

ESTRATEGIAS DE MEJORA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DISTRIBUIDA CON EQUIPOS SOLARES, EÓLICOS O HÍBRIDOS

Carlos Cadena - cadenacinenco@gmail.com.

Germán Salazar - germansalazar.ar@gmail.com.

Verónica Javi - veroja@gmail.com.

Fernando Tilca - fertilca@gmail.com.

CIUNSA-Universidad Nacional de Salta, Facultad de Ciencias Exactas.
INENCO-CONICET Av. Bolivia 5150. SALTA (4400). ARGENTINA

Resumen. El objetivo central del artículo es la descripción de estrategias que están comenzando a implementarse por medio de un programa de investigación, que permitan mejorar aspectos clave en la generación distribuida de energía, empleando sistemas solares o eólicos. Se pretende lograr mediante nuevos modelos de radiación o viento, técnicas de control y automatización, desarrollo de sensores, y otros aspectos no necesariamente técnicos, hacer factible la generación (y también la transferencia de tecnología) eléctrica o térmica distribuida en una escala mayor a las de las plantas piloto. Los generadores de referencia, podrían formar parte de una mini red aislada, o bien eventualmente estar interconectados al Sistema Nacional. La zona en cuestión se encuentra en el NOA (noroeste argentino, que abarca las provincias de Salta, Jujuy, Catamarca, Santiago del estero y Tucumán. Este tema, también está relacionado con el aumento sostenido de la demanda en los últimos años y que sin lugar a dudas es uno de los factores que contribuye a exigir mejores respuestas del sistema eléctrico argentino. En la actualidad, y como consecuencia de su envergadura, las centrales de este tipo no pueden dar respuesta a la problemática del país, pero su desarrollo futuro es promisorio. El resultado a obtener debiera ser una mejora en la eficiencia y capacidad de aprovechamiento de la energía, sin que ello implique un aumento importante en los costos del equipamiento. Pese a que no es obvio intentar explicar desde lo técnico, cuáles son las verdaderas razones para llevar adelante un cambio de fondo en los hábitos de consumo de energía de las comunidades, y en consecuencia implementar la transferencia de sistemas no convencionales en poblaciones rurales aisladas, el tema es muy complejo, aún cuando se consideren superados obstáculos asociados sólo con la tecnología.

Palabras clave: solar, eólica, radiación solar, generación distribuida, transferencia de tecnología

1. INTRODUCCIÓN

El aumento de la potencia instalada que se ha logrado en Argentina, merced a diferentes inversiones (tanto privadas como públicas) ha permitido responder parcialmente al incremento del consumo eléctrico en el país. No obstante, las variables condiciones climáticas pueden hacer descender los niveles hidráulicos y en consecuencia, la capacidad de generación hidroeléctrica del país. Esto sumado a que la producción de gas natural no es suficiente para satisfacer la creciente demanda interna, y al elevado costo de importación de otros hidrocarburos, hacen que la capacidad de generación del país pueda no crecer al ritmo de la demanda. En ese escenario, se plantea la necesidad de instalación de centrales del tipo solar, eólica o híbridas, pues se considera que para la selección de los proyectos, programas, medidas y acciones orientadas a incrementar la cantidad de habitantes conectados a mini redes eléctricas, y también a mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero a través de la utilización de fuentes nuevas y renovables de energía, se deben tener cada vez más en cuenta.

En ese sentido, se debe pensar en la disponibilidad del recurso energético seleccionado (en la zona donde se realizará el proyecto) y en otros factores climáticos, sumado a su accesibilidad, cercanía con centros de consumo, indicadores micro sociales, disponibilidad de agua, factibilidad de utilización del calor residual (cogeneración), hábitos de consumo, y otros aspectos relacionados con la transferencia de tecnología.

Para el aprovechamiento de energías no convencionales debe tenerse en cuenta que en Argentina hay una demanda aislada insatisfecha bastante importante, siendo poco probable que en los próximos 20 años pueda ser cubierta mediante la extensión de redes de distribución, debido al alto costo por usuario, a las relativamente pequeñas demandas de los mismos (pues están dispersos), y también a sus limitadas posibilidades económicas. Por lo que la estimación de la evolución del mercado en el caso FV, debe realizarse suponiendo que todos los equipos a instalar se destinarían a satisfacer demandas aisladas.

La Provincia de Salta posee, como es sabido una marcada diversidad en sus eco regiones, en la Fig. 1 se observa un mapa que las caracteriza. Por otra parte, el actual Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales (PERMER) avanzó considerablemente con la instalación de sistemas FV básicos, pero no ha cubierto todas las expectativas. También en la propia Fig. 1, se puede apreciar una importante superficie correspondiente a regiones de altura (**1. Altos Andes** y **2. Puna**), que para el caso de los generadores solares que se plantean en el marco de este trabajo, son las más

favorables (recordando además que para los sistemas por generación solar térmica con concentración hay que considerar primordialmente la radiación directa y no la global) se encuentran en general hacia la izquierda de la misma figura (oeste y nor-noroeste de la provincia), y excluyendo las de la derecha (este).

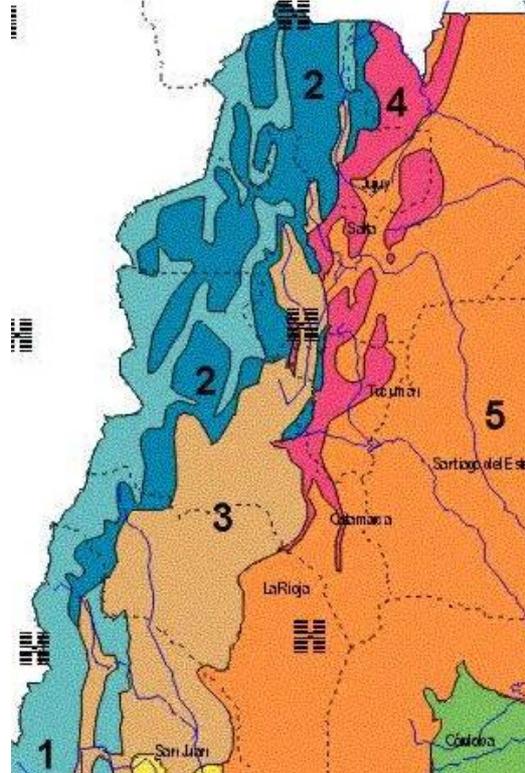


Figura 1: eco regiones del NOA. 1) Altos Andes, 2) Puna, 3) Montes de Sierra, 4) Yungas, 5) Chaco Seco.

En la Tab. 1, se consignan algunos datos sobre la población rural que se encuentra fuera de las redes convencionales de energía. Coincidentemente las provincias de Jujuy y Catamarca también poseen características similares, también en cuanto a la radiación solar, tal como se observa en la Fig. 2.

Tabla 1. Caracterización por regiones de los potenciales usuarios

Consideraciones generales: Población rural (valor medio del NOA: 21.5%)					
Provincia	Eco regiones	Agrupada	Dispersa	Total	Usuarios (est.)
Salta	Altos Andes, Puna, Montes de sierras y bolsones, Selva de Yungas, Chaco Seco	33%	67%	17%	11700
Jujuy		39%	61%	15%	2500
Catamarca		32%	68%	26%	3000

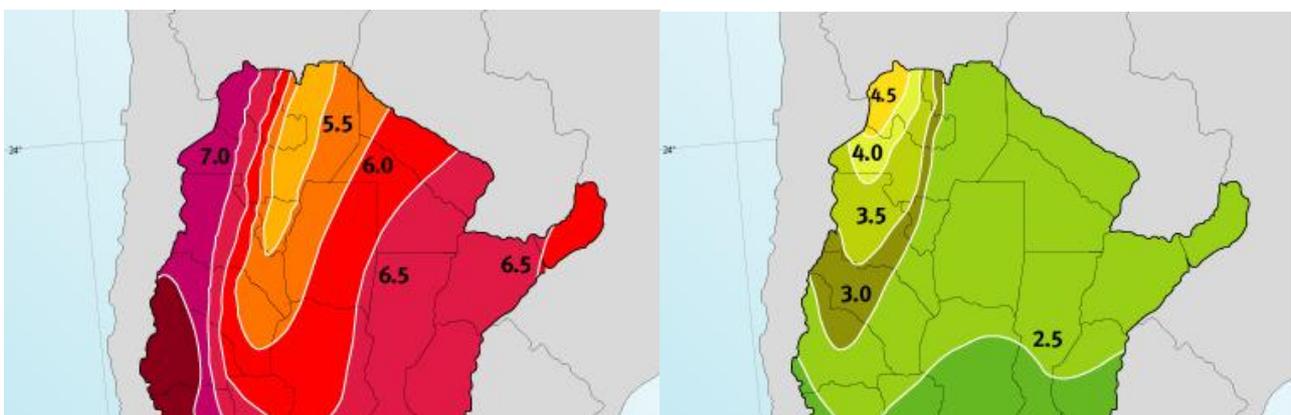


Figura 2: radiación solar verano (izquierda) e invierno (derecha) en la región (expresada en kWh/m²). Grossi *et al.* 2007

El desarrollo de este análisis permitirá la mejora de equipos o productos que sean capaces de incrementar la performance de sistemas que empleen a la solar y a la eólica como fuente energética, como así también su factibilidad

de implementación. Se proponen entonces un conjunto de acciones investigativas de carácter regional, localizadas en el NOA argentino, tendientes a analizar también la factibilidad económica, técnica y social de implementación de sistemas de generación eléctrica no convencional. El diagnóstico integral (productivo, social y ambiental) muestra algunas de las demandas socio ambientales que podrían ser abordadas con ER en relación con actividades productivas y de infraestructura-servicios, siendo el eje transversal la calidad ambiental. Se creará un banco geo referenciado con datos sobre el recurso, sobre la existencia de redes, sobre la necesidad de energía eléctrica con variables de caracterización adecuadas. Se enfatiza el trabajo en RED inter-institucional, el desarrollo de herramientas de diagnóstico, control y simulación de estos sistemas, el estudio de aplicaciones agronómicas, entre otras, para la generación solar térmica. Se incluirán variables del contexto social para ampliar el reconocimiento de los núcleos poblacionales.

Para los fines, y en el mismo sentido, la implementación de nuevos métodos de censo, controladores, actuadores, subsistemas, o cámaras de ensayo, resultan importantes, cuando se trata del planteo de problemas de generación eléctrica distribuida, en una escala superior a las de plantas piloto que se han venido desarrollando recientemente, en donde con pequeñas mejoras se puede incrementar el rendimiento global.

2. EJES DEL ANÁLISIS

2.1 La radiación solar

El recurso solar en esta región es tan abundante que se encuentra catalogado entre los siete lugares del mundo con mayor irradiación solar. Si bien es cierto que se sabe que el recurso es importante y que se disponen de modelos y bases de datos satelitales, la implementación de una central solar térmica o fotovoltaica supone un estipendio por parte de instituciones públicas y/o privadas, por lo que no puede fallar o funcionar erráticamente. Es decir, la fuente de energía principal (la energía del Sol) debe estar caracterizada de manera casi completa.

En el caso de la central térmica solar concentradora tipo Fresnel (como la que está construyendo el INENCO Salta), toda la tecnología e ingeniería desarrollada supone que se está adquiriendo el “know-how” de estas tecnologías. Una variable importante a la hora del diseño de esta central es la cantidad de energía solar disponible y su evolución diaria, mensual y estacional, ya que de eso depende la producción de energía directa de la misma. Para este caso particular, el objetivo se concentra en:

- Medir radiación solar global, directa, difusa, IR y espectral en sitios de altura de la provincia de Salta, aumentando la información *per se*.
- Validar y/o corregir modelos físicos y empíricos, como los de Bird, Hottel, Liu-Jordan, Boland, Kambezidis, Page, Yang, CSR, Gueymard, Perez y Ångström-Prezcott, entre otros, a partir del análisis de los datos medidos.
- Desarrollar mapas solares, regionales o zonales, a los efectos de determinar cuáles son los mejores lugares para la instalación de una central térmica tipo concentradora.
- Analizar la incidencia de las características de los valores diarios e instantáneos de radiación solar en la producción de energía térmica.

La disponibilidad de datos confiables de radiación solar resulta ser, además de costosa monetariamente hablando, difícil de realizar y mantener. Si bien la instalación de una estación de medición de radiación solar puede parecer accesible dado que los equipos necesarios para medir (piranómetros) y registrar datos (dataloggers) pueden adquirirse actualmente en el país a precios (internacionales) razonables, no debe olvidarse que a esa ecuación debe agregarse la infraestructura necesaria para la instalación del equipamiento (bases, conexiones, protecciones, abrigos, etc.), los viajes a los sitios de instalación (combustible, viáticos, etc.), la mantención de los equipos (limpieza, recambio de cables, etc.), el entrenamiento de personal local (si hiciera falta), la periódica descarga y revisión de datos para verificar que el sensor no haya perdido su calibración, etc. Todos y cada uno de los ítems mencionados, requieren de inversión económica. El personal involucrado en la instalación, mantención y descarga de datos también puede sufrir el llamado “apunamiento”, mal de altura o hipoxia, ya que estos sitios suelen estar a más de 3500 metros de altura s.n.m. (a 2000 metros de altitud solo existe un 80% del oxígeno disponible a nivel del mar).

Si se logra instalar una estación que mida radiación solar en un sitio de altura, dicha estación debe medir por al menos cinco años para que su base de datos sea considerada estadísticamente representativa. Este es un periodo muy extenso de tiempo para los cronogramas de una institución argentina (y muy posiblemente, de una sudamericana), y resulta muy probable que en algún momento se interrumpa la provisión económica necesaria para que se desarrollen normalmente las actividades necesarias para que los datos medidos resulten fehacientes. Así, es más común disponer de series de datos medidos continuamente por periodos de entre 1 año a 6 meses. Estas series resultan más trabajosas de validar, debido al proceso estadístico-matemático que debe realizárseles para extraerles información segura; este proceso estadístico más que de validación es de inter comparación, por lo que sus resultados no resultan concluyentes. Muchas veces, este es el único proceso de análisis que puede realizárseles a las series incompletas de datos.

Sin embargo, una vez realizados los análisis estadísticos a las series incompletas, puede inferirse con un grado de certeza importante, cuál modelo o base de datos satelital es la más representativa y cuáles son los errores con los que deben realizarse los cálculos de eficiencia de un sistema concentrador Fresnel.

Actualmente la base de dato satelital que mejor se corresponde con datos medidos en el NOA es la de SWERA, que utiliza el modelo CSR desarrollado por la NREL (Maxwell *et al*, 1998). Se han comparado los valores de esta base de datos con los de la extinta Red Solarimétrica (REDSOL) encontrándose muy buenas correlaciones. Pero el análisis de

datos medidos recientemente en varias zonas de la zona de altura del NOA en 2009 y 2010, muestra importantes divergencias de los valores medios mensuales medidos versus los estimados por SWERA.

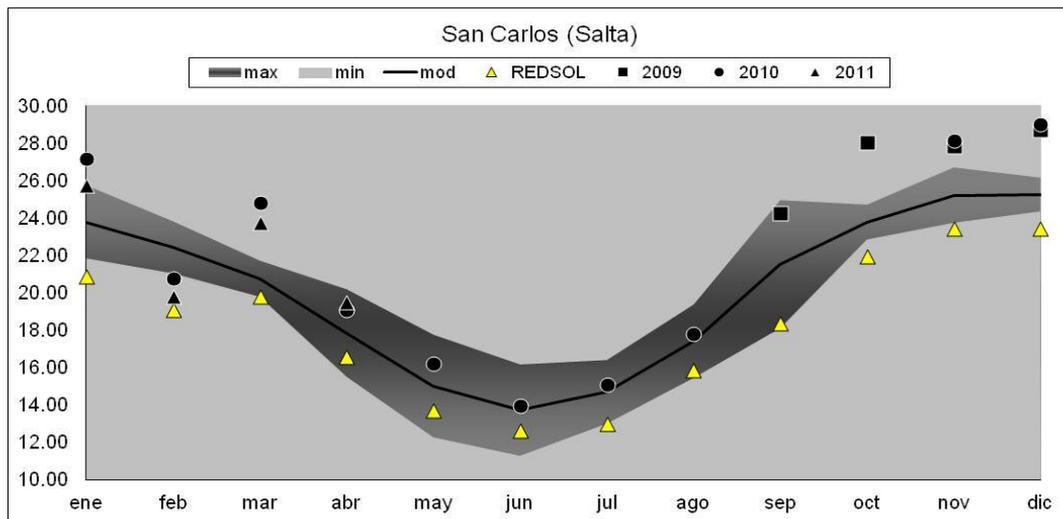


Figura 3: radiación media mensual en MJ/m²

La Figura 3 muestra los valores medios mensuales promediados de las bases de datos satelitales SWERA y SSE (línea mod), aplicando el método de Pagola *et al*(2010), así como los valores de las desviaciones estándares σ (max y min corresponden a $+3\sigma$ y -3σ , que de acuerdo a la desigualdad de Tchebycheff, implica que al menos un 83% de los datos medidos están en esta región) calculados a partir de la cantidad de años de datos, los tipos de sensores utilizados y el tamaño de las celdas satelitales de cada base de datos. Sobre esos datos se aprecian los valores registrados por la REDSOL para ese sitio, además de los datos medidos en 2009, 2010 y 2011 por una estación colocada por el INENCO. Se aprecia una fuerte divergencia de los datos medidos respecto de los de los modelos para los primeros 3 meses y para los últimos tres meses. Esta situación está siendo analizada actualmente.

Estas mismas cuestiones de dan para otras magnitudes relacionadas a la radiación solar, como lo son las componentes de la radiación solar global (la directa y la difusa), la radiación UV y la IR, de las que casi no se tienen datos medidos en regiones de altura, y si se disponen de datos, los mismos no son continuos y presentan “baches” de información. Así, la propuesta de este Proyecto de medir todas estas magnitudes en sitios de altura no solo ayudara a aumentar la información de la radiación solar en la región, sino que se utilizara para validar o corregir bases de datos satelitales, así como modelos físicos y empíricos.

2.2 Barreras

En proyectos anteriores se consiguió el funcionamiento y el conexionado a red de una minicentral fotovoltaica (MCFVCR) en el predio de la Universidad Nacional de Salta. El equipo de trabajo en una propuesta investigativa, continuación de la anterior, (Proyecto CIUNSa N° 1988/2, Javi V. et al, 2011) pretender avanzar en el análisis del desempeño operacional de la MCFVCR. Para ello son necesarios: la medición de la energía generada por la MCFVCR y de la energía consumida en el edificio, el monitoreo de tensión, corriente, potencia y energía, de la temperatura del panel, radiación solar, heliofanía, el seguimiento de insumos electrónicos/eléctricos de la instalación y su comportamiento integral frente a la red de la Universidad Nacional de Salta.

La evaluación del desempeño de la MCFVCR, la detección de problemas y dificultades en su funcionamiento y en la inserción de esta nueva fuente de energía en el campus universitario lleva a fortalecer las capacidades del grupo que investiga por un lado pero también a proponer estrategias técnicas de solución. Así, el logro más importante que se persigue es el de contribuir a la superación de barreras que las energías renovables tienen para su inserción en la matriz energética argentina.

Lograr el funcionamiento confiable, continuo y monitoreado de la MCFVCR enfrenta de lleno a los investigadores con problemas como el reconocimiento del crédito por capacidad, la regulación del voltaje, la influencia en la fortaleza y confiabilidad de la red eléctrica. La calidad y disponibilidad de insumos electrónicos necesarios en el mercado local así como su performance individual y como conjunto son factores que también se analizan en el devenir del funcionamiento continuo de la mini-central. El Proyecto pretende, en suma, analizar todas las etapas de un desarrollo tecnológico desde el lugar de una innovación para aportar en la superación de barreras para la producción de energía solar fotovoltaica distribuida, conectada a red. Entre los beneficios del aprovechamiento de las energías renovables mencionamos: protección del ambiente, creación de empleo calificado, desarrollo y transferencia tecnológica e innovación, desarrollo económico, el aporte a diversificar la matriz energética.

Las aplicaciones solares térmicas y fotovoltaicas son identificadas con excelentes perspectivas para la zona (surgen tecnologías solares asociadas a bombeo, iluminación, traslado y purificación del agua, etc.). La predisposición de la población para incorporar este tipo de tecnologías resulta prometedora. La identificación de variables del contexto

social regional de la comunidad que amplíen el reconocimiento de los núcleos poblacionales involucrados se plantea ante una demanda comunitaria creciente, tanto de capacitación como de apoyo a la incorporación de tecnologías renovables.

Es válido y necesario, asimismo, analizar la real capacidad de generar producción y, por lo tanto empleo, alrededor de las ER (Energías Renovables). Se deberán sistematizar datos meteorológicos existentes y proponer nuevas mediciones, relevar y detectar la existencia de redes, vías de comunicación y necesidades de las poblaciones. También resultará de fundamental importancia la identificación de barreras para la transferencia de la tecnología. En Argentina, las ER presentan importantes potencialidades, pero para lograr un desarrollo más intensivo se requiere de esfuerzos institucionales coordinados. En el caso específico de la generación eléctrica mediante una mini central fotovoltaica conectada a una minired, se hace necesario indagar sobre las barreras regulatorias, tecnológicas en cuatro áreas: generación, transmisión, distribución y la comercialización.

En Argentina, la Ley N° 26.190 de *Fomento Nacional de uso de fuentes renovables de energía*, fue sancionada el 6 de diciembre de 2006 y reglamentada mediante Decreto N° 562/2009 del 6 de mayo de 2009. En ella se declara de interés la generación de energía eléctrica a partir del uso de fuentes de energía renovables con destino a la prestación de servicio público como así también la investigación para el desarrollo tecnológico y fabricación de equipos con esa finalidad. La Ley establece que en un plazo de 10 años a partir de su puesta en vigencia, debe lograrse una contribución de las fuentes de energía renovables hasta alcanzar el OCHO POR CIENTO (8%) del consumo de energía eléctrica nacional. Promueve la realización de nuevas inversiones en emprendimientos de producción de energía eléctrica, a partir del uso de fuentes renovables de energía en todo el territorio nacional, define las fuentes de energías renovables, el límite máximo de potencia, qué se considera energía eléctrica generada, cuáles son los equipos de generación considerados y la Autoridad de Aplicación (Javi V., 2009). Establece un mecanismo federal como política pública y crea un Fondo Fiduciario de Energías Renovables. Se remunera durante quince años la producción de energía por fuentes renovables de acuerdo a la Tab. 2, siempre que vuelquen su energía en los mercados mayoristas o estén destinados a la prestación de servicios públicos:

Tabla 2. Remuneración para la producción de energía con fuentes renovables

Eólicos	Fotovoltaicos	Energía geotérmica, mareomotriz, biomasa, gases vertedero, gases plantas de depuración y biogás	Centrales hidro (hasta 30MW)
0,015 \$/kWh	0,9 \$/kWh	0,015 \$/kWh	0,015 \$/kWh

La reglamentación que ampara la generación distribuida en Argentina está federalizada y depende del porte del generador. Es decir que cada jurisdicción establece una regulación particular. Consultada la oficina de Coordinación de Energías Renovables de la Dirección Nacional de Promoción de la Secretaría de Energía de la Nación, queda claro que para el Norte argentino la producción azucarera es la que genera energía a partir de excedentes de biomasa y casi no existen antecedentes de generadores de pequeño porte conectados a la red, tal como lo comunica Catulla *et al* 2012. La tramitación, por tanto no se encuentra específicamente facilitada, sino que por lo contrario pareciera compleja dada la baja recurrencia. Son varios los pasos a concretar: 1) Presentación del proyecto para analizar su viabilidad técnica, 2) contrastación planillas de flujo a efectos de determinar el costo de la energía, 3) acuerdo entre partes, 4) presentación formal de la solicitud para obtener la condición de agente de mercado. Se deben cumplimentar los requisitos planteados en los Procedimientos Técnicos de CAMMESA (Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico S.A.). Cabe destacar que la Ley 26.190 de Fomento de Energías Renovables otorga la posibilidad de elegir uno, entre una amortización acelerada, o una devolución anticipada del Impuesto al valor Agregado (IVA) como apoyo a la inversión realizada (Javi V. et al, 2012).

2.3 Particularidades de la energía eólica

Argentina está dando un gran impulso a la generación de energía eléctrica a granel mediante el desarrollo de parques eólicos en el marco del Programa GENREN; en la matriz energética esta forma de generación está destinada a ocupar cada vez mayor espacio; la Ley 26190 prevé que para inicios del año 2017, el 8% de la energía eléctrica debe ser generada por fuentes renovables: energía eólica, solar, geotérmica, mareomotriz, hidráulica (hasta 30 MW), biomasa, gases de vertedero, gases de plantas de depuración y biogás. De todas estas fuentes, muy probablemente la de mayor aporte sea la eólica. Este país cuenta con extensas regiones con viento suficiente para su aprovechamiento, cuenta también con desarrollo tecnológico (dos fábricas de grandes aerogeneradores), y en varias regiones cuenta ya con líneas de alta tensión que pueden ser receptoras de esta energía. Es así que el Proyecto del Gobierno Nacional GENREN I licitó y adjudicó parques eólicos de potencia instalada de 755 MW (que representa un 2.5% del total de la potencia eléctrica instalada a Enero de 2012), de los cuales están en funcionamiento los parques Rawson I y II que suman 80 MW, en la provincia patagónica de Chubut, y Arauco en La Rioja de 25 MW.

Como el viento es un fenómeno aleatorio, el diseño de un parque eólico requiere de datos medidos y de un tratamiento estadístico para el estudio y cálculo de la producción de energía, lo que efectivamente se realiza en esa

etapa. Cuando el parque entra en funcionamiento, va a inyectar energía eléctrica al Sistema Interconectado en las horas y días en los que haya viento suficiente para la generación; para que puedan integrarse sin problemas al sistema eléctrico se deben tener en cuenta algunos factores, dada la característica intermitente de esta fuente, a diferencia de otras fuentes (convencionales o no).

En un sistema eléctrico la generación siempre procura equilibrar en forma instantánea a la demanda. Para ello se debe coordinar las salidas o entradas a la red de una variedad de fuentes energéticas con su tensión y frecuencia correctas. Si un generador de cierta potencia sale de servicio imprevistamente y no hay una potencia que compense esta pérdida, el sistema puede colapsar. Para evitar este desbalance el sistema deberá contar con centrales de reserva (llamadas centrales rotantes) de generación no intermitente que puedan inyectar potencia a la red en estos momentos requeridos. Estos sistemas de reserva también deberán actuar en situaciones en que las centrales eólicas estén generando a una fracción de su plena potencia.

En la etapa actual del aprovechamiento de la energía del viento, la compañía que centraliza la compra de la producción de energía eléctrica de todas las centrales de energía de Argentina, CAMMESA, está solicitando a los parques eólicos un pronóstico de la producción de energía de 24 a 72 horas de anticipación, para prever la entrada o salida al sistema eléctrico de las centrales de reserva para satisfacer la demanda del país. El pronóstico de la generación de energía de un parque eólico mejora el planeamiento del despacho a la red, eleva el valor de la potencia eólica en el mercado eléctrico, y permite una mejor utilización de la potencia eólica.

La confiabilidad es proporcional a la cantidad de reserva en línea. Poca reserva viola las restricciones de confiabilidad, mucha reserva viola el objetivo de minimización de costos. Si el parque eólico es visto como una potencia no firme, las centrales convencionales deberán proveer la capacidad firme para respaldarla. Si la producción horaria de un parque eólico puede ser pronosticada, la capacidad de respaldo puede ser minimizada.

El pre-despacho es el proceso de decidir cuáles son las unidades generadoras que deberán estar disponibles para generar, y tiene el objetivo de minimizar el costo total de producción de energía eléctrica satisfaciendo la demanda y cumpliendo con los requisitos de confiabilidad del sistema. Si la generación eólica es importante con relación a la potencia total del sistema, se debe balancear el riesgo de no considerar a la capacidad eólica entre los beneficios del aprovechamiento de las energías renovables mencionamos: protección del ambiente, creación de empleo calificado, desarrollo y transferencia tecnológica e innovación, desarrollo económico, el aporte a diversificar la matriz energética.

Puede comprenderse entonces la importancia que tiene disponer de pronósticos de calidad con una anticipación suficiente para permitir las maniobras sobre el equipamiento convencional sin necesidad de mantener una gran proporción de potencia rotante. Con un pronóstico perfecto de los vientos, la energía eólica podría reemplazar a la energía convencional MWh por MWh.

En forma general, en los modelos de predicción existen tres fases: la de predicción meteorológica del viento mediante modelos numéricos con datos de mesoescala; la de adaptación local, al sitio del parque eólico mediante métodos estadísticos o físicos; y la fase de predicción de producción de energía transformando la predicción de vientos y utilizando características de los aerogeneradores.

La tarea de pronosticar con 24 horas de anticipación la generación de energía eléctrica por parques eólicos, hora por hora, se va a llevar a cabo utilizando datos de viento de mesoescala, planos digitalizados de topografía y de rugosidad, la ubicación de los aerogeneradores y sus características. El cálculo debe realizarse para las distintas probabilidades desde P10 hasta P90, con las incertezas correspondientes para lo cual se utilizarán datos medidos. Los resultados esperados son tales que cada día se pueda entregar el pronóstico de cada parque a CAMMESA.

Se tiene previsto también analizar la posibilidad de utilización de métodos similares para la predicción de producción de energía mediante centrales solares, sean estas térmicas o fotovoltaicas. Como firme, con el riesgo de pre-despachar un exceso de capacidad de unidades de reserva. Luego, desde el punto de vista del pre-despacho, el beneficio que se obtiene de tener un pronóstico exacto es poder optimizar esta cantidad de unidades. La planificación de la generación eólica estará ligada al pronóstico de los vientos y a la curva de potencia del parque. Cuanto más exacto sea dicho pronóstico mejor se podrá integrar la potencia eólica a todo el sistema, sin necesidad de mayor reserva de respaldo. Si el pronóstico de vientos peca de optimista, la potencia eólica será menor que la calculada y el margen de reserva será demasiado bajo, lo que disminuirá la confiabilidad. Si es pesimista, el objetivo de confiabilidad puede ser excedido ya que la potencia eólica será mayor que la calculada, es decir que habrá unidades pre-despachadas en exceso.

En forma general, en los modelos de predicción existen tres fases: la de predicción meteorológica del viento mediante modelos numéricos con datos de mesoescala; la de adaptación local, al sitio del parque eólico mediante métodos estadísticos o físicos; y la fase de predicción de producción de energía transformando la predicción de vientos y utilizando características de los aerogeneradores.

El trabajo de pronosticar con 24 horas de anticipación la generación de energía eléctrica por parques eólicos, hora por hora, se va a llevar a cabo utilizando datos de viento de mesoescala, planos digitalizados de topografía y de rugosidad, la ubicación de los aerogeneradores y sus características. El cálculo debe realizarse para las distintas probabilidades desde P10 hasta P90, con las incertezas correspondientes para lo cual se utilizarán datos medidos en el parque. Los resultados esperados son tales que cada día se pueda entregar el pronóstico a CAMMESA de la generación de cada parque. Se tiene previsto también analizar la posibilidad de utilización de métodos similares para la predicción de producción de energía mediante centrales solares, sean estas térmicas o fotovoltaicas.

3. IMPACTOS Y DISCUSIÓN PARA LA REGIÓN

Una de las causas de insatisfacción de necesidades básicas (iluminación, comunicaciones, suministro de agua potable y de agua caliente para uso sanitario, salud, educación) y de la falta de actividad económica de las pequeñas poblaciones rurales, es la falta de suministro energético. Como parte de los resultados del proyecto en ejecución que investiga sobre los ejes estratégicos mencionados, se podrá disponer de una guía de aplicación de tecnologías energéticas sustentables que contribuyan a mejorar de calidad de vida, lograr mayores oportunidades de generar ingresos y oportunidades de empleo, mejorar las condiciones de salud y obtener mayores opciones educativas de la población en general.

Una de las propuestas implica el diseño de una fórmula que contemple ciertas variables, las que ayudarán a cuantificar, clasificar y evaluar el peso aritmético de cada una de esas variables en un cálculo que determine en alguna medida una cifra directamente relacionada a la factibilidad de instalación, en un sitio dado, de un tipo de central que utilice una o ambas fuentes energéticas consideradas.

Algunas variables que a priori resultaría importantes de analizar son:

- i) la disponibilidad de cada recurso (A);
- ii) el clima del sitio (C);
- iii) indicadores sociales (S);
- iv) indicadores económicos/administrativos (E)
- v) disponibilidad de agua potable (H);
- vi) existencia de infraestructura básica (camino, redes, etc.) (R).
- vii) Otras (O)

Así, la idea es encontrar una expresión del número F (que podría ser la “factibilidad”), tal que

$$F = f(A, C, S, E, H, R, O, k) \quad (1)$$

donde k es una constante de ajuste. Este número resultante de la Ec. 1, indicará en función de los valores de las variables ingresadas, si debe aprovecharse la energía solar, la eólica, ambas o ninguna. La búsqueda de la expresión de esta función “f” involucrará métodos de regresión lineal múltiple, análisis de correlaciones e inclusive aprendizaje por redes neuronales.

Tanto en la provincia de Salta como en otras regiones del Noroeste Argentino (NOA), existen comunidades rurales aisladas que no disponen de servicio eléctrico distribuido por redes, ni suministro regular de otros sistemas energéticos convencionales, ni en sus casas, ni en sus centros comunitarios, ni en sus puestos sanitarios. La ejecución del proyecto permitirá recoger experiencia en algunas regiones con poblaciones de culturas muy diferentes, situadas en zonas geográficas muy distintas por su clima y orografía, será muy enriquecedora y permitirá establecer una metodología de trabajo multidisciplinaria para la selección por parte de las comunidades rurales o suburbanas, de los servicios a brindar a partir del empleo de energías renovables, así como para su diseño utilizando los recursos energéticos disponibles en el lugar, su instalación y su posterior operación y mantenimiento.

REFERENCIAS

- Javi V., Montero L. M. T. y Serrano Víctor (2011). *Desempeño operacional de una mini central Fotovoltaica conectada a red*. Proyecto CIUNSa N° 1988/2.
- Serrano V. H., Javi V. M. y Montero Larocca M. T. (2011). *Puesta en marcha de la primera mini central fotovoltaica conectada a red en la Universidad Nacional de Salta, Argentina*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 15. ISSN 0329-5184.
- Secretaría de Energía de la República Argentina. Fundación Bariloche. REEP. (2009) *Energías Renovables. Diagnóstico, barreras y propuesta*. <http://energia3.mecon.gov>.
- Jiménez Cabrera Juan, y otros. 2006. “Energía solar térmica de concentración estado actual: actores del sector”. Publicación de CIEMAT.
- Pagola I., Gastón M., Fernández-Peruchena C., Moreno S., Ramirez L. (2010) New methodology of solar radiation evaluation using free access databases in specific locations, *Renewable Energy* 35(12): 2792-2798.
- Maxwell E.L., George R.L., Wilcox SM. A climatological solar radiation model. in 1998 Annual Conference-American Solar Energy Society. 1998. Albuquerque, NM: American Solar Energy Society.
- Puentes Markides, Cristina. 1994. “La focalización de programas en América Latina”. Publicación FAO.
- Cadena, C. 2005. Seminario Red CYTED, Difusión de Energías Renovables en zonas rurales. Conclusiones. Cochabamba.
- Huamán, J. 1993. “El papel de las ONGs en los programas de atención de la pobreza. Publicación FAO.
- Fernández, J. 2005. Seminario Red CYTED, Difusión de Energías Renovables en zonas rurales. Conclusiones. Cochabamba.
- Cadena, C. 2005. “Electrificación fotovoltaica en zonas rurales de Salta: perspectivas”. *Revista Asades* vol 9. pp 04-36.

Página Web dirección de Estadísticas y Censos SALTA

Publicación interna de ESEDSA. 2005. (*Empresa del suministro eléctrico disperso de Salta*)

Romero Álvarez, Manuel. 2003. “ENERGÍA SOLAR TERMOELÉCTRICA”. Publicación CIEMAT.

MR Consultores. 2005. “Mitigación de emisiones a través del desarrollo de la utilización de Energías Renovables, Tercer Informe”.

2ª Comunicación Nacional del Gobierno de la República Argentina a las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático PROYECTO BIRF TF 51287/AR.

Grossi Gallegos, H; Riggini, R. 2007. “Atlas de la República Argentina”. Publicación de SECYT.

Javi V. (2009) “*Indagaciones cruzadas sobre barreras de las energías renovables en la Argentina: participación ciudadana y baja institucionalidad*”. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 13, (2009). Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184.Pp. 1209 – 1216.

Javi V; Serrano V. H. y Montero Larocca M.T. (2012). *Ajustes en un generador fotovoltaico de pequeño porte conectado a red en la zona urbana de Salta capital – Noroeste argentino*. Inédito.

IMPROVEMENT STRATEGIES FOR DISTRIBUTED POWER GENERATION WITH SOLAR EQUIPMENT, WIND OR HYBRID

Summary. The aim of the present paper is the description of strategies that are beginning to be implemented through a research program to improve key aspects of distributed power generation, using solar or wind systems. It is pursued through new models of radiation or wind, control techniques and automation, sensor development, and other aspects not necessarily technical, making possible the electrical generation (and also the transfer of technology) or thermal power distributed on a larger scale to pilot plant. Reference generators may be part of a network mini isolation, or eventually be interconnected to the National System. The area in question is in the NOA (Northwest Argentina, covering the provinces of Salta, Jujuy, Catamarca, Santiago del Estero and Tucuman. This issue is also related to the sustained increase in demand in recent years and that without doubt is one of the factors contributing to demand better answers Argentine electricity system. Today, as a result of its size, the plants of this type can not address the problems of the country, but its future development is promising. The result you get should be an improvement in the efficiency and utilization of energy, without incurring a significant increase in equipment costs. It is not obvious from the technical trying to explain what are the real reasons to pursue a fundamental change in the energy consumption habits of communities, and thus implement the transfer of non-conventional systems in isolated rural populations, the issue is very complex, even when considering only overcome obstacles associated with the technology.

Keywords: solar, wind, solar, distributed generation, technology transfer