

EL USO DE LA TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA EN AREAS URBANAS DE LA ARGENTINA

Manuel Fuentes^{1,2}, Silvia de Schiller¹, J. Martin Evans¹, Susan Roaf², Jenniy Gregory³, Alison Wilshaw³

¹Centro de Investigación Hábitat y Energía, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires

²School of Architecture, Oxford Brookes University, Headington, Oxford, OX3 0BP, U. K. e-mail: mfuentes@brookes.ac.uk

³IT Power, The Warren, Bramshill Rd., Eversley, RG27 0PR, United Kingdom

RESUMEN

El área suburbana de Gran Buenos Aires esta en rápida expansión en la zona norte y sur. Las compañías eléctricas que deben proveer de energía eléctrica a los nuevos barrios enfrentan una situación problemática debido a la limitada capacidad de transmisión y distribución de la red eléctrica en regiones donde la demanda anterior era muy baja. La demanda pico de estos nuevos barrios es elevada, especialmente en verano, debido al indiscriminado uso de aire acondicionado. La curva de producción fotovoltaica coincide con el consumo simulado, permitiendo ventajas para las compañías eléctricas mediante el uso de electricidad fotovoltaica como herramienta de gestión de la demanda. En este trabajo, se analiza el potencial de electricidad fotovoltaica para proveer soluciones, así como estrategias, para el uso de esta tecnología en áreas urbanas de la Argentina.

INTRODUCCION

En Argentina, la tecnología fotovoltaica se usa en aplicaciones donde la red eléctrica no es factible (aplicaciones móviles), o en regiones remotas donde la extensión de la red eléctrica es demasiado costosa (electrificación rural). Sin embargo, en Argentina, el sector doméstico urbano consume el 30% del total de la energía primaria usada en el país. Esto justifica que se preste especial atención al uso racional de la energía en el sector domiciliario y el posible uso de fuentes renovables de energías para reducir el consumo de combustibles contaminantes y su impacto ambiental. El consumo de energía eléctrica crece significativamente y los picos de consumo en el verano exceden los picos de consumo invernales. La tecnología fotovoltaica puede jugar un papel importante en reducir estos picos estivales. Los sistemas fotovoltaicos integrados a edificios (PVIB) funcionan como pequeños generadores dispersos en áreas urbanas y presentan varias ventajas: no necesitan espacio adicional para su instalación, no requieren inversiones adicionales para infraestructura y tienen bajo costo de montaje.

Dado que la curva de producción fotovoltaica coincide con el pico de consumo por aire acondicionados, las compañías eléctricas pueden ser también beneficiadas debido a la reducción del pico de consumo y la consecuente reducción en los costos de generación, menor inversión en la red de distribución y reducción de los costos de transmisión. Esto significa que se puede evitar o postergar el redimensionamiento de las líneas de transmisión y distribución que están al borde de su capacidad operativa si una cantidad suficiente de energía fotovoltaica es generada en el punto de consumo para ser usada como ayuda al pico de demanda. El uso de tecnología PVIB es plausible debido a la construcción de nuevas viviendas y edificios comerciales.

Una encuesta necesaria para comenzar un programa nacional de PVIB se realiza bajo el auspicio del programa Thermie, de la Unión Europea. Esta encuesta identificará a los actores principales, analizará el estado de conciencia que los consumidores tienen de los beneficios que brinda la tecnología fotovoltaica y definirá los pasos estratégicos que han de llevarse a cabo para implementar dicho programa.

EL POTENCIAL FOTOVOLTAICO

Para poder analizar el potencial de la tecnología fotovoltaica en Buenos Aires, o para analizar el costo beneficio de la tecnología fotovoltaica, es importante conocer la energía solar incidente y el costo de la energía eléctrica convencional desplazada por la electricidad solar. Las tarifas eléctricas fueron obtenidas de una de las compañías eléctricas del Gran Buenos Aires [1]. La Tabla 1 muestra las tarifas eléctricas usadas por la compañía eléctrica para los consumidores del Gran Buenos Aires. La tarifa T1R1 corresponde a pequeñas residencias que consumen menos de 150 kWh/mes, T1R2 a consumos de más de 150 kWh/mes y la T1G1 se aplica a edificios de uso general (industrial o comercial) que consumen menos de 1600 kWh/mes. La Tabla 1 indica que el costo de electricidad no es alto, pero los impuestos a su consumo son elevados. Los impuestos van desde 38% a 43%, dependiendo del área donde este ubicado el consumo.

Tabla I: Tarifas para la compra y venta de electricidad en el Gran Buenos Aires.

Tipo y código	Disponibilidad	Monto mensual (en \$)
Tarifa T1R1 (Doméstico)	Continua	\$2.20 (fijo) + 8.9 centavos/kWh
Tarifa T1R2 (Doméstico)	Continua	\$7.90 (fijo) + 5.0 centavo/kWh
Tarifa T1G1 (General)	Continua	\$4.00 (fijo) + 10.7 centavos/kWh
Valor mayorista de la electricidad	Continua	4.5 centavos/kWh

El término "mayorista" usado en la Tabla, se refiere al costo de la energía eléctrica para la propia compañía eléctrica.

La energía solar incidente promedio en verano es de 6.29 kWh/día, en invierno es de 3.02 kWh/día y en otoño/primavera es de 6.02 kWh/día. Es importante cuantificar el valor de la electricidad producida por los sistemas fotovoltaicos. Siguiendo la definición de Kiss et al [3], se define el *Valor Fotovoltaico* multiplicando el valor de la energía eléctrica (en \$) por la energía generada por estos sistemas. El resultado de este cálculo es, para el Gran Buenos Aires, 21 \$/m²/año, que es un valor equivalente al de Phoenix (USA) [3].

LOS USOS POTENCIALES DE LA TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA EN EDIFICIOS

En el corto y mediano plazo, las aplicaciones que se prevén para la tecnología fotovoltaica entregada a edificios son:

- **Aplicaciones "urbanas" aisladas**, como residencias en las islas del Delta del Paraná donde hay problemas en extender la red de manera económicamente viable. Estas aplicaciones implican sistemas aislados con capacidad de almacenamiento y dimensionamiento de los sistemas de manera tal de cubrir la demanda en los periodos críticos del invierno.
- **Edificios suburbanos** en las zonas de extensión del Gran Buenos Aires, donde la capacidad de la infraestructura eléctrica existente esta cerca al pico de demanda. En este caso, sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica son una solución técnicamente posible. Los sistemas de este tipo son dimensionales para alcanzar su máxima producción anual (maximizando las ventajas económicas del propietario) o para minimizar el uso de la red eléctrica existente (maximizando los beneficios de la compañía eléctrica) o una combinación de ambas estrategias.
- **Edificios en torre** permiten una disminución del pico de carga y el uso simbólico de fotovoltaicos para dar una imagen "verde". El costo de módulos fotovoltaicos comienza a ser competitivo con ciertos materiales para fachadas.
- **Edificios especiales**, sistemas de seguridad robustos, actividades y equipamientos que son vulnerables a cortes de energía eléctrica, y que necesitan ser independientes de la red eléctrica, especialmente donde ésta no es estable. Si bien las UPS convencionales son más económicas que los sistemas fotovoltaicos, éstos proveen una cobertura permanente.

Curvas de carga

Las Figuras 1-3 muestran las típicas curvas de carga para cada banda tarifaria comparadas con la potencia generada. Estas figuras son resultado de una encuesta realizada durante los últimos años [1]. La potencia generada por sistemas fotovoltaicos conectados a red, de entre 850W y 1200W de salida, inclinados con el ángulo de la latitud de Buenos Aires, orientados al norte y con eficiencia del 10% fueron simulados con una frecuencia horaria para diferentes épocas del año. Ninguna de estas curvas de carga incluye cargas por aire acondicionado.

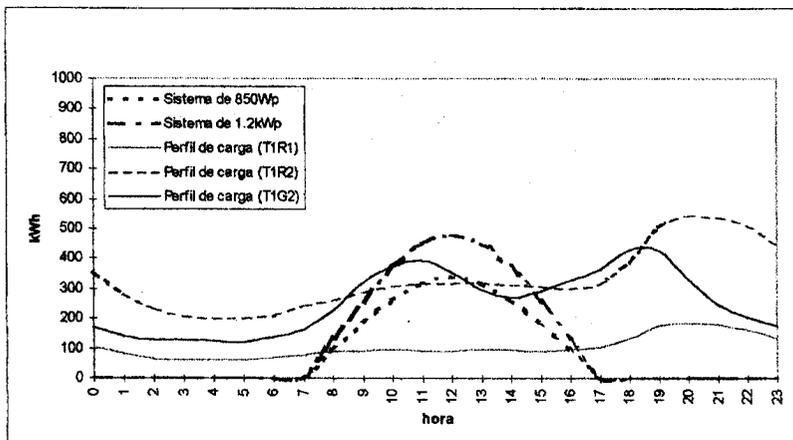


Figura 1: Curva de consumo y salida fotovoltaica para un día de invierno

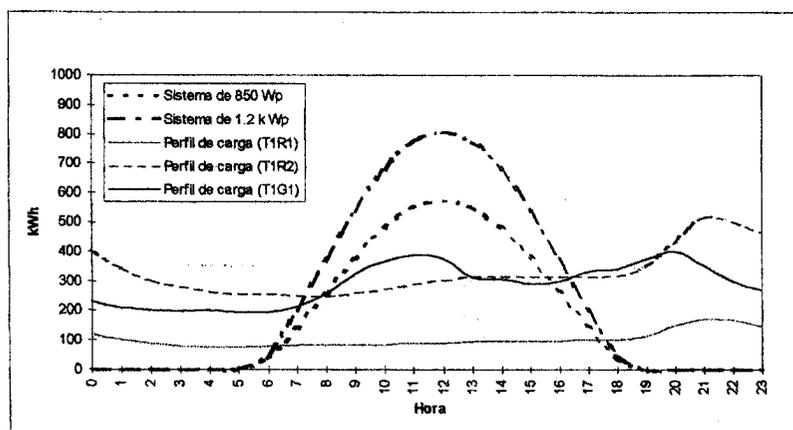
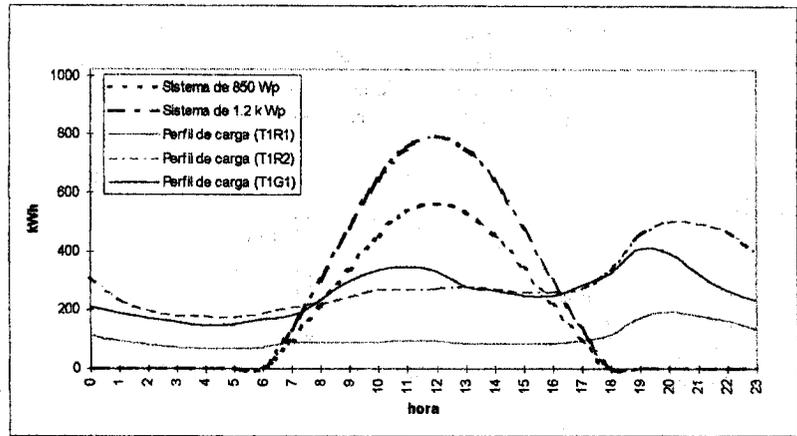


Figura 2: Curva de demanda y salida fotovoltaica para un día de verano.

Figura 3: Curva de consumo y salida fotovoltaica para un día de otoño / primavera.



Fotovoltaicos en residencias particulares

Los edificios del sector residencial que son apropiados para la integración de fotovoltaicos son casas de mediana y baja densidad en lotes individuales. La mayoría son proyectadas individualmente sin relacionan con las casas vecinas en apariencia o forma, con una gran gama de estilos de construcción y de materiales. Si embargo, se puede hacer la siguiente caracterización general:

- **Materiales:** El material predominante para el techado de casas particulares es la teja. La inclinación de los techos varía entre 20 y 30 grados menos que la inclinación óptima para el invierno, aunque más favorable para la producción eléctrica en el invierno. Son también común las chapas acanaladas, en cuyo caso la inclinación es menor que en el caso de las tejas.
- **Formas:** La mayoría de los techos del sector de clase media y media alta tiene una geometría compleja que tiende a la formación de sombras de un ala del techo con otra. Techos a dos aguas se encuentran en casas viejas y de clase media a media baja.
- **Sombras:** Debido al clima del Gran Buenos Aires, la vegetación es frondosa generando sombras indeseadas en techos de áreas residenciales. La protección de la masa arbórea puede reducir la producción fotovoltaica.

Potencialmente, las tejas pueden ser remplazadas por paneles fotovoltaicos sin ninguna dificultad técnica. Actualmente se fabrican diferente tipo de tejas "fotovoltaicas", con celdas solares incorporadas. En caso de optarse por paneles fotovoltaicos, las tejas pueden ser retiradas del techo de acuerdo al tamaño de los paneles, y toda diferencia dimensional o geométrica será resuelta con las técnicas normales de la construcción.

Fotovoltaicos en edificios de oficina

Otra aplicación potencial de los PVIB es la incorporación de los paneles fotovoltaicos en la fachada norte en edificios en torre.

- La demanda pico y la máxima generación fotovoltaica son casi simultáneas en edificios de oficinas.
- En este caso, son viables de implementar superficies fotovoltaicas verticales debido a la gran superficie disponible y la gran aceptación que tienen los paneles fotovoltaicos especialmente diseñados para fachadas, como terminación decorativa.
- Las dimensiones standard de los sistemas de cerramiento de fachadas permiten la integración directa de los paneles.
- En la mayoría de estos edificios, la carga eléctrica total es mayor que la potencia generada por los sistemas fotovoltaicos. Esto significa que solo pequeñas cantidades de electricidad son "exportadas" a la compañía eléctrica. Sin embargo, técnicamente, la posibilidad de exportar durante fines de semanas no presenta dificultades.

ESCENARIOS Y POSIBLES CONFIGURACIONES DEL SISTEMA

El tamaño de los sistemas estudiados va desde 0.5 kWp hasta 3 kWp. La Tabla 2 indica los costos estimados de estos sistemas. Fueron estudiados dos escenarios para un futuro uso de la tecnología fotovoltaica:

1. Fotovoltaicos conectados a red, que exportan electricidad a la compañía eléctrica a precio mayorista (4.5 centavos/kw/h)
2. Fotovoltaicos conectados a red con *medición neta*, es decir, la electricidad se exporta al mismo precio que se la importa.

Tabla 2: Costos de los Sistemas fotovoltaicos en Argentina

Ítem	Costos
Modulo e instalación	\$ 9 por Watt
Inversor	\$1 por Watt
Medidor (opción 1)	\$350
Medidor (opción 2)	\$50
Manutención	\$0.1 por Watt

El análisis económico ha sido basado en el método del Período de Retorno (PBP), que no tiene en cuenta el valor del dinero como función del tiempo. Sin embargo, los cálculos realizados dan una clara estimación del tiempo que lleva recuperar la inversión inicial. El Período de Retorno esta dado por [4]:

$$PBP = \text{Capital Inicial} / (\text{Beneficios anuales} - \text{Gastos de O y M anuales})$$

En el numerador, Capital Inicial, se ha asumido que hay un costo desplazado de $\$/m^2$ que representa los materiales usuales de los techos domésticos. Los escenarios que se han tenido en cuenta consideran solo el sector doméstico. Se pueden realizar cálculos similares para edificios de oficinas, que tendrán un Período de Retorno menor ya que los costos desplazados serán mayores debido al costo relativamente más alto de las cortinas vidriadas en relación con los techos residenciales. Las Tablas 3-5 presentan un resumen el Período de Retorno para cada escenario.

Tabla 3. Período de retorno para La tarifa T1R1

Sistema PV (Wp)	Período de retorno (años) opción 1	Período de retorno (años) opción 2
500	47,38	31,82
850	51,48	31,60
1000	52,73	31,56
1500	55,31	31,47
2000	56,73	31,42
2500	57,66	31,40
3000	58,31	31,38

Tabla IV: Período de Retorno para la tarifa T1R2

Sistema PV (Wp)	Período de retorno (años) opción 1	Período de retorno (años) opción 2
500	60,73	56,63
850	60,30	56,25
1000	60,37	56,17
1500	60,67	56,01
2000	60,89	55,94
2500	61,05	55,89
3000	61,18	55,86

Tabla V: Período de Retorno para la tarifa T1G1

Sistema PV (Wp)	Período de retorno (años) opción 1	Período de retorno (años) opción 2
500	28,62	26,46
850	32,10	26,29
1000	33,83	26,25
1500	38,65	26,17
2000	42,16	26,14
2500	44,77	26,12
3000	46,82	26,10

El análisis realizado asume que toda la energía generada por los sistemas fotovoltaicos, y que es consumida on-site, tiene el mismo valor que la electricidad que se deja de comprar a la red, según el cuadro tarifario correspondiente. Los resultados muestran que si bien la medición neta no justifica económicamente el empleo de la tecnología fotovoltaica por sí sola, hace que la inversión sea más interesante desde el punto de vista económico. Para la opción 1, sin medición neta, a medida que el sistema fotovoltaico aumenta, el Período de Retorno se hace mayor. Esto se debe a que una mayor cantidad de energía eléctrica se exporta a un valor bajo. Contrariamente, para la opción 2, se ve que a medida que el sistema crece, el Período de Retorno disminuye, debido a que el costo y el valor de la energía eléctrica coinciden.

BARRERAS ACTUALES AL USO. PROXIMOS PASOS.

Entre las principales barreras que se le presentan a la tecnología fotovoltaica integrada a edificios en Argentina se incluyen:

- El alto costo y el costo "aparente" de las instalaciones fotovoltaicas.
- Barreras institucionales y técnicas para las conexiones a red de sistemas fotovoltaicos.
- Escaso conocimiento técnico y dificultad para obtener información sobre implicancias de diseño.
- La seria falta de conocimientos en el área de PVIB, aún entre los representantes de compañías proveedoras de módulos.
- La falta de liderazgo y apoyo del gobierno, y escaso apoyo político en una economía dominada por el cortoplacismo.

Los próximos pasos dirigidos a mejorar las posibilidades de alcanzar una efectiva aplicación de la tecnología PVIB en Argentina, incluyen las siguientes acciones complementarias:

- **Conexiones:** Se deberán negociar condiciones favorables para la conexión a red de sistema fotovoltaicos con las compañías eléctricas y con el Ente Regulador.
- **Demostraciones:** Se iniciaran proyectos demostrativos para mostrar el potencial de la tecnología fotovoltaica conectada a la red eléctrica y se deberá poner a prueba la calidad y la confiabilidad de la conexión. En este momento se estudian posibilidades concretas para desarrollar este tipo de proyectos.
- **Capacitación:** Un programa subsidiado por la Unión Europea denominado "*Sustainable Cities in Argentina*" se lleva a cabo en el país desde junio de 1997 y tiene como objetivo la capacitación de profesionales y estudiantes de arquitectura en el área de tecnología fotovoltaica integrada a edificios.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran que bajo las actuales circunstancias, los sistemas fotovoltaicos integrados a techos no son económicamente viables. Incentivos económicos y una reducción en el costo de la energía fotovoltaica debido a su madurez tecnológica puede mejorar la situación. Por el momento, el énfasis debe ponerse no en los aspectos económicos sino en los beneficios adicionales, tales como el mejoramiento de la capacidad de distribución y transmisión de la red eléctrica, la reducción del impacto ambiental debido a la generación eléctrica de fuentes contaminantes, etc. Evaluar los beneficios de la tecnología PVIB en diferentes regiones climáticas es un desafío para arquitectos por su responsabilidad en la configuración del hábitat, teniendo en cuenta factores socioculturales, económicos, técnicos y estéticos.

REFERENCIAS

- [1] EDENOR, *Cuadro tarifario y análisis de carga*, private communication
- [2] Grossi Gallegos, H. et al, *Actualización de la evaluación de los datos de radiación solar obtenidos de la Red Solarimétrica*, Actas de la 10ma Reunión de Trabajo de ASADES, Salta, 1988.
- [3] Kiss, G. & Kinhead, J., *Optimal Building-Integrated Photovoltaic Applications*, NREL/TP-472-20339, Noviembre 1995
- [4] Camaño E. and Lorenzo E., *Photovoltaics in Grid-connected buildings: Energy flow and Economic Aspects*, Prog. Photovolt. 1, 135-143 (1995)