

DISEÑO DE UN PATIO URBANO PARA LA INSTALACIÓN EXPERIMENTAL FOTOVOLTAICA EN EL CAMPUS DE LA REFORMA UNIVERSITARIA, UNNE

ROIBON, María J. / PILAR, Claudia A. / VERA, Luis H.

maijoroibon@hotmail.com / capilar@yahoo.com / luis.horacio.vera@comunidad.unne.edu.ar.

Facultad de Arquitectura y Urbanismo y Facultad de ingeniería, UNNE

Palabras Clave: Sistemas fotovoltaicos, paisaje, ciudad.

Keywords: Photovoltaic systems, landscape, city.

RESUMEN

El presente trabajo expone las consideraciones técnicas y de integración para el diseño de un patio urbano, que cuenta con una cubierta solar, ubicado en el Campus de la Reforma Universitaria de la UNNE. El patio urbano se propone como un espacio intermedio entre el campus y la ciudad, que permita vincular a la comunidad universitaria y a la ciudadanía con la energía fotovoltaica, a través de un espacio común, dotado del equipamiento necesario para realizar actividades de esparcimiento y recreo al aire libre, en articulación con un nodo experimental en el cual se desarrollan investigaciones científicas.

ABSTRACT

The present work exposes the technical and integration considerations for the design of an urban court, which possesses a solar cover, located in the Campus de la Reforma Universitaria of the UNNE. The urban courtyard is proposed as an intermediate space between the campus and the city, which allows linking the university community and the citizenship with the photovoltaic power, through a common area, with the necessary equipment for leisure and recreational activities to outdoors, in articulation with an experimental node in which scientific investigations are carried out.

OBJETIVOS

El proyecto, de carácter interdisciplinario, tiene por objetivo crear las condiciones espaciales, arquitectónicas y paisajísticas para acercar la energía fotovoltaica a la comunidad de la ciudad de Resistencia. El impacto esperado es el efecto demostrativo en la sociedad de la posibilidad de coexistencia de las energías convencionales y la energía fotovoltaica, en especial los Sistemas Fotovoltaicos Conectados a Red (SFCR).

INTRODUCCIÓN

El aumento en el precio de los recursos energéticos fósiles, la disminución de las reservas existentes, los problemas ambientales asociados y la demanda mundial de energía que crece continuamente han conducido al sistema energético mundial, que se afianzó sobre una base centralizada de fuentes finitas no renovables, a cambiar este paradigma a través de sistemas de abastecimiento descentralizados de energía que utilizan recursos renovables. En una de las vertientes de este nuevo modelo se encuentra la tecnología solar de generación distribuida, integrada a entornos urbanos.

A nivel mundial, los países desarrollados ya cuentan en su matriz energética con el aporte de la generación descentralizada a través de Sistemas Fotovoltaicos Conectados a la Red (SFCR). Actualmente, en la República Argentina, se está implementando esta nueva política energética a través de la realización de los primeros SFCR experimentales demostrativos en entornos urbanos. Dentro de estas iniciativas, una de las más importantes es llevada adelante por el FONARSEC a través de la convocatoria FITS 2010 – Energía Solar, que financia parcialmente el Proyecto Interconexión de Sistemas Fotovoltaicos a la Red Eléctrica en Ambientes Urbanos, en el cual participa la Universidad Nacional del Nordeste realizando su

aporte en el diseño, instalación y seguimiento de siete SFCR en provincias del norte argentino. En este contexto, el presente trabajo expone las consideraciones técnicas y de integración realizadas en el diseño de un patio urbano que cuenta con un SFCR de 3 kWp, ubicado en el Campus de la Reforma Universitaria de la Universidad Nacional del Nordeste, cita en la ciudad de Resistencia.

El diseño del patio urbano fue elaborado sobre un abordaje integral que consideró los distintos aspectos de la propuesta, como por ejemplo: el espacio arquitectónico y urbano, el paisaje, los elementos constructivos, las instalaciones conexas y las tecnologías que permitan la concreción del proyecto. Teniendo en cuenta estas cuestiones, se propuso un espacio intermedio entre el campus y la ciudad que permita vincular a los alumnos y a la ciudadanía a través de un espacio común, dotado del equipamiento necesario para realizar actividades de esparcimiento y recreo al aire libre, con una "cubierta solar" que constituye un lugar de encuentro y acercamiento con la tecnología fotovoltaica. En el diseño se incorporaron criterios de sustentabilidad ambiental, como la reutilización de troncos acopiados en el terreno (para las columnas de la pérgola y para el diseño de esculturas a modo de hito), la preservación de la "permeabilidad del suelo", la conformación de espacios para la socialización, el esparcimiento, el estudio en un ambiente distendido y en contacto con la naturaleza, así como la concreción de un nodo experimental que permita monitorear los resultados de este proyecto demostrativo. La cubierta solar ya se construyó, y resta la materialización de la propuesta paisajística, para la cual no existe aún un presupuesto específico.

Actualmente se puede apreciar su impacto y el "efecto demostrativo" tendiente a la difusión de la energía fotovoltaica (limpia, renovable y sustentable), mediante la incorporación del concepto de coexistencia de los sistemas tradicionales de generación y distribución de energía eléctrica, en un espacio útil para el es-

parcimiento y las actividades académicas a cielo abierto, iniciativa que representa un cambio conceptual. De esta manera, se plantea una experiencia aplicada que contribuye al conocimiento tecnológico necesario para impulsar un cambio de escala en el uso de la energía solar, mediante un trabajo interdisciplinario de distintas áreas de la universidad de las facultades de Arquitectura, Ingeniería y Ciencias Exactas, Naturales y Agrimensura.

La experiencia se enmarca en el Proyecto Interconexión de Sistemas Fotovoltaicos a la Red Eléctrica en Ambientes Urbanos, otorgado en el marco de la convocatoria FITS 2010 – Energía Solar, del FONARSEC. Es llevado adelante por el consorcio público privado denominado IRESUD, en el cual participan CNEA –Dpto. Energía Solar, UNSAM –Esc. C&T y GESTEC-Esc. E&N, Aldar SA, Edenor SA, Eurotec SRL, Q-Max SRL, Tyco SA y la Universidad Nacional del Nordeste, que es encargada de coordinar el trabajo de instituciones públicas del norte. El proyecto tiene por objeto introducir en el país tecnologías asociadas con la interconexión a la red eléctrica, en áreas urbanas y periurbanas, de sistemas solares fotovoltaicos distribuidos, contemplando para ello cuestiones técnicas, económicas, legales y regulatorias.

La propuesta se basa en la hipótesis de la coexistencia de los sistemas tradicionales de generación y distribución de energía eléctrica con sistemas fotovoltaicos distribuidos, situación que representa un cambio conceptual en lo que hoy se entiende en la Argentina como una red de distribución eléctrica. De esta manera, se plantea como una experiencia que contribuirá al conocimiento tecnológico necesario para impulsar un cambio de escala en el uso de la energía solar para la generación de electricidad.

Este conocimiento tecnológico es de alta relevancia para el proceso de instalación de fuentes renovables de energía, que permita complementar y reducir la utilización de los actuales sistemas de generación basados en combustibles fósiles, con el fin de reducir las emisiones

contaminantes. En la actualidad, las energías renovables ocupan un lugar importante dentro de la matriz energética mundial, y cuentan con un crecimiento sostenido impulsado por la implementación de políticas de incentivos o de promoción para la generación de energía limpia. Más de cien países aplican algunas de estas políticas para fortalecer el crecimiento del empleo de estas fuentes de energía, como un elemento crucial para el desenvolvimiento económico y tecnológico (REN21, 2012).

Entre las diferentes tecnologías utilizadas para el aprovechamiento de las energías renovables, los sistemas de generación fotovoltaica (FV), a nivel mundial, presentan una tasa anual de crecimiento del 60 % en los últimos cinco años (IEA PVPS, 2012). Este continuo crecimiento se refleja en el aumento de la capacidad instalada, que pasó de 40 GW instalados en el año 2010 a 100 GW en 2012 (IEA, 2013). Por su parte, la Unión Europea volvió a dominar el mercado fotovoltaico global, liderado por Italia y Alemania, y se está presenciando una proyección hacia otras regiones, como el caso de China, que se ha convertido rápidamente en el jugador dominante en Asia, y los países de Latinoamérica, principalmente Brasil y México, que son considerados los principales actores en los próximos años. En este contexto, se puede afirmar que la utilización de tecnología fotovoltaica para la generación de energía eléctrica se ha transformado en una opción competitiva desde el punto de vista económico, técnico y ambiental, para países desarrollados y no desarrollados, y transforma a algunas regiones de estos últimos en el nuevo horizonte del mercado fotovoltaico.

ELECCIÓN DEL SITIO DONDE INTERVENIR

La elaboración de un proyecto arquitectónico y técnico de un SFCR requiere una serie de análisis previos que proporcionen a la instalación, luego de su

implementación, confiabilidad, seguridad, garantía de una generación adecuada de energía, así como un adecuado diseño que se ajuste a las condiciones del entorno. Un análisis de los posibles lugares de implantación del SFCR es fundamental, ya que permite al proyectista determinar el tipo y lugar más adecuados. Otras variables necesarias que considerar fueron que el sitio estuviera lo suficientemente despejado para que la incidencia solar fuera plena y directa; que pudiera ubicarse en bordes urbanos en contacto con la trama de la ciudad, en un sitio de visibilidad para la promoción de la experiencia y el cuidado del equi-

fueron las razones que condujeron a la instalación del SFCR en un predio del campus de la UNNE, cercano al departamento de Electricidad de la Facultad de Ingeniería.

En la figura 1 puede apreciarse el sitio de implementación del SFCR, cuyas coordenadas son Latitud 27°28'2.86"S, Longitud 58°58'57.15"O, en la intersección de la avenida Castelli y la calle Dr. Ramírez, perteneciente al Campus de la Reforma, que linda con el edificio que alberga el área de Mecánica de la Facultad de Ingeniería.



Figura 1. Implantación del Campus Resistencia y Campus de la Reforma Universitaria de la Universidad Nacional del Nordeste en la trama urbana de la ciudad de Resistencia. Fuente: Imagen de Google Earth, reelaboración propia

pamiento a partir del control de la mirada colectiva, entre otros aspectos. Estas consideraciones, sumadas a la necesidad de control y monitoreo del sistema,

En las figuras 2, 3 y 4 se observan las primeras ideas de partido que luego se desarrollaron a nivel de anteproyecto.



Figura 2. Esquema en planta del partido arquitectónico de la propuesta. Fuente: producción propia



Figuras 3 y 4. Imágenes de los primeros esbozos del diseño para ser presentado ante las autoridades de la UNNE para la gestión del predio. Fuente: producción propia

¿POR QUÉ REALIZAR EL PROTOTIPO EXPERIMENTAL EN ARTICULACIÓN CON UN PATIO URBANO?

Partiendo del concepto de que la Universidad Pública debe estar vinculada con el medio y abordar el desafío de motorizar las experiencias positivas en las distintas áreas disciplinares, se entendió la necesidad de realizar un nodo experimental que actúe como articulador de la experiencia de conectar sistemas fotovoltaicos a la red eléctrica de la ciudad y el ámbito urbano y el medio social, ya que según LYNCH (1978), nada se experimenta en sí mismo sino siempre en relación con sus entornos.

Las ciudades están compuestas por complejas estructuras organizadas e interrelacionadas que

les confieren identidad y significado. Entre las estructuras de mayor importancia en la construcción de la imagen de la ciudad figura el sistema de espacios públicos, es decir, la red conformada por espacios de dominio público y uso social, destinados por su naturaleza, por su uso o afectación urbana a la satisfacción de necesidades colectivas. Estos espacios públicos se convierten en significativos cuando ofrecen ricas posibilidades de identificación por parte de los ciudadanos (NORBERG SCHULTZ, 1980). Así, los "patios urbanos" se insertan en dos categorías dimensionales de espacios públicos, la de escala residencial y la de escala barrial, considerando que su diseño apunta a generar remansos dentro del tejido urbano de la ciudad que atiendan a necesidades específicas de recreación, descanso, encuentro y provocación de emociones a través de los sentidos, de los olores, de los colores, de la frescura vegetal, entre otros aspectos.



Figura 5: Perspectiva del sector. Se observa la interacción con el perímetro y la propuesta brindada al barrio. Fuente: Producción propia: Fernando Alberto Render

El patio urbano propuesto es un espacio público que forma parte del sistema de espacios públicos significativos de la ciudad. Por otro lado, es el área de expansión al exterior del edificio de ingeniería. Asume, de esta manera, usos específicos relacionados con su entorno próximo, y por su escala barrial-residencial actúa mediador entre el ámbito público universitario y el público urbano.

EL ÁREA DE EXPERIMENTACIÓN COMO REFERENCIA URBANA

Toda imagen ambiental exige identidad, estructura y significado. Para reconocer una imagen "casi todos los sentidos entran en acción y la imagen es realmente una combinación de todos ellos" (LYNCH 1978), por lo que es necesario dotar de identidad a la propuesta haciéndola distinta de otras; otorgarle una estructura de lugares, accesos, sendas y recorridos, reconocibles y agradables y, por último, fortalecer su significado como un espacio de expansión y recreación que a la vez es un nodo de experimentación académica y práctica.

El área donde se inserta la propuesta se encuentra en proceso de consolidación de su imagen urbana, sin una tipología arquitectónica o referencias, hitos o mojones (salvo los equipamientos educativos secundarios y universitarios) que vinculen visualmente las diferentes piezas urbanas. En las figuras 5 y 6 se ilustra la propuesta integradora del campus con el entorno próximo.

Los "nodos" para una ciudad son los puntos estratégicos a los que se puede ingresar, y constituyen focos intensivos de los que se parte o a los que se llega: son los cruces o convergencia de sendas, paso de una estructura a otra o concentraciones de determinados usos; por ejemplo, esquinas donde se reúne gente espontáneamente, plazas, parques, etc. Estos nodos pueden constituirse en puntos de referencia de un barrio o de un área urbana, y ser motores de regeneración urbana y de construcción de la imagen de la ciudad. Los nodos pueden ser también "mojones", hitos o puntos de referencia urbana, cuando su característica es la singularidad, y es fácil identificarlos en contraposición con su entorno.

De esta manera, la construcción del nodo experimental en relación directa con la trama urbana y como bisagra entre dos predios de la UNNE, el campus Resistencia y el Campus de la Reforma, atravesado por una de las principales arterias de la ciudad y como fuelle entre el área céntrica y barrios de interés social; con una identidad, una estructura y un significado singular relacionado con el quehacer científico, puede convertirse en un hito o punto de referencia urbano y lugar de encuentro ciudadano.

ASPECTOS TECNOLÓGICO-CONSTRUCTIVOS DEL PROYECTO

Desde el punto de vista constructivo, la propuesta se basa en criterios de racionalidad, modularidad y eco-



Figura 7. Fotografía de la cubierta solar en su proceso constructivo

nomía. La cubierta está conformada por un arreglo de doce paneles fotovoltaicos (figura 7), cuyas características técnicas son especificadas en la tabla 1.

El arreglo se encuentra apoyado sobre una estructura de perfiles de chapa en voladizo, y los apoyos se materializan reutilizando troncos acopiados en el terreno.

Características	SolarWorld SW240 Poly
Potencia Nominal	240 W
Tensión Circuito Abierto (Voc)	37.2 V
Corriente Cortocircuito (Isc)	8.44 A
Tensión Pot. Máxima (Vmax)	30,2 V
Corriente Máx. Pot. (Imax)	7.96 A
Eficiencia	14.3%
Dimensiones	1.675 × 1.001 × 31 mm
Peso	21,2Kg
Tensión Máx. Sistema	1000 V

Tabla 1. Características técnicas de los módulos que conforman el sistema de generación fotovoltaica del patio urbano

La sustentabilidad de la propuesta se complementa con la preservación de la "permeabilidad del suelo" y la conformación de espacios para la socialización, el esparcimiento, el estudio en un ambiente distendido y en contacto con la naturaleza. Actualmente se encuentra construida la cubierta y comenzó la materialización del tótem hito con logo de la Universidad Nacional del Nordeste. En la parte posterior de este se encuentra el tablero eléctrico del sistema, cuyo objetivo es albergar los dispositivos de seccionamiento, protección contra sobrecargas, protección contra descargas eléctricas, y permite el desconectar el sistema en caso de mantenimiento o para cambiar la configuración de la generación cuando se realicen capacitaciones sobre el tema. El tablero eléctrico de medición y control, junto con el equipo que convierte la corriente continua en corriente alterna, se encuentra ubicado dentro del departamento de electricidad y electrónica.

En otra etapa se realizará el patio urbano y su propuesta paisajística, para el cual no existe aún un presupuesto asignado. Considerando que la experiencia puede motivar el aporte de empresas del medio, se diseñó un banner explicativo, y se colocaron varios de ellos en puntos estratégicos de la Facultad de Ingeniería. De esta manera, se busca una visibilidad del

proyecto para el alumnado, el cuerpo docente y el público en general.

El proyecto se inscribe en una exención de pago de tasas municipales, gestionada por el Campus de la UNNE como contraprestación de los "Servicios Ambientales" que brinda a la ciudad y en otra serie de acciones del Programa EcoCampus.

EL APOORTE INTERDISCIPLINARIO

El proyecto permite articular el aporte de diferentes nutrientes disciplinares, partiendo de la dimensión más técnica y científica, pasando por cuestiones paisajísticas y arquitectónicas, e impulsando acciones didácticas y sociales con la posibilidad de realizar actividades de capacitación y extensión en el nodo experimental que se propone. La visión integral que permite el trabajo con profesionales provenientes de diferentes disciplinas resulta fundamental para la resolución de problemáticas reales, desde una perspectiva holística e interdisciplinaria. La energía aparece como uno de esos tópicos en los cuales el abordaje interdisciplinario resulta indispensable, para lograr propuestas superadoras que tiendan a la integración real de soluciones técnicas frente a las necesidades sociales y productivas relativas a la dimensión energética.

REFLEXIONES FINALES

La cubierta construida en diciembre de 2013 genera en promedio, durante los meses de verano, 13,2 kWh/día, valor de energía que equivale al consumo eléctrico diario del Departamento de Electricidad y Electrónica y de dos salas de aula del edificio de Ingeniería. A través de su funcionamiento, en un período anual completo se podrá contrastar el comportamiento real contra la hipótesis inicialmente planteada de 4320 kWh/año.

Los puntos más sobresalientes del proyecto parcialmente construido son los siguientes:

- Es la primera experiencia de la ciudad de Resistencia en SFCR.
- Genera energía que disminuye el gasto del Campus de la UNNE sobre la red existente, en especial frente a la crisis energética vivida en el verano 2013-2014.
- Tiene un efecto demostrativo, ya que acerca la energía fotovoltaica a la sociedad.
- Permite la experimentación y el avance en el estudio de la energía solar.

Cuando se complete la propuesta paisajística integral, los aspectos positivos antes señalados se complementarán con los siguientes:

- Aportará un espacio de interfase entre el campus y la ciudad, brindado al entorno.
- Asegurará la accesibilidad (inclusión social) y mejorará un sector de la ciudad actualmente periférico, además de materializar principios de sustentabilidad ambiental, como la reutilización de materiales, la preservación de la permeabilidad del suelo y la incorporación de vegetación de distintas magnitudes y características perceptuales (colores, olores, texturas, etc.).
- Será un nuevo Servicio Ambiental que el Campus Resistencia brindará a la ciudad.

La "cubierta solar" tiene un importante "efecto demostrativo" tendiente a la difusión de la energía fotovoltaica (limpia, renovable y sustentable), con la incorporación del concepto de coexistencia de los sistemas tradicionales de generación y distribución de energía eléctrica en un espacio útil para el esparcimiento y actividades académicas a cielo abierto, iniciativa que representa un cambio conceptual. De esta manera, se plantea una experiencia aplicada que contribuye al conocimiento tecnológico necesario para impulsar un cambio de escala en el uso de la energía solar, mediante un trabajo interdisciplinario de distintas áreas de la universidad, de las facultades de Arquitectura, Ingeniería y Ciencias Exactas, Naturales y Agrimensura.

BIBLIOGRAFÍA

- BELLO, C.; BUSO, A.; VERA, L. y CADENA, C.** (2010). Factores que Afectan el Funcionamiento de Instalaciones Fotovoltaicas Autónomas en Regiones del Nordeste Argentino. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 14, pp. 93-99.
- BRAUNGART, Michael y MCDONOUGH, William** (2005) *Cradle to cradle. Rediseñando la forma en que hacemos las cosas*. McGraw Hill, España.
- CÁCERES, M.; BUSO, A.; CADENA, C. y VERA, L.** (2011). Determinación de la Eficiencia de Conversión del Inversor Empleado en un Sistema de Generación Fotovoltaica Conectado a Red Instalado en el Nordeste Argentino. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 15, pp. 17-24.
- GANDOLFI, Fernando Francisco.** *Los Patios de la Ciudad. Ideas y realizaciones para transformar el paisaje urbano de La Plata, 1960-1980*. UI N.º 7 IDEHAB FAU/UNLP.
- GORELIC, Adrián** (1998) *La grilla y el parque. Espacio público y cultura urbana en Buenos Aires, 1887-1936*. Universidad Nacional de Quilmes, Buenos Aires.
- HAWKEN, Paul – LOVINS, Amory y LOVINS, Hunter** (1999). *Capitalismo Natural. Creando la próxima Revolución Industrial*. Cultrix – Amana Key, San Pablo, Brasil.
- IEA-PVPS** (2012) *Trends in Photovoltaic Applications: Survey Report of Select IEA Countries between 1992 and 2011*.
- IEA-PVPS** (2013) *International Energy Agency Photovoltaic Power System Programme. A Snapshot Of Global Pv 1992 / 2012 - Iea Pvp Programme*.
- IRESDUD** (2011). *Convenio Asociativo Público Privado para desarrollar el proyecto: Interconexión de Sistemas Fotovoltaicos a la Red Eléctrica en Ambientes Urbanos*.
- LYNCH, Kevin** (1960). *The Image of the City. La imagen de la Ciudad*. Boston, Mass., EE. UU. MIT Press.
- NORBERG-SCHULZ, Christian** (1980) *Existencia, Espacio y Arquitectura*. Editorial Blume. ISBN: 978-84-7031-233-5. Barcelona, España.
- PHOTON Internacional. The Solar Power Magazine. Megawatts Systems in the Americas.** Edición 06/2012.
- PHOTON Internacional. The Solar Power Magazine. PV Policies bear Fruit.** Edición 06/2012.
- RANGEL MORA, Maritza** (2002) *La recuperación del espacio público para la sociabilidad ciudadana*. Congreso Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable. Valparaíso, Chile.
- REN21** (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century). *Renewables 2011 Global Status Report*. 2012.
- ROIBON, María José** (2005). "Los espacios verdes públicos en el Área Metropolitana del Gran Resistencia a partir de cambios sociales. Aprovechamiento pleno de lugares inutilizados o subutilizados". Beca de Iniciación a la Investigación. Secretaría General de Ciencia y Técnica. Universidad Nacional del Nordeste.
- SCORNIK, Carlos Osvaldo** (1998) *Diagnóstico Urbano Expositivo del Área Metropolitana del Gran Resistencia*. SUPCE-SUCCE.
- ZILLES, Roberto** (2009). "Los Sistemas Fotovoltaicos Conectados a la Red en Operación en Brasil y Resultados Operacionales de un Sistema". Arequipa, Perú: XVI Simposio de Energía Solar.