

Experiencia en la Implementación, Operación y Divulgación de una Instalación Solar Fotovoltaica Piloto en Argentina

Resumen: Con la actual expansión en Argentina de las fuentes renovables para generación distribuida, la energía fotovoltaica está en pleno auge. En este trabajo, se presentan resultados sobre una instalación solar fotovoltaica piloto conectada a red en la región central de Argentina. La instalación tiene 2,8 kW de potencia nominal, es monofásica, no incluye baterías, y genera anualmente unos 4000 kW•h. Consta de 12 paneles fotovoltaicos conectados en serie para alimentar el inversor que oficia de interfaz con la red eléctrica. Se presentan resultados sobre tres aspectos: 1) la generación en dos años, los horarios de funcionamiento durante un año, y la evolución horaria de la generación durante días típicos; 2) el cumplimiento de la desconexión automática de seguridad ante cortes de energía de la red; 3) la divulgación a destinatarios con y sin formación técnica. Los resultados se consideran favorables, y de gran utilidad para la replicación de esta experiencia.

Palabras Claves: energías alternativas, energías renovables, paneles solares, energía solar fotovoltaica, generación distribuida.

Abstract: With the current expansion of renewable energy sources for distributed generation in Argentina, photovoltaic energy is in full focus. In this work, results are given regarding a pilot grid-connected solar photovoltaic installation in the central area of Argentina. This single-phase installation is 2.8 kW in nominal power, includes no batteries and outputs around 4000 kW•h per year. It includes 12 series-connected photovoltaic panels which feed an inverter acting as the interface with the electric grid. Results are listed regarding three aspects: 1) energy generation in two years, daily operating time during a full year, and hourly evolution of the generation during typical days; 2) fulfillment of the automatic disconnection feature when facing grid outages; 3) outreach to addressees with a technical background and without it. The results are deemed as favorable and of great importance for this experience to be replicated.

Keywords: alternative energy, renewable energy, solar panels, photovoltaic solar energy, distributed generation.

Diego M. Ferreyra⁽¹⁾, Ana C. Sarmiento⁽²⁾, Gerardo D. Szwarz⁽³⁾, Nicolás J. Rocchia⁽⁴⁾

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Francisco, Grupo GISEner - Avenida de la Universidad 501 (2400) San Francisco. Provincia de Córdoba. ARGENTINA - Tel. ++54-3564-421147/435402 Int. 122, <http://www.sanfrancisco.utn.edu.ar/>

⁽¹⁾dferreyra@sanfrancisco.utn.edu.ar; ⁽²⁾csarmiento@sanfrancisco.utn.edu.ar;

⁽³⁾gerardoszwarz@gmail.com; ⁽⁴⁾nicolasrocchia@gmail.com

INTRODUCCIÓN

En Argentina, como en otros países de América Latina, se viene acompañando la tendencia mundial hacia la implementación de medios renovables para la generación de energía eléctrica. Como referencia, los informes de la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2016; IEA, 2013) y los resultados de las reuniones de las convenciones de las Naciones Unidas (UNFCCC-TEC, 2015) indican algunos de los rumbos que se están siguiendo en términos cuantitativos para el planteo de objetivos de corto, mediano y largo plazo.

La legislación nacional argentina contempla actualmente diversos modos de promoción activa para incrementar la proporción de medios renovables en la matriz energética del país. Las más recientes iniciativas técnico-legales de orden nacional, y también algunas provinciales específicas, apuntan más directamente a la generación de energía eléctrica. Y más concretamente aún, se centran en la variante específica de que tales medios estén conectados a la red misma de distribución, es decir, que la energía generada tenga movilidad en la red eléctrica y que su uso no quede restringido dentro de una isla, eléctricamente hablando (CAPEC, 2017; PEN, 2015; EPRE, 2015; EPESF, 2013).

La modalidad de que los medios de generación de energía eléctrica de tamaño pequeño o moderado estén conectados a la red de distribución es lo que se denomina generación distribuida. Por sí, la generación distribuida implica que se interconecten con la red eléctrica de distribución generadores de potencias relativamente pequeñas y en ubicaciones muy próximas a los puntos de consumo. El principal efecto que se busca es minimizar las pérdidas técnicas debidas al transporte y distribución de la energía eléctrica que se produce en las redes tradicionales, donde la producción de la energía está centralizada en grandes plantas generadoras desde las cuales debe distribuirse por toda la red. La generación distri-

buida da origen naturalmente al concepto de redes inteligentes, en las cuales se combinan los medios de potencia con los medios lógicos y de comunicación a fin de optimizar los parámetros técnicos de las redes de distribución (Durán et ál., 2014).

El foco de este trabajo ha sido analizar un caso concreto de generación distribuida donde se aplicó uno de estos medios alternativos para la generación de energía eléctrica. Específicamente, se evalúa una instalación solar fotovoltaica piloto instalada en 2015 en el predio de la Facultad Regional San Francisco de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN-FRSFco). Para este fin, la institución oportunamente adhirió a un proyecto de alcance nacional denominado IRESUD, gestionado por un consorcio asociativo público-privado, cuyo objetivo principal es promover la instalación de este tipo de plantas fotovoltaicas piloto en todo el territorio del país.

MATERIALES Y MÉTODOS

La instalación, cuyo aspecto exterior en el predio de la UTN-FRSFco se muestra en la Fig. 1, tuvo su puesta en marcha técnica el 31 de julio de 2015 y se inauguró formalmente el 10 de agosto de ese mismo año (LVdSJ, 2015; Energía Estratégica, 2015).

Los paneles fotovoltaicos, que constituyen la parte más visible de la instalación, generan energía eléctrica en corriente continua. Esta ingresa a un inversor electrónico a fin de ajustar y estabilizar el nivel de la tensión de continua, y luego sintetizar una tensión de corriente alterna equiparable a la de la red de distribución. Debe resaltarse que la energía se inyecta directamente a la red sin quedar almacenada en baterías de almacenamiento en ningún momento. Existen otras modalidades que incor-

poran baterías para el almacenamiento de la energía de corriente continua, pero esta modalidad no es el caso en cuestión.



Fig. 1. Aspecto exterior de la instalación.

Los paneles fotovoltaicos, que constituyen la parte más visible de la instalación, generan energía eléctrica en corriente continua. Esta ingresa a un inversor electrónico a fin de ajustar y estabilizar el nivel de la tensión de continua, y luego sintetizar una tensión de corriente alterna equiparable a la de red de distribución. Debe resaltarse que la energía se inyecta directamente a la red sin quedar almacenada en baterías de almacenamiento en ningún momento. Existen

otras modalidades que incorporan baterías para el almacenamiento de la energía de corriente continua, pero esta modalidad no es el caso en cuestión.

El inversor electrónico, que se muestra en la Fig.2 junto con el resto del equipamiento accesorio, funciona con una modalidad de fuente de corriente e incluye protecciones y medios para el acceso a los datos operativos que registra (AEA, 2016; AEG, 2012; AEG, 2009; AEA, 2006).



Fig. 2. Inversor electrónico y equipamiento accesorio.

En la Tabla 1, se enumeran todas las características principales de la instalación, cuyos paneles están orientados en un ángulo fijo correspondiente al valor promedio necesario para optimizar la generación anual de energía eléctrica (Rocchia et ál., 2016; Ferreyra et ál., 2015; Grossi Gallegos et ál., 2012; Grossi Gallegos et ál., 2011; Reda et ál., 2004).

En el presente trabajo, se enumeran los principales resultados obtenidos de los primeros dos años de funcionamiento de la instalación presentada. A modo de referencia, se indica que todos los valores corresponden a la red eléctrica de 50 Hz de Argentina, que para el nivel monofásico es de 220 V. Por otro lado, la denominada "red de distribución" en el presente

PANELES	
Cantidad	12 (doce)
Potencia nominal	235 W
INVERSOR	
Potencia nominal	2,8 kW
OTROS DATOS	
Conexión a la red	Monofásica
Generación anual	4000 kW•h
Superficie cubierta	Aprox. 20 m ²

Tabla 1. Características principales de la instalación.

trabajo es en realidad el cableado interno del edificio principal de la UTN-FRSFco.

Todos los valores utilizados en la elaboración de este trabajo se obtuvieron de registros tomados cada 3 minutos por el inversor mismo (AEG, 2012). Los datos se descargan a una PC y se procesan fuera de línea. Está en proceso la implementación de medios más específicos para la captación de datos, sobre todo a fin de minimizar el consumo de energía inherente a tal sistema de recolección de datos, ya que la PC debe estar activa y disponible al menos durante todo el tiempo en que funcione la instalación, es decir, durante las horas de sol.

Además de los registros tomados del inversor, se cuenta a modo de respaldo con las mediciones de corriente alterna tomadas por un contador de energía con capacidades de telemedición conectado en serie con la salida del mencionado inversor. Este contador de energía está homologado según la normativa técnica requerida en Argentina para la medición de energía con fines comerciales (clase 1 en medición de

energía activa). De esta manera, si bien no constituye una configuración apta para calibración, esta disposición permite validar los resultados obtenidos en un orden de magnitud muy razonable, apto para los fines del presente estudio (DISCAR, 2017; DISCAR, 2015).

MATERIALES Y MÉTODOS

Aspectos de la generación

En la Fig. 3, se muestra la evolución de la energía generada mensualmente por la instalación desde la fecha de inicio de su funcionamiento, a fines de julio de 2015, hasta fines de julio de 2017. Queda clara la diferencia en el desempeño de la instalación entre los meses estivales y los invernales, teniendo en cuenta que la localización de la instalación es el hemisferio sur (Szwarc et ál., 2016).

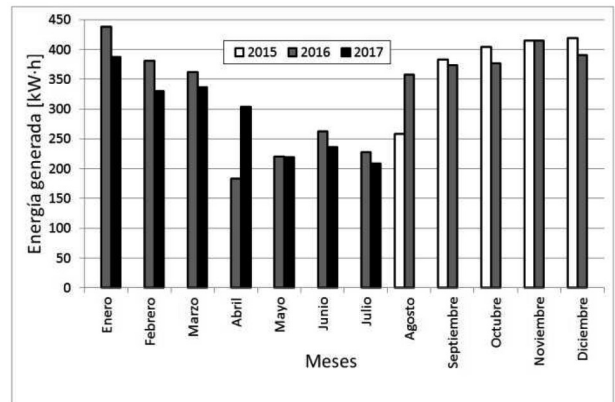


Fig. 3. Evolución de la energía generada mensualmente.

La energía generada desde el 31 de julio de 2015 hasta el 31 de julio de 2017 totalizó 7891,1 kW•h. Esto se coteja muy bien con el objetivo inicial de 4000 kW•h anuales, que se había planteado en el anteproyecto de la instalación según antecedentes regionales de irradiación solar y según las características técnicas de los

componentes incorporados, tanto en comodato a través de IRESUD como por adquisición de la UTN-FRSFco.

En la Fig. 4, se muestra para todo 2016 la evolución del horario de inicio y de final del funcionamiento de la instalación. Se evidencia que la evolución observada obedece a la variación en los horarios de amanecer y de atardecer que se produce durante todo un ciclo anual. Esto resulta una descripción aún más expresiva de tal variación estacional que el análisis mes a mes antes presentado. En ciertos días, el inicio fue más tardío o la finalización fue más temprana, simplemente debido a cortes de energía de la empresa distribuidora o para mantenimiento interno del predio donde está ubicada la instalación.

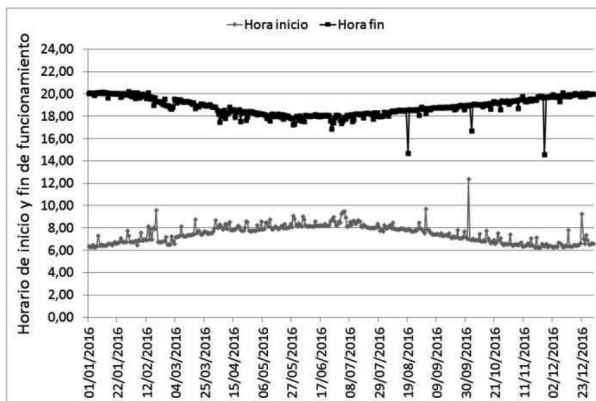


Fig. 4. Evolución del horario de inicio y de final de funcionamiento,

En la Fig. 5, se compara la evolución horaria de la potencia de corriente alterna entre un día soleado y un día parcialmente nublado. Se seleccionan dos días próximos en el año, a fin de que los parámetros de irradiación solar resulten razonablemente comparables.

Como se observa, en el día soleado (8 de septiembre de 2016), la potencia de la generación fotovoltaica varía con una evolución casi parabólica, siguiendo las variaciones ya conocidas en la bibliografía para el caso

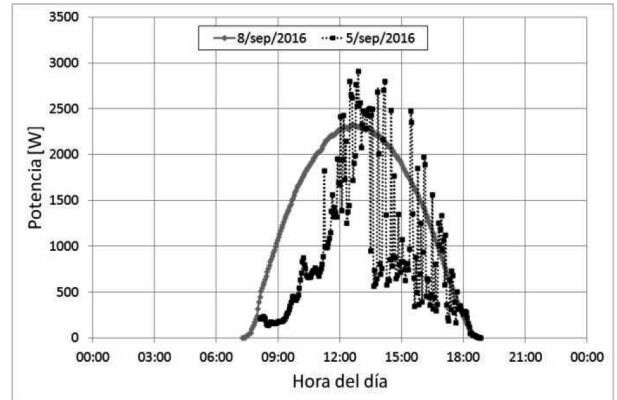


Fig. 5. Evolución horaria de la potencia de corriente alterna.

de instalaciones de este tipo. Por el contrario, en el día seminublado (5 de septiembre de 2016), la potencia varía de una manera bastante errática, aún cuando su forma general sigue tendiendo a la forma parabólica antes mencionada.

La variación de la generación fotovoltaica de esta instalación se ha analizado para una gran muestra de días. A partir de los datos recabados, se ha generado una propuesta de clasificación de días en función del coeficiente de determinación R^2 que surge del ajuste de cada curva diaria a una ecuación parabólica. Esta propuesta, reflejada en otras publicaciones específicas de los autores, se añade a lo conocido en la bibliografía, pero agrega la virtud de la simplicidad. Como ejemplo, el coeficiente de determinación es $R^2 = 0,9895$ para el día soleado adoptado, mientras que, para el día seminublado, $R^2 = 0,5227$. En la publicación específica incluida en la Bibliografía, puede ahondarse en este análisis, que excede el alcance del presente trabajo.

Aspectos de la interconexión

La interconexión de un generador con una red de distribución resulta delicada en diversos aspectos. Particularmente, en la generación distribuida, está

signada por la gran asimetría entre la potencia nominal del generador que se conecta y la potencia de cortocircuito en el punto de conexión a la red. Además, en la generación con medios renovables, como los fotovoltaicos, cada interfaz presenta algunas particularidades operativas y de interacción con la red (IRAM, 2016; AEA, 2016).

En este trabajo, se centra la atención en una de las características más importantes de la normativa. Se trata de una condición clave de seguridad: que se interrumpa la generación y se desconecte la instalación fotovoltaica ante un corte de energía en la red eléctrica (IRAM, 2016). Con este funcionamiento “antiisla”, no se permite que la instalación fotovoltaica funcione en isla cuando se desenergiza la red eléctrica. Este comportamiento se exige debido a la ausencia de baterías, pero a la vez evita que se alimente una red eléctrica desenergizada, presuntamente sujeta a tareas de mantenimiento. La normativa salvaguarda así la integridad física de los operarios de mantenimiento de la red y también evita que, ante un corte de energía de la red, los generadores distribuidos sigan alimentando la carga en todo o en parte. Esta afirmación resulta más importante en la medida en que se plantean valores pequeños de penetración de la generación distribuida en las redes de distribución (Durán et ál., 2014).

Para la instalación analizada, se corroboró durante el período operativo el cumplimiento de esta característica de seguridad. En la Fig. 6, se muestra la evolución horaria de la potencia de generación en un día que incluye un breve corte de energía vespertino. El corte que se muestra corresponde a tareas de mantenimiento realizadas sobre la red eléctrica interna a la que está conectado el inversor. Como en esta, hay muchas otras ocasiones registradas en las que el inversor funcionó según lo requerido. Además, se

contaba desde un inicio con la certificación de parte de IRESUD sobre el cumplimiento de esta función por parte del inversor.

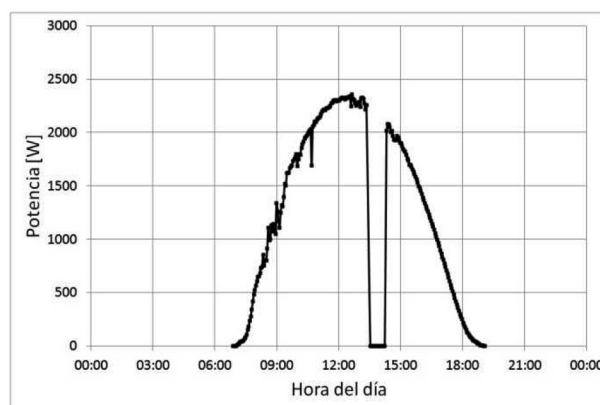


Fig. 6. Evolución horaria de la potencia en un día con corte de energía.

Cabe destacar que este requisito es aplicable a sistemas sin baterías de respaldo, como esta instalación. En caso de que se quiera respetar el requisito de desconexión pero se desee continuar alimentando cargas internas, se requerirían no solo baterías de respaldo, sino también un inversor con una topología híbrida, que admita la carga de las baterías durante la interconexión con la red y su descarga durante el tiempo de desconexión.

Aspectos de la divulgación

Desde la inauguración de la instalación, se desarrollaron numerosas instancias de divulgación al medio. Se orientaron las presentaciones a una gran diversidad de público: estudiantes de nivel primario, de nivel secundario técnico y no técnico, de nivel universitario de la UTN-FRSFco y de otras universidades, público en general, etc.

Para los destinatarios técnicos de tales presentaciones, estas sirvieron para clarificarles aspectos

técnicos clave, como los recaudos de protección, los criterios y las características de medición, y en general todas las cuestiones normativas básicas que atañen a este tipo de instalaciones. Para el público en general, incluidos los estudiantes no técnicos, las presentaciones realizadas sirvieron para aclarar dudas generales que se plantean naturalmente en potenciales futuros usuarios regionales.

En todos los destinatarios, se observaron algunas distorsiones conceptuales propias no tanto del desconocimiento técnico, sino más bien de la idealización de las características de funcionamiento de este tipo de instalaciones, ya muy difundidas por los medios de comunicación. Podría decirse que, con las presentaciones realizadas, se contribuyó a favorecer en los destinatarios el surgimiento de cuestionamientos relevantes a la temática. De esta manera, la divulgación de las características y los resultados de esta instalación cumplieron con el objetivo inicialmente planteado de promocionar este tipo de instalaciones a nivel regional y dar a conocer su potencial.

En la Fig. 7, se muestra una instancia de divulgación destinada a estudiantes de ingeniería, en el punto de acceso al montaje de los paneles fotovoltaicos. En el mediano plazo, estos destinatarios serían actores clave en la especificación, implementación o supervisión de instalaciones de este tipo en la región.

En la Fig. 8, se muestra otra instancia de divulgación destinada a estudiantes de nivel secundario sin orientación técnica. En este caso, se muestra una presentación previa a la visita al sitio en sí, destinada a enumerar los principios fundamentales de la energía solar y mostrar resultados numéricos a fin de que los destinatarios pongan en contexto lo que luego visualizan físicamente. En este caso específico, como en muchos otros, cabe destacar que quienes realizan la presentación para los



Fig. 7. Divulgación a estudiantes de ingeniería.

estudiantes de nivel secundario son los mismos estudiantes de la UTN-FRSFco. Esto habla favorablemente del nivel de involucramiento y apropiación de conocimientos en el ámbito de la institución.



Fig. 8. Divulgación a estudiantes de nivel secundario locales sin orientación técnica.

En la Fig. 9, se muestra otra instancia de divulgación destinada a estudiantes de nivel secundario, en el marco de una actividad abierta destinada a colegios secundarios de toda la región (en torno a 100 km a la redonda). Específicamente, se valora el impacto de

generar conciencia sobre los aspectos específicos de estas instalaciones entre las generaciones jóvenes.



Fig. 9. Divulgación a estudiantes de nivel secundario de la región.

En la Fig. 10, se muestra una de las presentaciones realizadas en un congreso técnico de alcance provincial. La importancia de este tipo de eventos está en que los destinatarios no son solo académicos, sino que



Fig. 10. Divulgación en un congreso técnico de alcance provincial.

se alcanza a empresarios, instaladores, diseñadores, y otros técnicos involucrados directamente en la expansión del mercado de las energías renovables en la región. Así, la divulgación de resultados en estos ámbitos desde la UTN-FRSFco como institución educativa pública contribuye a fortalecer y acompañar el desarrollo de una actividad económica y laboral en el ámbito de la energía eléctrica en la región central de Argentina.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo, se describieron aspectos relativos a una instalación solar fotovoltaica piloto conectada a red en la región central de Argentina. Se resumieron los principales resultados de dos años de funcionamiento, tanto en aspectos técnicos como de divulgación. La instalación alcanzó la meta de generación propuesta como objetivo inicial. Sus características de funcionamiento cumplen razonablemente con lo previsto en la bibliografía, en lo que hace tanto a la variación mensual de la energía generada como a la variación horaria de la potencia de generación. Se han generado instancias de divulgación destinadas al medio regional, a fin de promover estas tecnologías entre el público general y de aportar contenidos de utilidad para personal técnico involucrado en la expansión de este tipo de instalaciones a nivel regional.

AGRADECIMIENTO

Al Rectorado de la UTN, por el financiamiento de los PID ENUTNSF3648, ENTUIME4313TC y ENUTNSF4472; y a los funcionarios a cargo del proyecto IRESUD.

REFERENCIAS

Consejo Asesor de Políticas Energéticas de Córdoba (CAPEC), Comisión Generación Distribuida (GD), "Acta nro. 1/17", Ministerio de Agua, Ambiente y Servicios Públicos (MAAySP), Gobierno de la Provincia de Córdoba, Córdoba (Argentina), (2017).

DISCAR SA, "Certificaciones DISCAR", Córdoba (Argentina), (2017). http://www.discar.com/?page_id=64

Asociación Electrotécnica Argentina (AEA), "Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles. Sistemas de suministro de energía mediante paneles solares fotovoltaicos", AEA 90364-7-712, (2016) Szwarc, Gerardo D.; Rocchia, Nicolás J.; Ferreyra, Diego M.; y Sarmiento, A. Carina, "Caracterización de parámetros de funcionamiento de una instalación solar fotovoltaica en función del tiempo", Libro de Actas de las 7ª Jornadas de Ciencia y Tecnología CyTAL 2016, Villa María, Argentina, 12 al 14 de octubre de 2016, pp. 157-162 (2016).

International Energy Agency (IEA), "World Energy Outlook 2016. Part B: Special Focus on Renewable Energy", (2016).

<https://www.iea.org/media/publications/weo/WEO2016SpecialFocusonRenewableEnergy.pdf>

Norma IRAM-210013:2016. Energía solar. Módulos fotovoltaicos. Parte 21: Inversores para la conexión a la red

de distribución. Requisitos generales. (2016)

Rocchia, Nicolás J.; Szwarc, Gerardo D.; Asís, Hernán G.; Ferreyra, Diego M.; y Sarmiento, A. Carina, "Estimación de la energía solar fotovoltaica generada en un período de tiempo", sitio web de la Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional, (2016).

http://www.edutecne.utn.edu.ar/tutoriales/mathcad_energia_solar.pdf

DISCAR SA, "DIMET. Guía rápida de instalación V5.0", Córdoba, Argentina, (2015)

Energía Estratégica, "Inauguran instalación piloto de energía solar en la UTN de San Francisco", Rosario, Argentina, 10 de agosto de 2015. <http://www.energiaestrategica.com/inauguran-instalacion-piloto-de-energia-solar-en-la-utn-de-san-francisco/>

Ferreyra, Diego M.; Tonini, Walter R.; Asís, Hernán G.; y Vignolo, Diego A., "Diseño e instalación de una estructura portante para paneles solares fotovoltaicos con fines didácticos", póster en el V Congreso Internacional de Comunicación Pública de la Ciencia y la Tecnología COPUCI 2015, Paraná, Argentina, 21 al 23 de octubre de 2015, sesión de pósteres (2015)

La Voz de San Justo (LVdSJ), "La UTN San Francisco ya genera energía solar", San Francisco, Argentina, edición del 11 de agosto de 2015 (2015)

Poder Ejecutivo Nacional (PEN), Ley nro. 27191: modificaciones a la Ley 26190, "Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía Destinada a la Producción de Energía Eléctrica", CABA, Argentina 23 de septiembre de 2015 (2015)

Ente Provincial Regulador Eléctrico (EPRE), Resolución número 019/2015. "Reglamento de las condiciones técnicas de operación, mantenimiento, medición y facturación para el vuelco de excedentes de energía a la red eléctrica de distribución" y anexos, Mendoza (Argentina), (2015)

United Nations Framework Convention on Climate Change, Technology Executive Committee (UNFCCC-TEC), "Background paper on distributed renewable energy generation and integration", Boulder, Colorado, United States of America (2015).

http://unfccc.int/ttclear/misc_/StaticFiles/gnwoerk_static/TEC_TD5/a4fd877135344ead9b22c4ff5e2d0184/1df38b6a7c2847deb251bdd3bof75669.pdf

Durán, J. C.; Socolovsky, H. P.; Raggio, D.; Godfrin, E. M.; Jakimczyk, J.; Martínez Bogado, M. G.; Diaz, F. J.; Castro, N. E.; Pedro, G.; Sepúlveda, O.; Argañaraz, C.; Benítez, E.; Roldán, A.; y Righini, R., "Proyecto IRESUD: interconexión de sistemas fotovoltaicos a la red eléctrica en ambientes urbanos. Estado de avance a julio de 2014 y primeras mediciones en sistemas piloto", Actas de la XXXVII Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente, Oberá (Misiones), Argentina, 28 al 30 de octubre de 2014, Vol. 2, 04.127-04.137, ISBN 978-987-29873-0-5, (2014).

Empresa Provincial de Energía de Santa Fe (EPESF), Resolución número 442/2013, "Procedimiento para el

tratamiento de solicitudes de generación en isla o en paralelo con la red de la EPESF" y anexos, Santa Fe, Argentina, 2 de octubre de 2013 (2013).

Pelland, Sophie; Remund, Jan; Kleissl, Jan; Oozeki, Takashi; and De Brabandere, Karel, "Photovoltaic and Solar Forecasting: State of the Art", Report IEA PVPS T14-01:2013 (International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme), ISBN 978-3-906042-13-8 (2013).

AEG Power Solutions GmbH, "Protect PV 2000 & 2800 On-Grid Solar Inverter. Operating Instructions", Warstein-Belecke, Germany (2012).

Grossi Gallegos, Hugo; y Righini, Raúl, "Ángulo Óptimo para planos colectores de Energía Solar integrados a Edificios", Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, vol. 16, pp. 04.01-07, (2012).

Righini, Raúl; y Grossi Gallegos, Hugo, "Mapa de energía solar colectada anualmente por un plano inclinado un ángulo óptimo en la República Argentina", Actas del 4.º Congreso Nacional-Tercero Iberoamericano sobre Hidrógeno y Fuentes Sustentables de Energía, HYFUSEN 2011, Mar del Plata, Argentina, 6 al 9 de junio de 2011, pp. 1-6, (2011).

AEG Power Solutions GmbH, "Protect PV MONITOR Version 2.1.0.3 Help", Warstein-Belecke, Germany (2009)

Asociación Electrotécnica Argentina (AEA), "Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles. Viviendas, Oficinas y Locales (Unitarios)", AEA 90364-7-771 (2006).

Reda, Ibrahim; and Andreas, Afshin, "Solar position algorithm for solar radiation applications", Solar Energy, vol. 76, no. 5, pp. 577-589, (2004).