

Tema 1: HÁBITAT Y ENERGÍAS RENOVABLES Y AMBIENTE.

EQUIPAMIENTO MULTIPROPOSITO PARA EL ESPACIO PÚBLICO: CARGADOR SOLAR PARA DISPOSITIVOS MÓVILES

L.H. Vera¹, C. Pilar², M. Roibón².

Grupo en Energías Renovables – Facultad de Ciencias Exactas naturales y Agrimensura (FaCENA),
Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional del Nordeste (UNNE)
Av. Libertad 5460 – C.P. 3400 – Corrientes
Tel. 0379- 4473931 (116) – Fax 0379- 4473930. e-mail: luis.horacio.vera@comunidad.unne.edu.ar

RESUMEN: El objetivo del presente artículo es exponer los resultados del desarrollo tecnológico denominado “Cargador Solar para dispositivos móviles” y su transferencia tecnológica en un ambiente urbano en la Región Nordeste de la Argentina (NEA). Se trata del diseño, ajuste y puesta en funcionamiento de un equipamiento autónomo para uso público que permite la recarga de celulares y dispositivos móviles en espacios de gran afluencia de público como ser el ámbito urbano y lugares turísticos. Además, proporciona luz nocturna a través de luminarias Led, y está diseñado para soportar el consumo de otras TICs. Hasta el momento se han implementado dos prototipos, uno en la peatonal de la ciudad de Resistencia, Chaco y otro en una reserva natural (Esteros del Iberá-Corrientes). El desarrollo tiene como principales características su diseño agradable, contemporáneo y minimalista que puede ser personalizado por las instituciones públicas o privadas que lo requieran.

Palabras clave: sistema fotovoltaico autónomo, mobiliario público, transferencia tecnológica.

INTRODUCCION

En la actualidad las energías renovables ocupan un lugar importante dentro de la matriz energética mundial; aproximadamente un cuarto de la capacidad de generación de energía actual es de origen renovable. Presenta un crecimiento sostenido, impulsado por la implementación de políticas de incentivos o de promoción para la generación de energía limpia. En la actualidad, más de 100 países aplican algunas de estas políticas apuntando a fortalecer el crecimiento del empleo, a través de estas fuentes de energía, y como un elemento crucial para el desarrollo económico, tecnológico y protección ambiental (REN21, 2015).

En relación a los sistemas de generación fotovoltaica -ya sean Sistemas Fotovoltaicos Conectados a Red (SFCR) o Sistemas Fotovoltaicos Aislados (SFA)- a nivel mundial, se constató un crecimiento de la capacidad instalada de 75% en los últimos 5 años. Este continuo crecimiento, principalmente asociado a la expansión de SFCR, se refleja en el aumento del 34 % la capacidad instalada en el 2014, pasando de 138 GW instalados en el año 2013 a 177 GW en el año 2014 (REN21, 2015). Este crecimiento, contribuye con mejoras tecnológicas en los procesos, ocasionando a una importante disminución en los costos de los módulos Fotovoltaicos (FV) así como del resto del sistema (IRENA, 2015).

Mientras que la Unión Europea (UE) volvió a dominar el mercado fotovoltaico global, se presencia una proyección hacia otras regiones, como el caso de China y los países de Latinoamérica, principalmente Brasil y Chile.

En este contexto, Argentina aún no cuenta con una normativa adecuada a nivel nacional, sobre la implementación SFCR. Existen solo 3 (tres) provincias que han legislado y creado las normativas para instalar SFCR para que los usuarios domiciliarios puedan inyectar a la red la energía solar FV generada. La forma de pago de esta energía es mediante la metodología de Balance Neto o *Net*

¹ Personal de Investigación UNNE

² Profesor Facultad de Ingeniería UNNE

Metering (Vera, 2014). Metodología que no es bien acogida para la implementación de SFCR debido a las bajas tarifas de energía eléctrica existentes (Barbero José, 2013), lo que limita la difusión de estos sistemas en los entornos urbanos de nuestro país.

En lo que se refiere a los SFA, el contexto es diferente, en nuestro país la población rural presenta una gran dispersión de los pobladores y un alto porcentaje sin acceso a la energía eléctrica convencional; condición propicia para el uso de sistemas individuales de generación eléctrica utilizando tecnología FV. Este panorama, que se repite en diferentes países de Latinoamérica, ha llevado a la implementación de una política de subsidios y programas, principalmente direccionada al abastecimiento de energía eléctrica en zonas rurales, de electrificación rural mediante SFA. Siendo la actividad que se ha desarrollado con más intensidad en los últimos años (Bello et al, 2009). Programas que se han visto beneficiados, como se mencionó anteriormente, por la importante disminución de precios de los sistemas y políticas de inclusión social.

En Argentina a través del Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales (PERMER), numerosas provincias se beneficiaron de instalaciones fotovoltaicas para escuelas, centros comunitarios, puestos sanitarios y viviendas. Los SFA en viviendas ascienden a 23.456, 1.894 escuelas y 361 servicios públicos. Instalaciones que suman, aproximadamente, una potencia instalada de 4 MWp (valor calculado utilizando datos de las potencias medias instaladas en viviendas, escuelas y otros).

De esta manera, se han acumulado muchos años de experiencias en la implementación de SFA, y se ha realizado la transferencia de la tecnología hacia los pobladores rurales; los cuales se han apropiado de la misma al nivel de poder distinguir calidades, problemas, ventajas, etc. Además, estos pobladores rurales implementan modelos de gerenciamiento de cargas y descargas para aumentar la autonomía del sistema, así como entienden del mantenimiento básico de la instalación; transformándose esta tecnología en una solución para los problemas energéticos y de acceso a TICs. Es decir, los SFA se han convertido en una herramienta cotidiana de inclusión de estas comunidades (Bello et al., 2009, Morante et al., 2007).

Entre tanto, la tecnología FV todavía no ha sido aún adoptada por la población urbana de nuestro país, la cual no ha tomado conciencia real de sus capacidades, ventajas y desventajas; hecho que se fundamenta principalmente en la falta de transferencia adecuada de la tecnología. Entre los factores que limitan esta transferencia, se encuentra una componente distorsiva en la economía energética debido a los diferentes tipos de subsidios y un moderado compromiso de la ciudadanía y el gobierno con el cuidado ambiental.

Grupos de investigación y universidades han implementado planes y conseguido financiación o subsidios gubernamentales para la instalación de SFCR con el fin de su estudio y difusión (Eyras y Duran, 2013) pero, estas acciones, no han llegado aun suficientemente a la comunidad. Se observa que la mayoría de los usuarios domiciliarios aún no piensan en la FV como una de las posibles respuestas a los problemas energéticos, y que no tienen conocimiento de donde proviene la energía eléctrica que consumen a sus casas. Hernández et al (2014) han realizado un estudio en cual llegan a la conclusión de que integrar las infraestructuras necesarias para la captación de energía solar en el entorno urbano y suburbano es la mejor opción para reducir el impacto ambiental, ya que es en esta zonas donde se producirían los menores cambios en el entorno. Con la adecuada planificación y concienciación de la población para la instalaciones de paneles solares en techos, fachadas y otros elementos urbanos.

En esta situación, una posible forma de difusión tendiente a la apropiación de la energía FV en las comunidades urbanas es a través de elementos icónicos que respondan a necesidades cotidianas (palpables). Es decir, incorporando en el repertorio de elementos que conforman el ambiente urbano equipamientos y mobiliarios que a través de una interfase amigable permitan una interacción concreta, induzcan al análisis y apropiación de la tecnología FV. Por esta razón se ha considerado la posibilidad de incorporar a equipamientos de uso público, ya sean convencionales o innovadores, la tecnología FV para promover esta transición y llevar a la población a una interiorización y a su mejor

entendimiento, respondiendo adecuadamente a cuestiones ambientales necesarias de ser atendidas no solo en la agenda política, sino también en la agenda ciudadana.

El cargador solar es uno de los productos que puede transformarse en un equipamiento urbano emblemático que puede responder a la situación planteada. Equipo que lleva consigo no solo los conceptos tecnológicos utilizados para dimensionar e instalar un sistema fotovoltaico, tiene en cuenta también su integración urbana, su morfología y la utilización de materiales que permitan una recuperación de los elementos utilizados, esto es posible a través de un abordaje interdisciplinario del desafío planteado.

Existen otros diseños de este tipo de cargadores desarrollados en el mundo e instalados en ciudades como Nueva York, Barcelona, Medellín y Chile (<http://www.lgblog.cl/2011/06/06/eco-cargador-lg/>). En el territorio Nacional, en el III Foro del Desarrollo Sostenible realizado en Rosario, Santa Fe, en junio de 2014 se presentó un cargador realizado en madera reciclada (<http://www.sinmordaza.com/noticia/239142-se-vienen-los-cargadores-solares-de-celular.html>).

El desarrollo propuesto basa su originalidad en su diseño simple, minimalista y con altas posibilidades de personalización por diversos organismos o empresas que deseen instalarlo como parte de su ecomarketing.

El diseño parte de las condicionantes técnicas de la forma rectangular de los módulos fotovoltaicos estándar y su inclinación necesaria, armonizando los perfiles metálicos para lograr una lógica morfológica sencilla, que se contrapone a propuestas basadas en la imitación de la naturaleza o el uso de materiales excesivamente costosos para las condiciones locales. Se buscó funcionalidad, durabilidad, economía y una respuesta estética agradable que transmita la idea sustentabilidad ecológica sin recurrir a imitaciones literales, ni a tecnologías inalcanzables para el mercado de nuestro país.

EQUIPAMIENTO PARA EL ESPACIO PÚBLICO

La materialización del espacio público es un área de indagación tecnológica en permanente actualización, siendo sus principales condicionantes lograr la durabilidad, la accesibilidad, los criterios de antivandalismo, el bajo costo inicial, el bajo mantenimiento, entre otros aspectos. El equipamiento que se ubica en el espacio público como servicio al ciudadano debe poseer todas estas características, además de un diseño agradable, que contribuya a la construcción del hábitat como concepto amplio. Adicionalmente es factible incorporar criterios de sustentabilidad ambiental a los mismos, dado que sus partes o piezas pueden ser reutilizadas, desmontadas y montadas posteriormente en otros sitios, incorporar mecanismos de captación de energías alternativas, entre otros aspectos (Pilar et al, 2015).

Como ejemplo de equipamientos para el espacio público podemos citar los refugios para ómnibus, puntos de venta de distinta índole (revistas, flores, artesanías), informes, bancos, mesas, basureros, luminarias, entre otros. Estos equipamientos o mobiliarios tienen en común la finalidad de acercar servicios a las personas para incrementar la calidad de vida cotidiana y mejorar la imagen del espacio público de la ciudad, homogeneizando los atributos estéticos de formas, colores, escalas, entre otros.

El Cargador Solar para Dispositivos Móviles es un equipamiento que permite recargar la batería de los celulares y otros dispositivos móviles, cuya duración promedio es actualmente muy baja por el alto número de aplicaciones disponibles que consumen muy rápidamente la batería. Se diseñó para ser instalado en el espacio público urbanos (veredas, peatonales, plazas, parques, accesos o patios de centros de convenciones, etc.), sitios turísticos, áreas naturales protegidas, etc.

El cargador solar integra en un solo producto distintas prestaciones como ser la iluminación y la recarga de energía para baterías de distintos dispositivos móviles, a la vez que puede servir de soporte para el marketing institucional y/o comercial a la vez que actúa como medio de concientización social sobre la necesidad de virar hacia el uso de las energías renovables.

Características del cargador solar para dispositivos móviles

El cargador funciona a partir de energía solar que capta un panel fotovoltaico, que la transforma en energía eléctrica, y se entrega a un acumulador químico. Como puede observarse en la Figura 1, el cargador cuenta con cuatro puertos USB, repisa para el apoyo de los celulares o dispositivos móviles e iluminación LED de encendido automático. El Cargador Solar es autónomo, o sea, prescinde del servicio de energía eléctrica, por lo que sigue funcionando en caso de cortes de luz.

Una de las principales ventajas del desarrollo está asociada a que es una interfase amigable entre el usuario y la tecnología de la energía solar (limpia y renovable) a través de un producto de uso comunitario. Entre sus propósitos busca convertirse en un medio de difusión y sensibilización de la comunidad sobre las energías renovables y la posibilidad de interacción directa del usuario con esta tecnología innovadora para nuestro contexto.



Figura 1: Diseño del cargador solar desarrollado en el cual se presentan sus aspectos estéticos y técnicos. Fuente: producción propia.

Reemplaza equipamientos para el espacio público, que consumen materiales, energía y generan emisiones de dióxido de carbono, buscando un nuevo paradigma de equipamientos contruidos a partir de materiales reciclados y/o reciclables, autosustentable desde el punto de vista energético, que no produce emisiones, dado que la energía solar es limpia y ecológica y que puede ser desmontado y montado en un nuevo sitio de necesidad e interés.

El desafío en su diseño ha sido lograr una imagen agradable, contemporánea y minimalista, para poder adaptarse fácilmente a diversos contextos urbanos o sitios naturales protegidos. Incorpora el concepto de personalización o “customización” del producto para que pueda ser adquirido por distintas entidades gubernamentales, universidades, organizaciones ambientalistas, empresas de teléfonos celulares, tabletas, notebooks y proveedoras del servicio de telefonía celular. En la figura 2 se observa un análisis de la posible implantación del cargador solar en distintos puntos icónicos de la Argentina, recreado mediante fotomontajes, donde se manifiesta la alta compatibilidad del diseño con diversos contextos, brindando un servicio y concientizando a la sociedad sobre las energías renovables como un aspecto fundamental de la sustentabilidad ambiental.



Figura 2: Fotomontajes que muestran la posible implantación del cargador solar en numerosas locaciones. Fuente: producción propia.

METODOLOGIA APLICADA EN EL DISEÑO TÉCNICO

El cargador solar, en su génesis, fue diseñado para su funcionamiento como un sistema fotovoltaico autónomo, por esta razón, los componentes que lo conforman son: un módulo fotovoltaico de silicio policristalino de 50 Wp de potencia, un controlador de carga, una baterías de electrolito absorbido de 26 Ah y cargas en corriente continua (Figura 3). La tensión del sistema es de 12 V y de tipo continua.

El sistema en su conjunto fue proyectado con una relativa elevada relación entre capacidad de generación y almacenamiento, comparado con sistemas autónomos típicos, con el objetivo de tener la posibilidad de variar su relación según la potencia de las cargas conectadas en la instalación y permitir una flexibilidad del sistema para operar en diferentes regímenes de trabajo. A seguir se detallan las características de los elementos del SFA utilizados para el desarrollo del cargador.

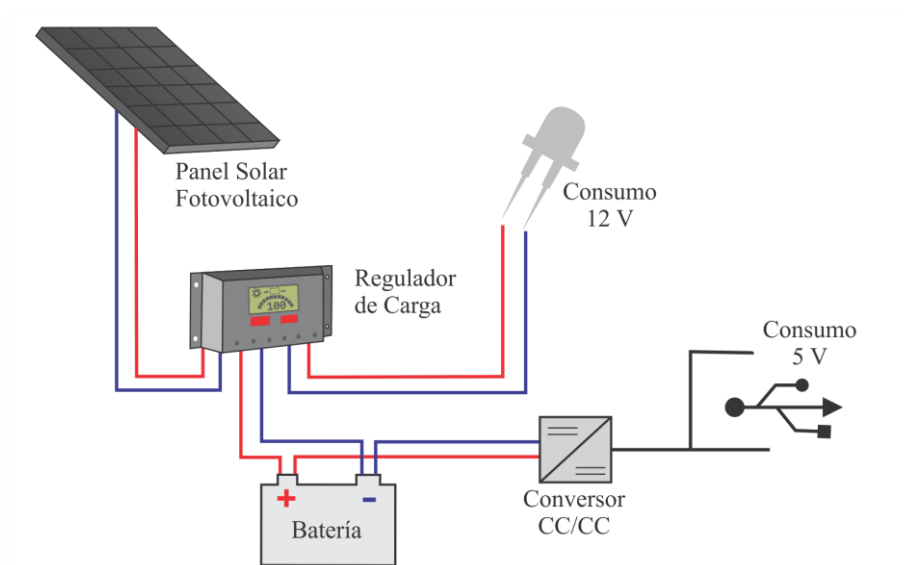


Figura 3: Esquema eléctrico del SFA utilizado para alimentar las cargas del cargador solar.

Características del módulo fotovoltaico

Conformado por un módulo de 50 Wp, montado sobre una estructura de perfil angular solidaria a las tapas laterales del cargador. Su inclinación es de 20° y está construido con la intención que sea orientado hacia el Norte geográfico (sin desvío azimutal).

Para identificar las características del módulo fotovoltaico utilizado fueron realizadas mediciones de la curvas I-V en situaciones próximas a la condición patrón, utilizando la metodología e instrumentación propuesta por Firman et al. (2011). Finalmente, las curvas obtenidas fueron corregidas mediante el procedimiento propuesto por Krenzinger (2005) cuando la radiación solar no es de 1000 W/m² y la temperatura es diferente de 25° C.

La caracterización térmica del módulo fotovoltaico se realizó a través de imágenes termográficas que permitieron encontrar la célula, que conforma el módulo, con la característica que representa el valor medio de la temperatura de todo el módulo (Andrade, 2004). La selección de la potencia del módulo tuvo en una primera instancia un criterio técnico, sumado a la disponibilidad comercial de potencia de módulos que se encuentran en el mercado nacional (priorizando la manufactura Argentina). Además, la potencia del módulo tiene la capacidad de responder a diferentes configuraciones de demandas energéticas. Variando la capacidad de acumulación responde a diversas condiciones de carga, es decir, está diseñado para funcionar con otros equipos multimedia que aumenten la demanda energética.

Características de Batería

En el dimensionado del sistema de acumulación, para un SFA, participan varios factores, como: el perfil energético de la fuente primaria y de la demanda, su magnitud e importancia. Para el cargador solar, el criterio fue realizado teniendo en cuenta que trabajaría en un régimen de carga en 10 h a la corriente máxima del generador (en torno de 3 A).

La batería escogida es de electrolito absorbido de 26 Ah de capacidad, con tecnología de plomo-ácido libre de mantenimiento. Se escogió la característica de electrolito absorbido ya que no produce gases corrosivos, evitando sus efectos sobre el gabinete estanco que lo soporta, y en caso de caídas o vuelcos no produce derramamientos.

Considerando las cargas y el sistema de generación, la capacidad de la batería se determinó para que responda a una autonomía de 2 (dos) días. Autonomía adecuada para el tipo de demanda (no crítica) y la variabilidad en el uso del cargador solar. Las primeras experiencias muestran que no se utilizan más de 2 puertos de forma simultánea (su uso determinará adecuadamente el perfil de demanda).

Característica do controlador de carga

Para la protección de la batería, y el control de flujo energético hacia las cargas, se dispone de un controlador de carga que interrumpe el abastecimiento de energía cuando la tensión alcanza un valor previamente determinado, ya sea desde el módulo a la batería o de la batería a las cargas. El valor de regulación puede ser ajustado a través del software que gerencia el equipo.

Es importante destacar que el controlador de carga posee una compensación de valores de corte por variación de temperatura, cuando la batería llega a su máxima capacidad entra en un estado de flotación en el cual la batería se encuentra en un estado óptimo de funcionamiento (condición en la cual su desgaste es mínimo) y posee un seguidor de punto de máxima potencia, lo que asegura maximizar el aprovechamiento de la energía entregada por el generador FV. Además, al ser programable, es posible escoger el horario y periodo de tiempo en el que se encienden los Leds y, de esta forma, disminuir el consumo en las estaciones con mayor probabilidad de días sin sol.

Características de la carga eléctrica

El módulo fotovoltaico entrega energía eléctrica a través de la batería. Cuando la generación es superior a la demanda, la batería puede absorber el excedente. Caso contrario, la demanda es superior a la generación, la batería puede suplir el déficit. La condición para que esto sea efectivamente realizado es que la tensión de batería se encuentra en el intervalo de operación.

El controlador que gerencia el sistema es programable y permite el encendido automático de las luces tipo Led. La iluminación demanda una potencia de 5W y se encienden cuando la tensión e circuito abierto del módulo FV es menor a 9 V. Las tiras de Led fueron dispuestas en la parte interior de la mesa que sirve de apoyo para la carga de celulares.

El sistema también suministra energía a una fuente DC/DC que convierte los 12 V nominales de la batería en 5V para alimentar los 4 puertos USB utilizados para la carga de celulares. La fuente DC/DC limita la corriente a 3 A y se desconecta automáticamente cuando la tensión de alimentación es menor a 11V. El valor de corriente máxima que pueden entregar los puertos fue calculada midiendo el consumo de diferentes teléfonos celulares con pantallas de 5" y tablets con pantallas de 7" y 10" (dispositivos posibles de ser cargados a través del puerto mini USB). Los teléfonos que tomaban

mayores valores de corriente, demandaban aproximadamente 400 mA, de forma constante, y las tablets no superaban los 750 mA. Considerando que el cargador solar posee 4 puertos se estimó que la demanda máxima simultánea no sería superior a 3 A.

Para sujetar los 4 puertos se diseñó especialmente un soporte realizado en ácido poliláctico (PLA) a través de una impresora 3D, esto se realizó buscando utilizar materiales de base orgánica en conjunto con la aplicación de tecnologías innovadoras.

EXPERIENCIA EN LA CIUDAD DE RESISTENCIA - CHACO

El prototipo construido con carácter experimental ha sido solicitado por la Municipalidad de la Ciudad de Resistencia, se identifica como “Puesto de Carga 01” y ha sido instalado en la Peatonal Raúl Alfonsín y Avenida Alberdi, punto neurálgico de mayor circulación peatonal de la ciudad de Resistencia (Figura 4).

La ciudad de Resistencia, capital de la Provincia del Chaco, se encuentra ubicada en las coordenadas 27° 27' 05" Sur y 58° 59' 12" Oeste, en la Región Nordeste de la Argentina. De acuerdo al censo 2010 posee una población de aproximadamente 290.000 habitantes y junto con localidades cercanas (Barranqueras, Fontana y Puerto Vilelas) conforma el Área Metropolitana del Gran Resistencia (AMGR) cuya población asciende de acuerdo al mismo censo a 385.000 habitantes aproximadamente.

Entre las intervenciones de infraestructura más sobresalientes de los últimos años se destaca la construcción de cuatro cuadras de peatonal en el área comercial más importante de la ciudad, cercano a la Plaza Central que constituye el punto cero de la trama urbana. La peatonal se constituyó en un paseo peatonal a cielo abierto en el punto neurálgico de la ciudad, por donde circula el mayor flujo de personas por motivos laborales, comerciales, trámites, esparcimiento o transporte público.

Por ello fue priorizado este sitio para el montaje del primer cargador solar para dispositivos móviles, considerándolo como un servicio a la población, dado que los celulares se han tornado indispensables para la comunicación y seguridad de los vecinos. Los equipos actuales, dado el alto número de aplicaciones disponibles, poseen una baja autonomía, requiriendo constantemente la recarga de la batería para su normal funcionamiento.

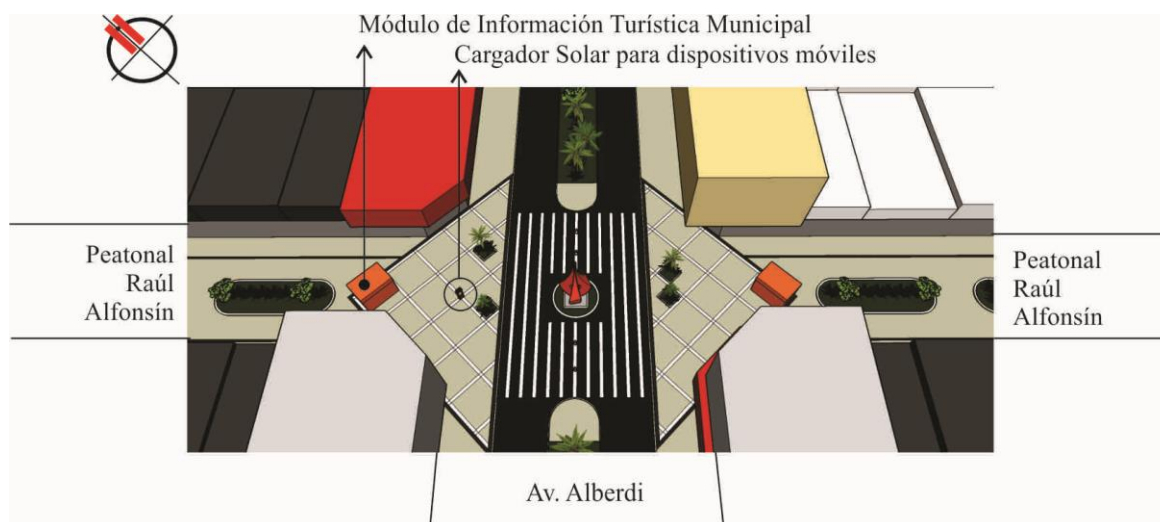


Figura 4: perspectiva del sector de intervención donde se observa la situación urbana en la que se implanta el cargador en la ciudad de Resistencia. Fuente: producción propia.

ANÁLISIS TÉCNICO PARA SU IMPLANTACIÓN

El primer prototipo experimental se ubica en la Peatonal Raúl Alfonsín, próximo al módulo de información turística de la Municipalidad de la Ciudad de Resistencia, para potenciar la complementariedad de funciones y favorecer su cuidado y adecuado uso.

Para la ubicación del Cargador Solar en el contexto urbano de la ciudad de Resistencia se realizó un estudio de las condiciones de asoleamiento y sombra, dado que su funcionamiento depende de una adecuada implantación (Figura 5).

Este estudio se debe a que en los entornos urbanos, al momento de realizar el dimensionamiento y estimar el comportamiento de un sistema fotovoltaico, es necesario realizar un análisis de posibles sombras que pudieren incidir sobre el generador FV, ya que su efecto sobre la capacidad de generación es un factor preponderante, y de esto, muchas veces, depende el adecuado funcionamiento del sistema. Es importante destacar que la radiación solar que incide sobre un punto de la ciudad cambia según la hora del día, las condiciones meteorológicas, las concentraciones de contaminantes y otras variables. Habrá rayos solares que a una determinada hora incidirán sobre la calle, otros momentos contra en la vereda y otros contra los edificios, en los que se bloquearan sucesivamente para crear diferentes grados de sombras sobre la superficie analizada.

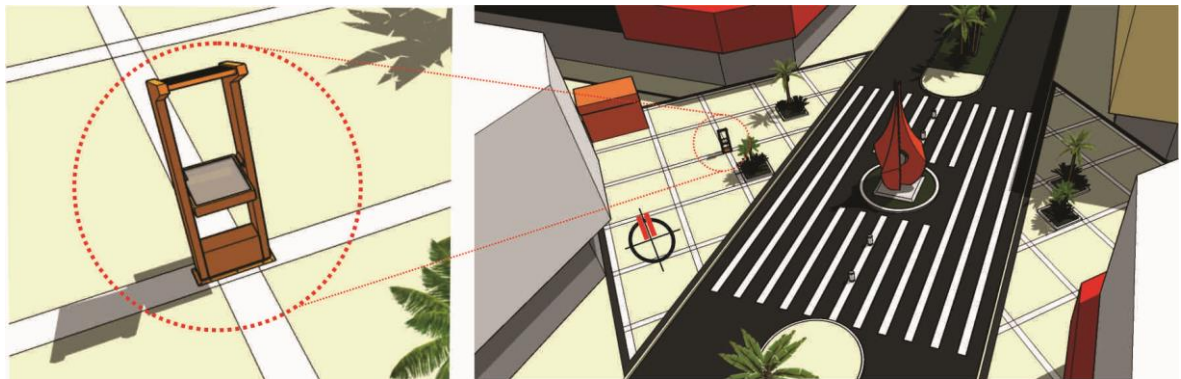


Figura 5: Modelo utilizado para el análisis de la radiación solar y la incidencia de sombras en el contexto urbano. Fuente: producción propia.

Para determinar la evolución de las sombras en una zona urbana, es necesario evaluarlas considerando el camino, o trayectoria solar, y el entorno edilicio de influencia sobre la zona de análisis (perfil de sombras y sombras lejanas).

La trayectoria solar es caracterizada por la altura solar y el ángulo cenital para determinado momento del día a lo largo del año. Para establecer el punto exacto de la posición solar es necesario utilizar las ecuaciones de geometría solar (Duffie y Beckman, 2013), y para evaluar las posibles sombras es conveniente obtener el perfil de obstáculos que van a ser interceptados por los rayos solares. Para realizar este procedimiento es necesario conocer: las distancias, alturas y calcular los ángulos de elevación y de desvío azimutal de la superficie del módulo en relación al perfil de obstáculos y sombras lejanas. Con esta información se realiza la representación del perfil de obstáculos en el diagrama de trayectorias del sol (Figura 6), se determina la incidencia de las sombras sobre el módulo FV y sus implicancias energéticas, obteniéndose la pérdida por sombreado.

En una primera instancia, para determinar las sombras sobre el módulo FV, se utilizó la misma herramienta computacional utilizada para el diseño del cargador y del lugar de intervención donde fue instalado. De esta forma, se utilizó un programa de diseño Sketchup para simular, de forma preliminar, el efecto de sombras y analizar las mismas, ya que este software es actualmente una herramienta utilizada para el análisis de funciones y diseños en 3D (Kurtulus y Uygan, 2010). A continuación, se establecieron los días y horarios en que las proyecciones de los obstáculos (edificios y vegetación) producían sombras sobre el área de generación. Seguidamente se realizó el diseño del perfil de sombras sobre una carta de trayectoria solar (Figura 6). Procedimiento que permitió analizar el porcentaje de energía que no es transformada (perdida), entregada a la carga o la batería, por causa de las sombras. Es importante destacar que para considerar el efecto de sombras sobre la generación del módulo de 50Wp, se estableció que el módulo instalado no poseía diodo de *by-pass*. Con esta consideración, es adecuado suponer que cuando se cubre un 5% del módulo la generación FV es nula.

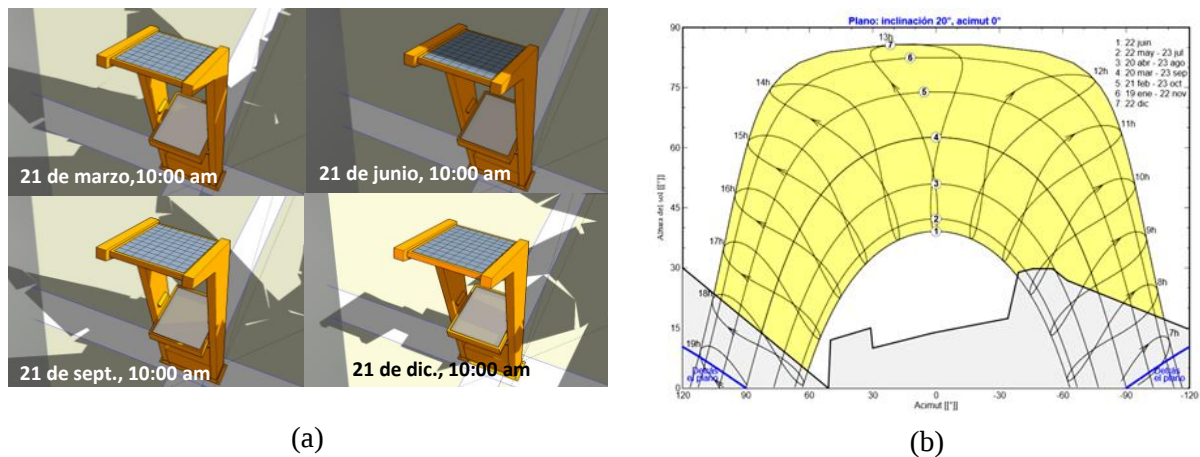


Figura 6: a) incidencia solar sobre el cargador a las 10:00 am para los solsticios y equinoccios, b) carta de trayectoria solar y de perfiles de sombras. Fuente: producción propia.

De esta manera, considerando el efecto de sombras y utilizando el programa computacional PVSize (Vera, 2004), se han obtenido los valores mensuales de la energía disponible, la energía no utilizada, la energía abastecida, la energía demandada y la energía perdida a causa de sombreado.

En la Figura 7 se observan los resultados de simulación del cargador solar, donde se estableció que la demandada diaria de energía era de 110 Wh. El consumo debido a iluminación fue constante a lo largo del año, demandando 50 W diarios. Los 60 W restantes se asocian a la demanda diaria de los usuarios para cargar los celulares, en intervalos horarios discretos durante la mañana, tarde y noche.

La diferencia entre la energía demandada y la abastecida nos informa sobre el déficit mensual de energía. En los meses de abril, mayo, junio y septiembre se observa que toda la energía entregada por el generador fue utilizada, y en los meses de mayo y junio existió un déficit de energía. Se observa que debido al efecto de sombras el generador fotovoltaico ha disminuido su capacidad de generación en un 10,2%. Este efecto, acompañado por una menor irradiancia, produce, en los meses de invierno, un déficit energético de 1,5 kWh, valor de energía menor al perdido por causa de sombras. Es importante destacar que los resultados confirman que el dimensionamiento fue adecuado considerando que la autonomía de 2 días fue corroborada través de las simulaciones.

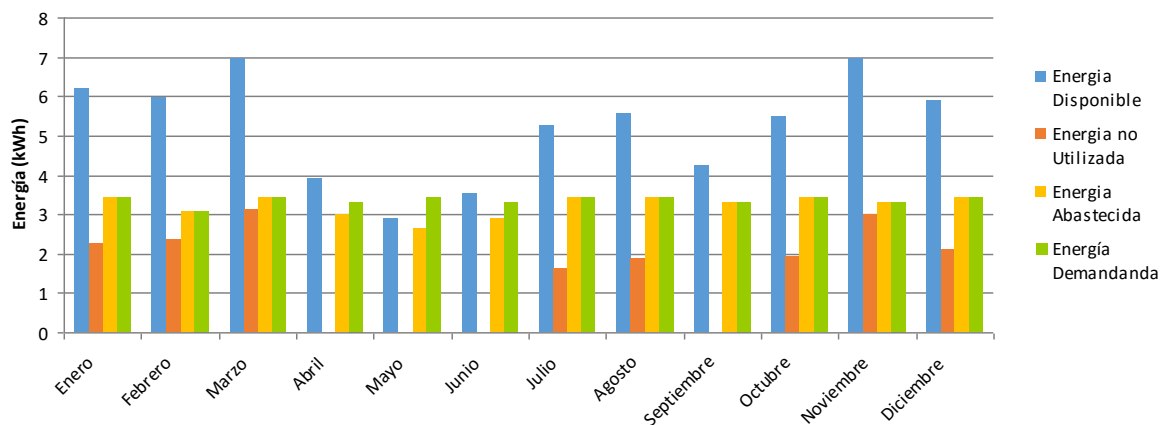


Figura 7: Gráfico de barras obtenido de simulación, presenta los valores de flujo energético mensual del cargador solar instalado en la peatonal de Resistencia-Chaco.

Se determinó que existe una 33% de energía que no fue aprovechada debido a que el estado de carga de la batería se encontraba en un 100%. Situación que lleva a plantear la posibilidad de aumentar la capacidad de la batería para aumentar la autonomía del sistema y el aprovechamiento de esa energía perdida. Con un aumento de capacidad se puede responder a la demanda en los meses de abril, mayo y junio, periodos en los cuales la energía solicitada supera a la suministrada. Este ajuste llevaría a una

capacidad muy superior a la necesaria (debido a las potencias comerciales en el mercado) y no se justifica hasta evaluar adecuadamente el perfil de demanda.

También se evaluó, considerando el valor de la energía anual generada, la reducción de gases de efecto invernadero en un periodo de 25 años (tiempo de vida del módulo FV), y se determinó, a través del método de emisiones durante el ciclo de vida (*Life Cycle Emissions-LCE*) que se evita emitir 400 kg de CO² hacia la atmósfera.

De esta forma, se ha determinado que el dimensionamiento del sistema fue adecuando considerando los efectos del perfil de sombras y los objetivos plantados en el diseño.

INSTALACIÓN DEL CARGADOR SOLAR

Experiencia en el Municipio de Resistencia

En el marco de la III Cumbre de Intendentes contra el Cambio Climático, que congregó en Resistencia a jefes comunales de todo el país, el miércoles 22 de abril de 2015, se inauguró el prototipo experimental de Cargador Solar para Celulares de la ciudad de Resistencia (Figura 8), en coincidencia con el día Mundial de la Tierra.



Figura 8: Prototipo construido en la ciudad de Resistencia. Fuente: producción propia.

Experiencia en la Reserva Iberá

Por requerimiento de la Secretaría de Energía de la Provincia de Corrientes se realizó la construcción de un segundo cargador, para ser instalado en un ambiente natural protegido como es el macrosistema del Iberá, cuya extensión aproximada es de 13.000 km². Tanto por su superficie como por la biodiversidad que contiene fue declarada por la Provincia de Corrientes como Reserva Natural.

El cargador, que se encuentra en etapa de implantación, se instalará en un sitio vulnerable que presenta la necesidad de autosuficiencia de los equipamientos para que tendidos eléctricos no agredan la fragilidad de la biodiversidad existente. En este sentido el equipamiento propuesto cumple con las condiciones necesarias para ser incorporado de manera puntual y dotar del servicio de carga a sectores de la reserva sin alterar el medio natural.

INNOVACIÓN, VINCULACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

Entre las tecnologías energéticas renovables, los sistemas de energía solar presentan un potencial muy valioso por su integración en el medio urbano, transformando las ciudades en instalaciones de

producción de energía limpia. Los paneles fotovoltaicos presentan propiedades únicas para su instalación en las ciudades considerando la morfología y tipología urbana. La ejecución de estrategias de planificación urbana solar y políticas locales para aprovechar la capacidad de generación de energía FV es un enfoque estratégico que debe ser iniciado por el municipio, ya que es el organismo primario en el proceso de planificación urbana.

El objetivo del cargador solar es unir los actores claves (municipio, universidades y ciudadanos), para crear una planificación más eficiente y que promueva la elaboración y aplicación efectiva de legislación para la generación y el uso de la energía solar desde la escala urbanística, actuando sobre la definición de un marco para el desarrollo y el fomento, tanto en el lado de la demanda como de la oferta.

Por un lado, la demanda debe enfocar las acciones para la comunicación y difusión dentro de la comunidad, con el objetivo de aumentar el nivel de conocimientos sobre tecnologías de energías renovables y fomentando el interés de las comunidades para que estas tecnologías se implanten en el entorno urbano. Por otro lado, la oferta es esencial para establecer objetivos concretos para la producción de energía renovable en el contexto urbano. A tal efecto, no sólo son necesarias las medidas jurídicas, sino que también es importante trabajar con promotores inmobiliarios, urbanistas, ingenieros y arquitectos, proporcionándoles las herramientas necesarias que les permitan responder a estos nuevos retos.

De esta manera, el cargador solar se constituye en una experiencia de vinculación tecnológica entre el sector público, el sistema científico y la comunidad, favoreciendo el desarrollo de la región y mejorando la calidad de vida de los ciudadanos y visitantes, sirviendo además como proceso de retroalimentación para la investigación, el desarrollo y la innovación.

El desarrollo y diseño ha sido realizado por docentes e investigadores de la Universidad Nacional del Nordeste, que conforman un equipo interdisciplinario, incluyendo además de los aspectos técnicos, la construcción prefabricada, aspectos urbanísticos y de diseño gráfico.

El principal resultado de la instalación del Cargador Solar es su efecto demostrativo en la sociedad, favoreciendo la conciencia ambiental y la difusión de las energías renovables. El cargador ubicado en la ciudad de Resistencia es el primero en su tipo de la Región Nordeste de la Argentina (NEA) y para un alto número de vecinos de la ciudad resulta la primera experiencia en el uso directo de la energía solar para un fin utilitario. A partir de este primer prototipo instalado y funcionando exitosamente, han surgido requerimientos al grupo de investigación y desarrollo, y se encuentra próximo a su instalación el segundo prototipo para una de las principales reservas ecológicas de nuestro país: los Esteros del Iberá (provincia de Corrientes).

El cargador, actualmente, se encuentra en etapa de evaluación para su registro como diseño industrial ante el Instituto Nacional de Propiedad Intelectual (INPI).

CONCLUSIONES

Se ha diseñado, construido, instalado y transferido un dispositivo multipropósito (cargador de celulares, cargador de dispositivos móviles, artefacto de luz, hito urbano) que brinda un servicio al vecino y a la vez que actúa como medio de difusión de la conciencia ecológica y la necesidad de incorporar las energías renovables a la vida cotidiana.

El Cargador Solar sintetiza un cambio paradigmático pasando del “consumo y derroche” (ambientalmente cuestionado por sus consecuencias negativas), al “uso y gestión sustentable de la materia y la energía”, siendo un dispositivo tecnológico que genera un impacto cultural positivo, favoreciendo el aumento de conciencia por el cuidado, respeto y preservación del ambiente.

Para transferir el “producto” se observó que la confianza entre las partes es el principal engranaje de una vinculación tecnológica exitosa. El vínculo entre el sistema científico, el sector público y el sector

privado generó una sinergia positiva, donde fue necesario armonizar las distintas expectativas, tiempos y condicionantes de cada uno de estos sectores. De esta forma, se llegó a la concreción de una iniciativa tecnológicamente innovadora y ambientalmente sustentable, cuyo objetivo está orientado a un cambio paradigmático de la sociedad.

REFERENCIAS

- Barbero, J., Forteza, J. H., Skerk, C., Mejía, A., Katz, R., García, R. y Gómez Torres, M. (2015). IDEAL 2014. La infraestructura en el desarrollo de América Latina (documento principal).
- Bello, C., Vera, L. H., Busso, A., y Cadena, C. (2009). Proyecto de electrificación rural a través de sistemas fotovoltaicos autónomos en la provincia de Corrientes. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 13.
- de Andrade, A. C., y Krenzinger, A. (2004). Efeito da distribuição de temperaturas sobre a curva característica de módulos fotovoltaicos. In *Siguiendo el camino de las estrellas: libro de actas del XII Congreso Ibérico y VII Congreso Ibero Americano de Energía Solar*, 14-18 septiembre 2004, Vigo, Galicia, España (pp. 775-780). Asociación Española de Energía Solar.
- Duffie, J. A., y Beckman, W. A. (2013). *Solar Engineering of Thermal Processes*.
- Eyras, R., y Duran, J. C. (2013). Proyecto IRESUD: Interconexión de Sistemas Fotovoltáicos a la Red eléctrica en ambientes urbanos. In *Primer Encuentro Latinoamericano de Uso Racional y Eficiente de la Energía*.
- Firman, A., Toranzos, V., Busso, A., Cadena, C., y Vera, L. (2011). Determinación del Punto de Trabajo de Sistemas Fotovoltáicos Conectados a Red: Método Simplificado de Traslación Punto a Punto a Condiciones Estándar de Medida. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 15, 1-8.
- SketchUp; 2009, Programa de diseño gráfico y modelado en 3D, Disponible en <http://www.sketchup.com/es>
- Hernandez, R. R., Hoffacker, M. K., y Field, C. B. (2014). Land-use efficiency of big solar. *Environmental science & technology*, 48 (2), 1315-1323.
- IRENA (2015), Renewable Power Generation Costs in 2014, Disponible en www.irena.org/publications
- Krenzinger, A., y Prieb, C. W. M. (2005). Clasificación y selección de módulos fotovoltaicos para una central conectada a la red. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 9, 04-19.
- Kurtulus, A., y Uygan, C. (2010). The effects of Google Sketchup based geometry activities and projects on spatial visualization ability of student mathematics teachers. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 9, 384-389.
- Morante, F., y Zilles, R. (2001). Energy demand in solar home systems: the case of the communities in Ribeira Valley in the state of São Paulo, Brazil. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 9 (5), 379-388.
- Pilar, C., Vedoya, D., y Kozak, N. (2015) Resolución de Equipamientos para el espacio público mediante sistemas constructivos no convencionales. *Revista ARQUITECNO* N° 7. Junio 2015. Ediciones del ITDAHu. Corrientes, Argentina. ISSN N° 0328-0896. Pp. 50 - 57.
- REN 21 (Renewables Global Status Report, 2015). Disponible en: <http://www.ren21.net/Portals/0/documents/e-paper/GSR2015/index.html>. (visitado julio 2015).
- Vera, L. H. y Cáceres, M (2014) Grid Connected Photovoltaic Systems to the Urban Environment of Argentinian Northeast” *Energy Procedia* Volume 57, Pages 3171–3180
- Vera, L.H., (2004). Programa para Dimensionamento e Simulação de Sistemas Fotovoltáicos Autônomos. *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.

ABSTRACT: This article present the results of a technological development called "Solar Charger for Mobile Devices" and his transfer in urban Northeast environment, Argentina (NEA). It presents the design, adjustment and operation of autonomous public equipment. The equipment allows recharging mobile devices in urban and tourist areas. The solar charger also provides LED night light and support the use of other TICs. It's have implemented two prototypes, one at the center of Resistencia city-Chaco- and another in a nature reserve (Esteros del Iberá, Corrientes). The development has as main features the pleasant, contemporary and minimalist design that can be customized by public or private institutions that require it.

Keywords: stand-alone photovoltaic system, public furniture, technology transfer.