cumpliendo funciones complementarias en diversos espacios de los edificios. Fuente: SOLARCITIES 2014.CMD

CONCLUSIONES

La integración arquitectónica consistió en dotar al sistema fotovoltaico para generación de energía y elemento de construcción, logrando así economías y sinergias entre sistema y edificación. Con esto también se obtiene ahorros en aspectos constructivos y/o de climatización

La generación de energía en forma distribuida y dentro de los mismos centros de consumo implica un importante ahorro en transporte de la energía y costos, posibilita su crecimiento futuro reduciendo la inversión, cuidando el medio ambiente al disminuir el quemado de combustibles fósiles, y, por consiguiente, las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

El marco legal recientemente sancionado posibilita este cambio de paradigma al permitir y alentar a la generación distribuida en los edificios y viviendas, en una región como la del NEA que hace uso de la energía eléctrica tanto en verano como en invierno para climatizar sus ambientes.

Por otra parte, la integración de generadores fotovoltaicos en la envolvente de los edificios aporta a solucionar el diseño arquitectónico en lo que respecta a controlar la radiación directa a través de sus paramentos (paredes y techo) con la colocación de estos “paños” generadores.

Es importante conocer la realidad contextual de la región en sus aspectos políticos, regulatorios, de conocimiento y aceptación de estas tecnologías, también mano de obra idónea quienes definirán el alcance y las posibilidades del empleo de las mismas.

A pesar que es un mercado con poco desarrollo en la región, los prototipos instalados en edificios denotan un funcionamiento óptimo generando energía y sirviendo a modo demostrativo por encontrarse en edificios públicos de gran convergencia de actores decisores del desarrollo local.

Se podrían crear materias académicas y profesionales de áreas proyectuales y de construcción para insertarse en estos proyectos donde se necesita del ingeniero, arquitecto y constructor para el diseño de sistemas fotovoltaicos para viviendas y edificios.

Existen excelentes recursos renovables en la región, buen capital humano, déficit de energía a cubrir y necesidad de diversificar la matriz energética, cuestiones más que suficientes para la difusión y concreción de estas obras, sin mencionar el aporte económico que resultara de la venta de energía de cada usuario a la distribuidora local.

BIBLIOGRAFÍA

- C.Gareca, Jacobo G., 2018 La necesidad de implementación de la eficiencia energética en la edificación del Nordeste argentino. Revista Arquitecto. Año 1, N° 14. ISSN Digital 2250-4206.
- CAMMESA. (2013). Informe anual 2014 Mercado Eléctrico Mayorista.
- Chivelet N, Sánchez J, Lillo S, Fabero F. (2009). Fundamentos, Dimensionado y Aplicaciones de la Energía Solar Fotovoltaica. Serie Ponencias, Editorial CIEMAT. Capítulos 20-23.
- CNEA (Comisión Nacional de Energía Atómica). (2010). Síntesis del Mercado Eléctrico Mayorista de la República Argentina. pp. 1-13.
- COSSOLI, P. *et al.* 2014. Primeros resultados de operación de una Pérgola solar fotovoltaica instalada en la FACENA-UNNE. Revista Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica - Claves Para El Desarrollo - VOLUMEN 1 ISSN 2422-6424
- Duran Álvarez, 2014. *El uso de la energía fotovoltaica en la generación distribuida*. Curso IRESUD. Introducción a la Eficiencia Energética en Edificios Públicos IEDS – CNEA. Cámara Argentina de la Construcción, Buenos Aires, 6 de mayo de 2014. www.iresud.com.ar
- Energías Renovables en Argentina. Informe a diciembre de 2016. Subsecretaría de energías renovables. MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINERÍA. PRESIDENCIA DE LA NACION.
- Grossi Gallegos 2017 Atlas de energía solar de la República Argentina Edición: primera ISBN: 978-987-9285-36-7 Publisher: SECYT-UNLU
https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/energias_renovables_en_argentina_-_diciembre_2016_version_en_espanol.pdf
- IEA, 2012, CO2 Emissions from Fuel Combustion - IEA Statistics- HIGHLIGHTS
- IRE SUD (2011) Convenio Asociativo Publico Privado para desarrollar el proyecto: Interconexión de Sistemas Fotovoltaicos a la Red Eléctrica en Ambientes Urbanos
- Melano E., Pinto E. (2010). Análisis de Alternativas para el Abastecimiento Eléctrico a la Ciudad de Corrientes. Corrientes Argentina: Congreso Nacional de Ingeniería.
- Tanides, C et al, 1996 Escenarios energéticos para la Argentina Escenarios energéticos (2013-2030) con políticas de eficiencia. Fundación vida silvestre argentina. www.vidasilvestre.org.ar
- Vera, L, 2016 Curso de Posgrado Aplicaciones De La Energía Solar: Sistemas Fotovoltaicos. Grupo en Energías Renovables – GER Facultad de Ciencias Exactas, Naturales y Agrimensura UNNE.