

Ventajas técnico-económicas de las luminarias exteriores con alimentación solar fotovoltaica y acumulación en baterías

Diego M. FERREYRA¹, Germán PESCE²

1-Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Francisco, Argentina (dferreyra@sanfrancisco.utn.edu.ar)

2-Pampa Solar, Carlos Pesce SA, San Francisco, Argentina (info@pampasolar.com)

Resumen: En este trabajo, se clasifican las ventajas técnico-económicas de las luminarias exteriores con alimentación solar fotovoltaica y acumulación en baterías (luminarias solares) en comparación con las luminarias tradicionales con alimentación de la red. Primero, se especifican las ventajas económicas de las luminarias solares por el hecho de que evitan consumir energía eléctrica y demanda de potencia de la red. En segundo lugar, se enumeran ventajas relacionadas con la mayor simplicidad y menores costos en su instalación. Luego, se enuncian ventajas relativas a certificaciones operativas y de seguridad requeridas según normativa vigente en las instalaciones eléctricas tradicionales. Finalmente, se hacen consideraciones sobre las ventajas de las características funcionales incorporadas en las luminarias solares analizadas. Se concluye que hay buenos argumentos sobre la conveniencia de las luminarias solares en comparación con las tradicionales, aunque la variabilidad del marco de referencia económico dificulta la realización de una evaluación más acabada.

Palabras clave: *iluminación exterior, energía solar fotovoltaica, luminarias solares.*

Abstract: In this work, technical and economic advantages are classified regarding solar photovoltaic-powered outdoor luminaires with battery storage (solar luminaires) in comparison to traditional grid-powered luminaires. Firstly, the economic advantages of solar luminaires are specified given that they avoid both the consumption of energy and the use of power demand from the grid. Secondly, advantages are given regarding the greater simplicity and lower costs in their installation. Then, based on the regulations in force, advantages are stated on the operational and electrical safety certifications required in traditional electrical installations. Finally, a few considerations are made on advantages related to functional features which are integrated into the solar luminaires under analysis. It is concluded that there are good arguments supporting the convenience of solar luminaires over the traditional ones, although the variability in the economic reference framework makes it difficult to carry out a more thorough assessment.

Key words: *outdoor lighting, solar photovoltaic energy, solar luminaires.*

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de los últimos 25 años, el consumo de energía eléctrica en nuestro país se incrementó a una tasa media del 4 % anual [1], aun con las razonables variaciones puntuales que se fueron registrando en función de cada situación específica en el aspecto sociopolítico y macroeconómico nacional e internacional. Debido a las exigencias que esta sostenida tendencia creciente plantea sobre las redes eléctricas, se han generado tanto a nivel nacional como jurisdiccional diferentes iniciativas 1) para hacer más eficiente el uso de la energía en los puntos de consumo y 2) para fomentar la implementación de medios alternativos de generación de energía eléctrica conectados a la red, en un formato de generación distribuida.

Existen numerosas referencias normativas y adhesiones gubernamentales locales relativas al uso eficiente de la energía, tanto a nivel nacional, por ejemplo [2], como a nivel provincial, por ejemplo [3]. En cuanto al impulso de medios de generación alternativos, una muestra es la legislación generada oportunamente a nivel nacional [4] [5] [6] y en el ámbito de la provincia de Córdoba [7]. En consonancia con las tendencias mundiales, estas leyes, sus decretos reglamentarios y todos sus anexos y desprendimientos normativos de índole técnica tienden tanto hacia la expansión de la generación de energía eléctrica por medios renovables en grandes parques como hacia un formato de generación distribuida, donde medios de generación de pequeña potencia unitaria alimentan cargas locales y tienen la posibilidad de inyectar energía a las redes eléctricas.

Como alternativa a esto último, dado el estado actual de desarrollo de las baterías [8], se plantea también la posibilidad de implementar medios autónomos de generación de energía eléctrica basados en fuentes renovables, es decir, desconectados de la red eléctrica, en combinación con baterías y acoplados directamente a sus elementos de consumo [9]. Esta configuración mantiene una de las ventajas más importantes de la generación distribuida, que es que la energía se genere en el sitio mismo donde se la consume, pero incluye la variante de evitar la conexión a red.

El objeto de este trabajo es clasificar y ejemplificar las ventajas de un medio alternativo de generación y uso de energía eléctrica, concretamente una familia de luminarias con alimentación solar y acumulación en baterías, denominadas en adelante “*luminarias solares*”. Específicamente, se hace un análisis descriptivo de las características de los proyectos de iluminación exterior con luminarias solares, en comparación con proyectos con luminarias tradicionales, alimentadas desde la red. La finalidad es aportar elementos que permitan ponderar de manera integral el impacto técnico-económico y la conveniencia de las luminarias solares.

2. METODOLOGÍA Y RECURSOS

Para el análisis comparativo que se desarrolla en el presente trabajo, se evaluó material académico y normativo, y pautas propuestas en publicaciones de la industria. Entre otros, se destacan los siguientes:

- Cuadro tarifario de la Empresa Provincial de Energía de Córdoba (EPEC) [11]
- Normativa aplicable de la Asociación Electrotécnica Argentina (AEA) [12]
- Clasificación y costeo de mano de obra en instalaciones eléctricas, según lo sugerido por la industria [13]
- Especificaciones de luminarias exteriores con alimentación solar y acumulación en baterías [10]

Las luminarias analizadas [10] incluyen una lámpara LED, un panel solar fotovoltaico, un regulador de carga y un paquete de baterías, además de sensores y circuitos electrónicos de control. Por su formato, dimensiones e intensidad y distribución lumínicas, estas luminarias están previstas para iluminación exterior en patios, espacios recreativos, estacionamientos, explotaciones agropecuarias, etc. Su funcionamiento es el siguiente:

- 1) En horario diurno, con la lámpara apagada, el panel fotovoltaico genera energía eléctrica a partir de la radiación solar. La energía así generada durante el día se almacena en las baterías del equipo.
- 2) En horario nocturno, la lámpara se enciende automáticamente haciendo uso de la energía almacenada en las baterías que, de esta manera, se descargan durante la noche.

Estas luminarias se adoptaron para su estudio por su disponibilidad comercial, pero también por su cumplimiento en origen con normativas operativas aplicables del sector [10]. Se consideran de amplia aplicación para usuarios de diverso perfil, entre los que se pueden encontrar usuarios residenciales con disponibilidad de espacios verdes, usuarios en general con ámbitos recreativos en exteriores de uso nocturno, espacios previstos para el movimiento nocturno de vehículos de carga o de pasajeros, estacionamientos, etc. A fin de restringir la diversidad de modelos, se pueden considerar fundamentalmente los dos formatos que se presentan en la Fig. 1, las dos variantes del modelo X5 de [10].

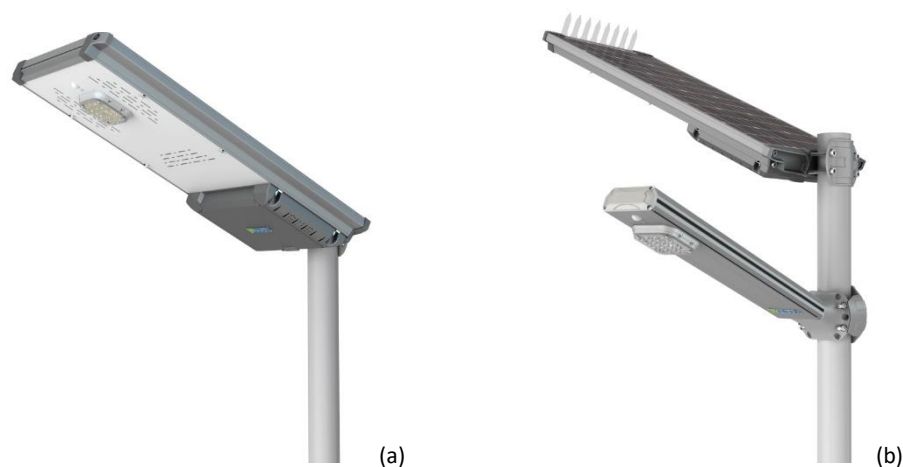


Fig. 1. Modelos de luminarias solares: (a) con panel solar integrado a la luminaria; (b) con panel solar separado de la luminaria

En la Fig. 2, se muestra un ejemplo de implementación de una luminaria solar con panel solar integrado. En este caso, se pudo orientar el panel solar hacia el Norte, lo que para el hemisferio Sur implica que se tienda a maximizar la generación de energía fotovoltaica y se mejore de esa manera la autonomía del sistema de almacenamiento.



Fig. 2. Ejemplo de implementación de una luminaria solar con panel solar integrado

En la Fig. 3, se muestra un ejemplo de implementación de dos luminarias solares con panel solar separado, en un caso en que se requirió orientar de manera específica los paneles a fin de tender a maximizar la energía fotovoltaica generada.



Fig. 3. Ejemplo de implementación de dos luminarias solares con panel solar separado

Para ambos modelos, cabe mencionar que, por tratarse de un producto de inserción internacional, el ángulo de elevación de los paneles solares es fijo, de un valor igual a 30°. Por supuesto, esto implica que no se maximice exactamente el ángulo de captación solar según la latitud de instalación, según las variaciones estacionales de la elevación del Sol ni según la variación diaria de dicha elevación. Sin embargo, tal disposición fija resulta la más realizable desde un punto de vista técnico-comercial práctico y evita la complejidad en la implementación del producto.

3. ENUMERACIÓN DE VENTAJAS DE LAS LUMINARIAS SOLARES

3.1. Ventajas económicas según la tarificación horaria de cada usuario

Según [11], los usuarios del servicio de energía eléctrica pueden clasificarse en dos grandes grupos:

- 3) usuarios sin diferenciación horaria en sus tarifas de energía:
 - usuarios residenciales (T1)
 - usuarios generales y de servicios (T2)
 - gobierno nacional, provincial y municipal y otros usuarios especiales (T5)
 - usuarios de alumbrado (T6)
 - usuarios rurales (T8)
- 4) usuarios sujetos a tarifas con diferenciación horaria en cuanto a la energía consumida o a la potencia demandada:
 - grandes consumos (T3 en baja, media o alta tensión, incluidos parques industriales): *diferenciación horaria en el costo de la energía y en el costo de la potencia demandada*
 - servicio de agua (T7): *solo diferenciación horaria en el costo de la energía*

Se omite de este análisis el caso de las cooperativas eléctricas (T4) considerando que, ante la distribuidora, constituyen un consumo que combina diversos usuarios de todos los perfiles aquí detallados. A su vez, tales cooperativas trasladan a sus usuarios un esquema tarifario equiparable al aquí detallado.

La finalidad de las tarifas con diferenciación horaria es desincentivar el consumo en los horarios en que la demanda en el sistema eléctrico es mayor. Esto implica que el costo de consumir energía y de demandar potencia en determinados horarios resulta sustancialmente mayor que en otros. En términos de oferta y demanda, implica que se mantengan señales económicas que tiendan a estabilizar en el tiempo el consumo de energía eléctrica en toda la red.

Si bien actualmente no se aplica este esquema de diferenciación horaria de costos a todos los tipos de usuarios, se espera que se vaya ampliando en el futuro mediano hacia algunos de los usuarios que hoy no están alcanzados por tal régimen, inclusive hasta llegar a los residenciales (T1).

En la Tabla I, se muestran a modo de ejemplo los rangos horarios para la aplicación de costos diferenciados de energía para los usuarios T3, que se consideran unos de los de mayor interés para el presente estudio.

Tabla I: Rangos horarios de costos de energía para los usuarios T3

Usuarios	Rangos horarios para energía		
	Horario de valle	Horario restante	Horario de pico
T3	De 23.00 a 05.00	De 05.00 a 18.00	De 18.00 a 23.00

En la Tabla II, se muestran los rangos horarios para la aplicación de costos diferenciados de demanda de potencia para dichos usuarios T3.

Tabla II: Rangos horarios de costos de demanda de potencia para los usuarios T3

Usuarios	Rangos horarios para demanda de potencia	
	Horario fuera de punta	Horario de punta
T3	De 23.00 a 18.00	De 18.00 a 23.00

En función de esta clasificación, y dado el cuadro tarifario mencionado, en la Fig. 4 se resalta gráficamente la invariabilidad del costo de la energía con el horario para el ejemplo de un usuario T1. Específicamente, se grafica el valor de la energía excedente de 120 kW·h para consumos mensuales superiores a 700 kW·h.

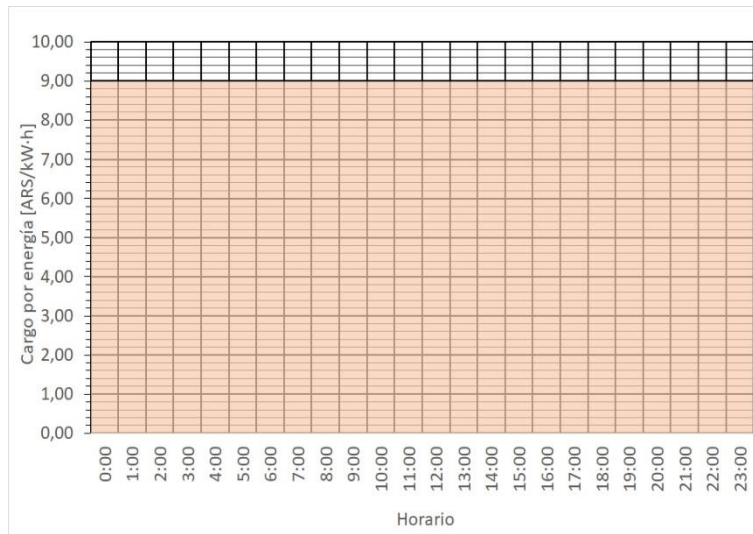


Fig. 4. Costo de energía en función del horario para un usuario T1

De similar manera, en la Fig. 5 se muestra a modo de ejemplo la variación del costo de la energía en función del horario para un usuario T3 en baja tensión con demanda de potencia por debajo de los 300 kW.

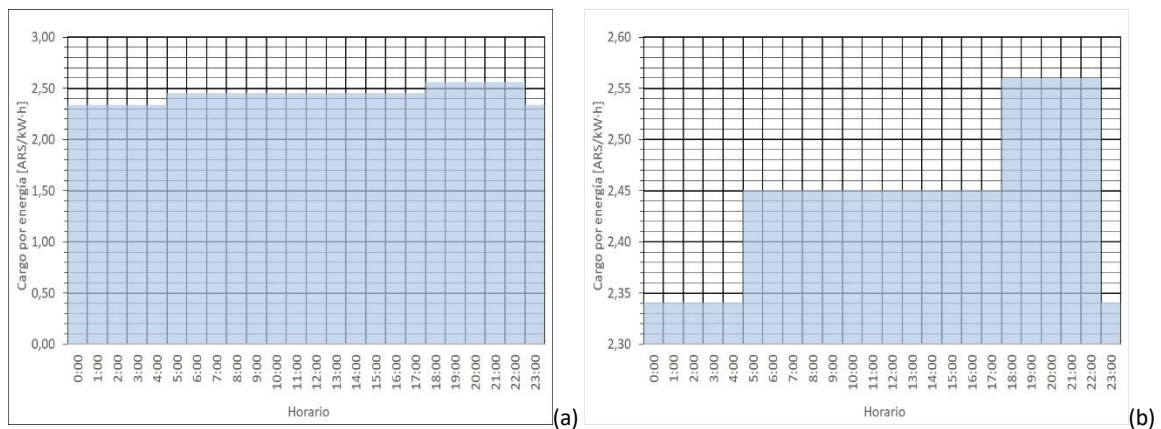


Fig. 5. Costo de energía en función del horario para un usuario T3 en baja tensión con demanda menor a 300 kW: (a) gráfica general; (b) detalle de diferencias

Como se puede calcular para un usuario T3, el costo de la energía en horario de pico es apenas un 4,46 % mayor que en horario restante y el costo de la energía en horario de valle es apenas un 4,46 % menor que en horario restante. Naturalmente, tal diferencia resulta bastante escasa por sí sola como para incentivar el consumo de energía fuera del horario de pico. Por lo tanto, en los cuadros tarifarios, se introduce la mencionada diferenciación de costos por demanda de potencia, que se muestra gráficamente para estos usuarios T3 en la Fig. 6.

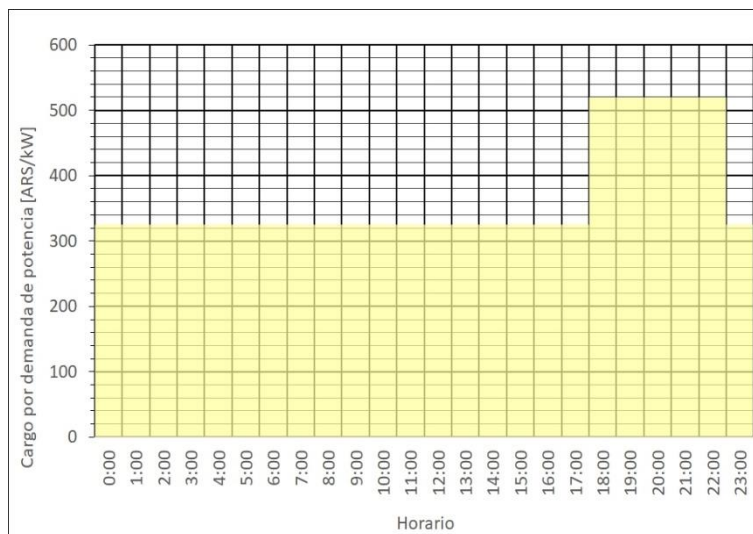


Fig. 6. Costo de la demanda de potencia en función del horario para un usuario T3 en baja tensión con demanda menor a 300 kW

Como se puede calcular para este caso, el costo de la demanda de potencia en horario de punta es un 60 % mayor que en horario fuera de punta, lo cual constituye un incentivo notorio para que los usuarios T3 tiendan a concentrar sus consumos fuera del horario de punta.

En resumen, para cada tipo de usuario, la conveniencia de implementar luminarias solares implica distintas ventajas:

- 1) Para usuarios *sin* diferenciación horaria en sus tarifas, el ahorro de energía en iluminación exterior tiene el mismo impacto económico que el ahorro equivalente que se logre en cualquier otro tipo de carga eléctrica y que se produzca en cualquier otro rango horario.
- 2) Para usuarios cuyas tarifas tienen diferenciación horaria, el hecho de evitar un consumo en iluminación exterior implica a) energía evitada en el horario de mayor costo, y b) para los grandes consumos (T3), menor demanda de potencia en el horario en que esta resulta más costosa.

El impacto de luminarias de 80 W (uno de los valores típicos en estos productos) sobre la demanda de potencia (valorizada en ARS/kW) parece relativamente reducida. Sin embargo, si se consideran los usuarios T3, con demandas de entre 40 kW y 300 kW, es razonable considerar que requieran numerosas luminarias en estacionamientos, zonas de carga, predios y accesos, tanto con finalidades operativas como de seguridad.

El ahorro que estos usuarios pueden alcanzar con luminarias solares se puede cuantificar con un cálculo de ejemplo para 10 luminarias solares con lámpara de 80 W que reemplacen a otras tantas luminarias estándares de la misma potencia eléctrica. Para ello, se estima un mes típico de 30 días, un inicio de funcionamiento de las luminarias estimado en las 19.00 h (atardecer promedio) y un final de funcionamiento estimado en las 7.00 h (amanecer promedio), ambos como horario medio entre invierno y verano para la zona centro de Argentina:

- Consumo de energía de pico evitado: $30 \text{ días/mes} \times 10 \text{ luminarias} \times 0,080 \text{ kW} \times 4 \text{ horas} \times \text{ARS } 2,56011/\text{kW}\cdot\text{h} = \text{ARS } 245,77 \text{ por mes}$
- Consumo de energía de valle evitado: $30 \text{ días/mes} \times 10 \text{ luminarias} \times 0,080 \text{ kW} \times 6 \text{ horas} \times \text{ARS } 2,34128/\text{kW}\cdot\text{h} = \text{ARS } 337,14 \text{ por mes}$
- Consumo de energía de horario restante evitado: $30 \text{ días/mes} \times 10 \text{ luminarias} \times 0,080 \text{ kW} \times 2 \text{ horas} \times \text{ARS } 2,45069/\text{kW}\cdot\text{h} = \text{ARS } 117,63 \text{ por mes}$
- Demanda de potencia en punta evitada: $10 \text{ luminarias} \times 0,080 \text{ kW} \times \text{ARS } 520,0426/\text{kW} = \text{ARS } 416,03 \text{ por mes}$

El ahorro de ARS 1116,57 así calculado constituye el recuperado operativo mensual simple de la inversión supuesta en estos 10 equipos, que debe cotejarse con la diferencia de costos entre la implementación de luminarias tradicionales y la de luminarias solares.

3.2. Ventajas asociadas a la instalación en comparación con las luminarias tradicionales

Para la implementación de un proyecto nuevo de iluminación exterior, pueden enumerarse las siguientes consideraciones a fin de comparar el uso de luminarias solares con el uso de luminarias tradicionales [12] [13]:

- 1) Medios de montaje: las ménsulas o columnas de montaje involucran aspectos de mantenimiento y de resistencia mecánica que son comunes a ambos casos. Con una visión conservadora, podría admitirse que las luminarias solares no presentan ventajas muy notorias en este aspecto.
- 2) Mantenimiento: la vida útil de las lámparas LED de las luminarias solares razonablemente puede asemejarse a la de las lámparas LED de las luminarias tradicionales. Sin embargo, se debe considerar la vida útil de las baterías de las luminarias solares, que implican su propio régimen de recambio. Por lo tanto, las luminarias solares no cuentan con ventajas en este aspecto, salvo por el hecho de que toda tarea de mantenimiento se realiza a niveles de tensión de seguridad. No se cuenta aún con referencias certeras sobre el costo de reposición de baterías, pero sí se conoce la vida útil propuesta por el fabricante, en el orden de los 6-8 años.
- 3) Cableado eléctrico: este es el aspecto más ventajoso para las luminarias solares, ya que su uso evita el tendido de cables de alimentación desde la red, con todo lo que esto implica:
 - acometida desde el tablero seccional más cercano
 - medios de comando y protección
 - tendido de cables, por lo general de tipo subterráneo, con la consiguiente necesidad de zanqueo, o bien dispuestos sobre bandejas o medios similares de sujeción
 - puesta a tierra local de la columna de montaje y de todo elemento conductor no activo del sistema de soporte de la luminaria, salvo que se provea conexión a tierra desde el tablero seccional por las mismas canalizaciones de alimentación (lo cual de todos modos implica el tendido de un conductor adicional entre dicho tablero seccional y la luminaria)

En este sentido, según los valores detallados en [13], puede estimarse que se puede obtener una importante reducción sobre los ARS 2500 + ARS 935 de mano de obra previstos para la instalación de una luminaria exterior tradicional con columna hasta 3 m incluyendo fotocélula individual.

También, según la misma referencia, se debe tener en cuenta que se evita por completo la mano de obra de ARS 645 por metro para el zanqueo a 80 cm de profundidad (aprox. 25 x 70 cm), la colocación de cable de alimentación, la disposición de protecciones mecánicas y el cierre de zanja que está relacionada con las luminarias tradicionales.

En la Fig. 7, se muestra con claridad un ejemplo de instalación de un equipo con panel solar separado de la luminaria, donde queda de manifiesto la simplicidad de su montaje.



Fig. 7. Ejemplo de instalación de una luminaria solar con panel separado

3.3. Ventajas asociadas a consideraciones normativas

Al implementar luminarias solares, se evita agregar un punto de consumo a la instalación eléctrica fija. Esto implica que el uso de luminarias solares evita la necesidad de iniciar o actualizar el cumplimiento de los requisitos de la AEA [12] o de otras normativas jurisdiccionales. A lo sumo, puede haber requisitos locales sobre el tipo de montaje y la resistencia y durabilidad mecánica de los medios de sujeción de la luminaria. Para las luminarias aquí evaluadas, se verifica el cumplimiento en origen de la normativa aplicable [14, 15], comprobado por ensayos voluntarios locales [10], que certifican sus medios de fijación.

Teniendo en cuenta la vigencia de normativas tales como [16], el hecho de evitar la expansión o modificación de una instalación eléctrica fija implica en todo caso evitar las gestiones y los costos de certificación obligatorios asociados a la seguridad eléctrica.

Existen oportunidades adicionales para las luminarias solares en los casos donde un usuario deba prevenir iluminación en un predio, espacio o ámbito perteneciente a terceros, como puede ocurrir con la iluminación ornamental o publicitaria que se implementa en la vía pública, junto a autopistas o rutas, etc.

3.4. Ventajas asociadas a consideraciones funcionales

Además de su función específica, las luminarias solares aquí consideradas incorporan otras funciones [10]:

- 1) El encendido y apagado automático de las luminarias solares según el nivel de iluminación ambiente (día/noche) es un automatismo clave para el usuario. En luminarias tradicionales, esta función suele implementarse con medios electromecánicos, a veces con una opción de encendido manual que omite dicho automatismo [17], pero siempre como costo adicional.
- 2) Ante ausencia de movimiento en el entorno de las luminarias solares consideradas, se produce una atenuación automática de la lámpara a un orden del 30 % de su potencia. Con esto, se gestiona eficientemente la energía solar captada, y se logra una función adicional antimerodeo que, en luminarias tradicionales, requeriría un automatismo específico con sensores de movimiento [18].

4. CONCLUSIONES

Dadas las ventajas comparativas aquí detalladas, se identifica una serie de consideraciones preliminares para ponderar la conveniencia de las luminarias solares en comparación con las luminarias tradicionales. En principio, tales ventajas pueden considerarse algo más notorias en proyectos de iluminación exterior nuevos que en el caso de la repotenciación o reforma de instalaciones eléctricas existentes. Se enumeran de manera aproximada montos de referencia que hacen a algunos de los ahorros que surgen de la opción por luminarias solares en comparación con luminarias tradicionales. Tales ahorros tienen que ver, por un lado, con los costos operativos (consumo de energía y demanda de potencia evitados) y, por otro lado, con mano de obra y los materiales relacionados con la instalación eléctrica que se evita, además de los costos de certificación por intervenir sobre una instalación sujeta a normativas de seguridad eléctrica. Se mencionan, además, las características funcionales que vienen integradas en las luminarias solares analizadas y que, en caso de incorporarse para luminarias tradicionales, implicarían otros costos adicionales. Naturalmente, la evaluación de los ahorros enumerados en relación con el costo de las luminarias solares y de sus baterías, único elemento sujeto a reemplazo periódico, debe referenciarse cada vez a la situación relativa de los cuadros tarifarios vigentes de energía eléctrica con respecto a la cotización de la moneda local vs. monedas extranjeras y al valor de la mano de obra y los materiales relacionados.

RECONOCIMIENTOS

Los autores desean manifestar su agradecimiento a las siguientes instituciones y empresas por proporcionar realimentación sobre su experiencia con la implementación de luminarias solares: Mur SA (distribuidor de Arcor SAIC, Santo Tomé, prov. de Santa Fe); Manfrey Cooperativa de Tamberos de Com. e Ind. Ltda. (empresa láctea, Freyre, prov. de Córdoba) y Municipalidad de Freyre; Municipalidad de Arroyito (prov. de Córdoba); Red Argentina de Municipios frente al Cambio Climático (RAMCC).

REFERENCIAS

- [1] Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico SA, CAMMESA (2019). Informe anual 2018. CABA, Argentina, 10/07/2019.
- [2] Poder Ejecutivo Nacional (2007), Decreto 140/2007: "Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía". CABA, Argentina, 21/12/2007.
- [3] Poder Legislativo Provincial (2018), Ley nro. 10572: "Declaración de interés provincial el uso racional y eficiente de la energía". Córdoba, Argentina, 26/09/2018.
- [4] Poder Legislativo Nacional (2006). Ley nro. 26190: "Régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica". CABA, Argentina, 06/12/2006.
- [5] Poder Legislativo Nacional (2015). Ley nro. 27191: "Ley 26190. Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica. Modificación". CABA, Argentina, 23/09/2015.
- [6] Poder Legislativo Nacional (2017). Ley nro. 27424: "Régimen de fomento a la generación distribuida de energía renovable integrada a la red eléctrica pública". CABA, Argentina, 30/11/2017.
- [7] Legislatura de la Provincia de Córdoba (2018). Ley nro. 10604: Adhesión a Ley Nacional nro. 27424. Córdoba, Argentina, 19/12/2018.
- [8] Instituto Nacional de Tecnología Industrial (2016). Gestión de pilas y baterías eléctricas en Argentina. Editor: INTI, CABA, Argentina. Online: ISBN 978-950-532-282-4.
- [9] Algburi S., Sivakuma S. (2016). Energy Science & Technology Vol. 6: Solar Engineering. Chapter 5 Stand-Alone Photovoltaic System (pp. 141-163). Editor: Studium Press LLC. Houston, EE. UU., ISBN 1-626990-62-X.
- [10] Carlos Pesce SA (2017). Pampa Solar: Soluciones en iluminación solar para exterior. <http://pampasolar.com/> (consultada el 30/09/2019).
- [11] Ente Regulador de los Servicios Públicos, ERSeP (2019). Resolución general nro. 48, Anexo 1: Cuadro tarifario (aplicable por la EPEC a partir del 01/08/2019). Córdoba, Argentina, 31/07/2019.
- [12] Asociación Electrotécnica Argentina, AEA (2016). Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles. Viviendas, oficinas y locales (unitarios), AEA 90364-7-771. CABA, Argentina, 2016.
- [13] Electroinstalador (2019). Costos de mano de obra. <https://www.electroinstalador.com/contenidos/costos-mano-obra.html> (consultada el 30/09/2019).
- [14] International Electrotechnical Commission (2014). IEC 60598-1:2014. Luminarias. Parte 1: Requisitos generales y ensayos. Ginebra, Suiza, 26/05/2014.
- [15] Instituto Argentino de Normalización y Certificación (2016). IRAM AADL-J 2028-2-3:2016. Luminarias. Parte 2-3 - Requisitos particulares. Luminarias para alumbrado público. CABA, Argentina, 30/09/2016.
- [16] Legislatura de la Provincia de Córdoba (2015). Ley nro. 10281: Ley de seguridad eléctrica para la provincia de Córdoba. Córdoba, Argentina, 6/07/2015.
- [17] United States Environmental Protection Agency. Office of Air and Radiation (2006). ENERGY STAR Building Upgrade Manual Chapter 6: Lighting. Washington, EE. UU., 11/2006.
- [18] Schneider Electric (2016). ARGUS movement detectors, Rueil-Malmaison, Francia, ISC01221_09_2016_EN.