

Generación distribuida, diseño, integración e implementación de sistemas de medición

Mg.Ing. Juan Salerno
Observatorio de Energía y Sustentabilidad
UTN - Facultad Regional Rosario
Rosario, Argentina
juansalerno63@hotmail.com

Ing. Marcelo Castello
Observatorio de Energía y Sustentabilidad
UTN - Facultad Regional Rosario
Rosario, Argentina
castello.marcelo@gmail.com

Ing. Pablo Bertinat
Observatorio de Energía y Sustentabilidad
UTN - Facultad Regional Rosario
Rosario, Argentina
pablobertinat@gmail.com

Ing. Gustavo Airasca
Proyecto Redes Inteligentes
Cooperativa CELAR
Armstrong, Argentina
gustavoairasca@gmail.com

Mg.Ing. Rafael Oliva
Area Energías Alternativas
Instituto de Tecnología Aplicada UARG-UNPA
Río Gallegos, Argentina
roliva@uarg.unpa.edu.ar

Abstract—Mediante el Proyecto de Redes Inteligentes con Energías Renovables (PRIER), conformado por la Cooperativa de Provisión de Obras y Servicios Públicos Limitada de Armstrong (CELAR), la Universidad Tecnológica Nacional- Facultad Regional Rosario (UTN-FRRO) y el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), se ha abordado un desarrollo energético local, que incluye -entre otras iniciativas- un conjunto de aplicaciones de generación distribuida con energías renovables en la red inteligente de la ciudad de Armstrong.

Durante el avance del PRIER, resultó necesario contar con una herramienta que permita el control y verificación del funcionamiento de esta red eléctrica. Para tal fin, se ha creado un sistema informático integrador de monitoreo y gestión de energía (MyGE). El mismo permite visualizar los estados, los valores de las variables y emitir alarmas de todos los dispositivos existentes en la red. Se trata de un desarrollo propio, abordado mediante software libre.

Index Terms—distributed generation, measurement systems, renewable energy, solar photovoltaic, small wind turbines

I. INTRODUCCION

En la localidad de Armstrong en Argentina, la Cooperativa de Provisión de Obras y Servicios Públicos Limitada de Armstrong (CELAR) ha emprendido, por iniciativa propia, diversas etapas de renovación y actualización tecnológica de los sistemas de medición y control de la distribución eléctrica bajo su cargo. En este camino, ha encarado y desarrollado con medios técnicos propios y otros aportados por la Compañía Administradora del Mercado Eléctrico Mayorista Sociedad Anónima (CAMMESA) y la Universidad Tecnológica Nacional- Facultad Regional Rosario (UTN-FRRO), un proyecto piloto de redes inteligentes en el cual se compraron e instalaron más de 1000 medidores inteligentes de distintas marcas, cubriendo diferentes tipos de consumos así como la incorporación de

elementos que permiten hacer un manejo inteligente de las redes de media tensión incluyendo un sistema SCADA. El financiamiento para dicha etapa del Proyecto se ha conformado a través de aportes no reembolsables de la Secretaría de Energía de la Nación, y aportes directos de la Cooperativa. Luego, en el marco de la convocatoria del “Fondo de Innovación Tecnológica Sectorial de Energía – Uso Racional y Eficiente de Energía (FITS UREE)” llevado adelante por el Fondo Argentino Sectorial (FONARSEC), dependiente de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT), durante el año 2013, se ha creado el Consorcio Asociativo Público Privado (CAPP) denominado Proyecto de Redes Inteligentes con Energías Renovables (PRIER) [1] conformado por la CELAR [2], UTN FRRO [3] e INTI [4] para abordar un proyecto de desarrollo energético local, que incluye -entre otras iniciativas- un conjunto de aplicaciones de generación distribuida con energías renovables en la red inteligente de la ciudad de Armstrong. Mediante dicho consorcio se elaboró, presentó y se logró la aprobación del Proyecto denominado “Generación distribuida con energías renovables. Aportes tecnológicos sociales, ambientales y económicos de su aplicación en la red inteligente de Armstrong” obteniendo financiamiento para el desarrollo del mismo a través del Banco Interamericano de Desarrollo (BID). El objetivo general del Proyecto es la implementación, puesta en marcha, evaluación y sistematización de una experiencia de generación distribuida con energías renovables en redes de baja y media tensión con elementos incorporados de operación inteligente. Mediante este objetivo se apunta a la diversificación de la matriz energética nacional con especial atención en el sector eléctrico, y un impacto cuantificable en la baja de las emisiones de gases de efecto

invernadero sectoriales, promoviendo la participación activa del usuario energético. Se trata de acercar la generación al consumo.

Existen antecedentes sobre la temática. En [22] se investiga el rol de las redes inteligentes y la generación distribuida en la inserción progresiva de energías renovables en la matriz energética. En [23] se exploran algunas barreras a la difusión de redes de este tipo, tomando como base avances recientes en redes aisladas del Reino Unido que incorporan energía renovable. En [24] se estudian posibles ahorros por la implementación de este tipo de tecnologías en redes, especialmente para el caso fotovoltaico. Finalmente, en [25] se muestran algunas técnicas específicas para la implementación de microrredes que incorporen energías renovables, su monitoreo y efectivo mantenimiento.

Se proyecta avanzar en la construcción de una sinergia entre la sociedad local y el Proyecto, de manera de generar -al mismo tiempo- condiciones para el uso racional y eficiente de la energía. La idea es abordar los aspectos técnicos a la vez de los sociales de los usos de la energía. Por ello, es posible citar dentro de los objetivos específicos, algunos referidos a los aspectos técnicos y otros a los sociales:

- Desarrollar una red de generación distribuida con energías renovables funcionando en la red inteligente de Armstrong, disminuir consumos energéticos sectoriales, mejorar la calidad de servicio eléctrico. Disminuir las pérdidas en el sistema de transmisión y distribución de energía eléctrica, disminuir los costos de operación y mantenimiento.
- Desarrollar propuestas de normas, reglamentaciones y estudios económicos asociadas a la generación distribuida, desarrollar estudios asociados a la estabilidad y calidad de las redes.
- Desarrollar capacidades locales en provisión de equipamientos, cálculo y ejecución de instalaciones.
- Completar capacidades en laboratorios de ensayos asociados al Proyecto.
- Generar herramientas para el abordaje de las implicancias sociales del Proyecto. Mediante ellas, incluir a los diversos sectores de la sociedad en la problemática energética, mejorar las condiciones de acceso a la energía, visibilizar los impactos que los usos de la energía tienen en la sociedad.

Además, se espera desarrollar un proceso de transferencia tecnológica, enfocado fuertemente en las empresas de distribución eléctricas de manera de alentar la replicabilidad del Proyecto, principalmente en Cooperativas, donde se vislumbra una gran posibilidad de desarrollo.

II. EL CONTROL DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA, LA NECESIDAD DE CONTAR CON UNA HERRAMIENTA PROPIA

A. Descripción de la herramienta

Durante el avance del PRIER, ha resultado necesario contar con una herramienta que permita el control y verificación del funcionamiento de la red eléctrica.

La información de generación distribuida conectada a la red, sus valores de energía y potencia, tensiones, intensidades de corriente, estado de los dispositivos, conjuntamente con variables meteorológicas relevantes tales como velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad, presión, intensidad de radiación solar, son esenciales a la hora de evaluar el desempeño de la red.

Para este fin, se ha pensado en un sistema integrador de monitoreo y gestión de energía MyGE que permita abarcar todos los dispositivos existentes en la red, de modo de visualizar en conjunto estados, parámetros y alarmas.

B. Características y diseño

Se ha abordado este desarrollo mediante software libre, como un criterio de diseño y a la vez como valor destacable. En la tabla I se pueden observar los componentes utilizados.

En los entornos constituidos mediante software propietario, además de la limitación de índole legal, existe otra intrínseca -de índole técnica u operativa- que restringe su desarrollo a las capacidades propias de la empresa que lo ha creado, dentro de la cual deben realizarse todos los cambios mejoras o modificaciones, sin poder compartir el desarrollo con recursos externos a ellas. Claramente, esto limita las posibilidades de optimización o mejora de las calidades y prestaciones del software.

Todo lo contrario es lo que ocurre con el desarrollo del software libre, en cuyo ámbito es posible compartir desarrollos y avances, librerías y código que potencian el propio trabajo. Se permite incorporar cualquier pieza de código con respeto a las condiciones particulares de su licencia, e incorporarla al código propio. No se necesita programar desde cero lo cual fomenta la reutilización de código ya testeado y verificado.

En este sentido, la filosofía de trabajo con software libre es lo que más se asemeja al trabajo en un ámbito científico, donde cada nueva investigación se basará necesariamente en consultar todos los trabajos preexistentes y publicados acerca de la temática. Además de los equipos de generación distribuida y los dataloggers de evaluación de recursos, como parte del monitoreo se ha agregado un sistema que permite verificar el rendimiento y desempeño de los generadores eólicos, a fin de poder disponer de información del funcionamiento de la máquina eléctrica bajo diversas condiciones climáticas. Se ha llevado adelante este punto mediante equipamiento diseñado a tal fin, específico para generación eólica de baja potencia conectada a red, que se describe en mayor detalle en el presente trabajo. El mismo está compuesto por un datalogger, sensores de tensión, corriente, frecuencia, anemómetro, veleta y termómetro, y permite evaluar el funcionamiento integral de los aerogeneradores de baja potencia instalados.

III. MATERIALES Y MÉTODOS, INSTALACIONES Y TRABAJOS PREVIOS

En este apartado se presentan las instalaciones de energía distribuida implementadas, sobre las cuales se ha trabajado.

TABLA I
SOFTWARE LIBRE EMPLEADO

Componente	Licencia	Versión	Desarrollador
Thingsboard	Apache License 2.0	2.3	ThingsBoard, Inc. [18]
Python	Beopen License	2.7	Python Software Foundation [19]
Pymodbus	BSD	2.4.0	[21]
Mosquitto mqtt	EPL/EDL	3.1.1	Eclipse mosquitto [20]

A. Equipamiento de generación distribuida

En la tabla II se detallan los equipos para generación eléctrica renovable distribuida instalados en el marco del proyecto.

TABLA II
PRIER – EQUIPAMIENTO DE GENERACION DISTRIBUIDA

Cantidad	Equipos y potencia instalada		Potencia total [kW]
	Equipos	Potencia [kW]	
2	Fotovoltaico de suelo	200+10	210
50	Fotovoltaico de techo	1,5	75
6	Aerogeneradores	1,5	9
	Total		294

B. Equipamiento en Parque Industrial Armstrong

Se instaló en el Parque Industrial de la ciudad de Armstrong, mediante un convenio de cesión de terrenos a favor del Proyecto, una planta solar fotovoltaica de las siguientes características técnicas:

- Potencia nominal 200 kW.
- 880 módulos FV Amerisolar de 250 Wp.
- 40 mesas con 22 módulos cada una.
- 8 Inversores SMA de 25 kW.
- Conexión a la red pública mediante transformador (13,2 kV).

En las figuras 1 y 2 se observan detalles del sistema. Todo el proceso de diseño, cálculo, ingeniería de detalle e incluso el montaje de la planta se realizó con personal de las instituciones miembros del Proyecto.



Fig. 1. Planta fotovoltaica de piso, 200 kW. Parque industrial de Armstrong

Esto significó un proceso de capacitación y aprendizaje que ha permitido desarrollar experiencia local en energía fotovoltaica. La planta fue inaugurada oficialmente el 19 de



Fig. 2. Detalles de la planta Fotovoltaica Armstrong (2017)

septiembre de 2017 [5]. Se proyecta ampliar la potencia instalada a 300 kW, para lo cual se han previsto los terrenos necesarios.

C. Instalaciones solares de techo.

Se encuentran en proceso de concreción 50 instalaciones solares fotovoltaicas de 1,5 y 2 kWp en techos de viviendas e instituciones públicas de la ciudad (figura 3). Para ello se seleccionaron posibles locaciones mediante un proceso de participación ciudadana. Estas instalaciones también fueron diseñadas por el equipo del Proyecto e instaladas y puestas en marcha por personal de la CELAR. Todas las instalaciones aportan energía a la red de baja tensión de la Cooperativa.



Fig. 3. Instalación de Techo solar en Armstrong

D. Instalaciones de energía eólica

Se encuentran en distintas partes de la ciudad, dentro del área urbana y periurbana (figura 4).

- 3 aerogeneradores Eolux [6] de 1200 W (industria nacional). Torre de 18 m de altura.
- 3 aerogeneradores Wintec [7] de 1500 W (industria nacional). Torres de 15 m de altura.

IV. EQUIPAMIENTO DE MONITOREO Y MEDICIÓN INSTALADO

La generación distribuida de la red es medida y monitoreada mediante diversos equipos que, funcionando independientemente, generan la información respectiva. Previamente a explicitar la propuesta de su integración, se enumeran cada uno de estos sistemas de medición.



Fig. 4. Aerogenerador Wintec 1500 W en torre de 15 m

A. Sistema de medición y ensayo de pequeños generadores eólicos

En el marco del PRIER, se ha diseñado e instalado un sistema de medición orientado a relevar las características de pequeñas máquinas eólicas en conexión a red instaladas en zona urbana. El sistema prevé la medición de variables meteorológicas, variables eléctricas del generador, el rectificador y el inversor de manera de poder evaluar la performance de los equipos mediante una componente de comunicaciones incorporada que permite su monitoreo vía Internet.

El sistema fue ideado y encargado por el OES y diseñado e implementado por L&R Ingeniería [8], UNPA-AEA [9] y la firma Provener SRL [10]. Teniendo en cuenta la propuesta del OES de incorporar el sistema a un programa más amplio de mediciones, el datalogger cuenta con una conexión Ethernet para vinculación cableada a Internet. Un diagrama en bloques del sistema de medición se muestra en la figura 5.

Los equipos eólicos en ensayo producen una tensión alterna trifásica de amplitud y frecuencia variable (AC_IN), que se rectifica y se conecta al inversor, el cual a su vez la entrega mediante una conexión directa a la red. El sistema de medición implementado se basa en un datalogger Campbell CR1000X [11] con capacidad y sensores adecuados para medir las variables tensión, corriente y frecuencia de AC_IN, tensión y corriente continua entregada al inversor, y monitoreo de la tensión, corriente, potencia y energía entregada a la red. El conjunto se instala en un gabinete metálico apto para intemperie tipo IP65, y un soporte de tipo portable.

El sistema está basado en un datalogger Campbell Scientific CR1000X, que cuenta con un procesador Renesas de 32 bits, y se programó en CRBasic. Asimismo tiene un conjunto de teclado y display fluorescente CD100, e interfaces uSD, USB, Ethernet 10/100 y RS485.

Los componentes adicionales al datalogger son los siguientes:

- 6 o 7 canales analógicos utilizados (SE1 a SE7) de un total de 16.
- 1 canal de medición de frecuencia (P1 – anemómetro NRG Max # 40C).
- Sensores utilizados para mediciones de tensión, corriente y frecuencia a la salida del generador de imanes perma-

nentes: V_{ac_in} RMS, I_{ac_in} RMS, f_{in} de Ohio Semitronics [12] ($\pm 0.25\%$).

- Sensores para el enlace de corriente continua previo al inversor Vdc (0-600V $\pm 1\%$), Idc (0-20A $\pm 0.5\%$) de efecto Hall YHDC.
- Modulo iEM3155 multimedidor de Schneider [13] para parámetros de red (VL1-N, IL1, P, Q, S, f) con comunicación Modbus a través de RS485.
- Almacenamiento de promedios de las variables (intervalos de 1 minuto para máquinas de baja potencia, [14] Anexo H), además de máximos, mínimos, y desvío estándar, en tarjeta microSD.
- UPS de CC con batería y panel solar de LyR Ing.
- Presentación de valores instantáneos por Modbus TCP, para interfaz externa.
- Miniservidor web interno.
- Configuración y actualización remota de firmware

En la figura 6 puede verse el sistema y la disposición de los componentes.

El software empleado para la comunicación fue desarrollado en lenguaje Python. Se utilizó para la comunicación con el datalogger, el protocolo MODBUS y para la transmisión del dato al servidor, el protocolo MQTT/TLS. El sistema toma los datos cada 10 minutos y los envía al servidor central. Un diagrama de infraestructura se puede observar en la figura 7.

B. Sistema de monitoreo de pequeños generadores fotovoltaicos

En abril de 2019, se puso en funcionamiento un sistema de generación FV en la terraza de la sede de la Universidad Tecnológica Nacional en Rosario. Con una potencia de 3,5 kW, cuenta con dos inversores, un ABB [15] modelo 2.0 SB de 2kW de potencia y un SMA [16] SunnyBoy 1.5 de 1,5 kW de potencia.

El sistema se conectó a la red de baja tensión de la ciudad de Rosario y entrega energía en baja tensión, a través del programa de Prosumidores [17] de la provincia de Santa Fe. También es utilizado por docentes y alumnos de la facultad para fines académicos.

Para el monitoreo de este sistema se desarrolló y construyó una interfaz de hardware capaz de adquirir los datos de los dos inversores y enviarlos a un servidor centralizado para su posterior visualización. Esta interfaz, basada en un microcontrolador ESP8266 adquiere datos de los inversores, comunicándose por WiFi con el inversor SMA y vía RS-485 con el inversor ABB. También se desarrolló el firmware correspondiente mediante protocolos MODBUS y MQTT/TLS. El mismo sistema se instaló en la planta FV ubicada en la planta potabilizadora de agua de la CELAR en Armstrong, monitoreando la instalación de 10 kW. En la figura 8 se puede apreciar la placa PCB de la interfaz.

V. REGISTRO DE MEDICIONES EN SISTEMA

El sistema permite la caracterización detallada del comportamiento eléctrico de sistemas sobre los cuales no existe mucha información, por ejemplo el comportamiento en redes locales

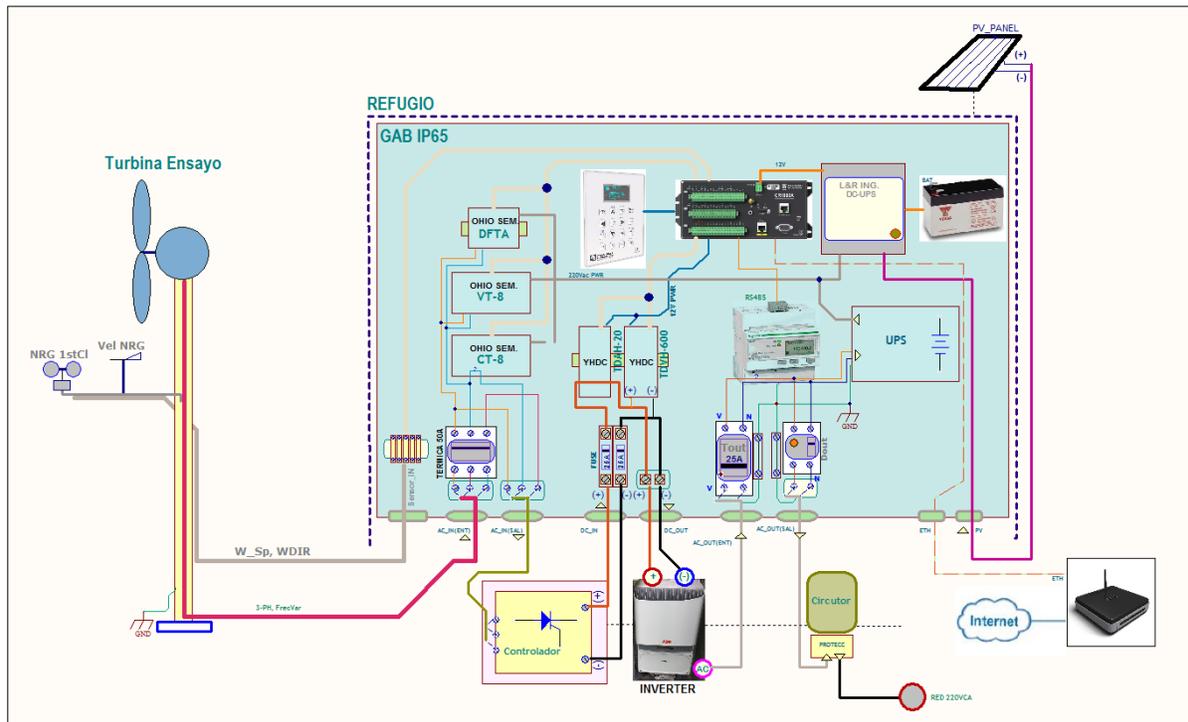


Fig. 5. Sistema de Medición – Diagrama en bloques.

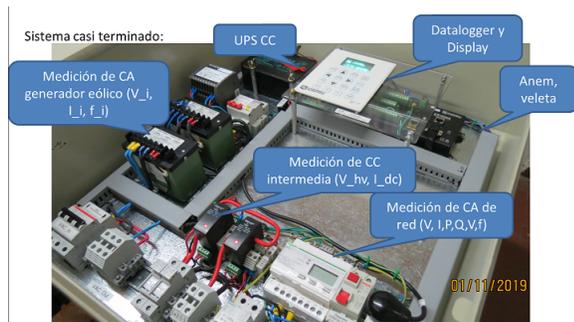


Fig. 6. Vista del Tablero del Sistema de Medición LyR.



Fig. 8. Interfaz de captura y envío de datos para pequeñas estaciones fotovoltaicas.

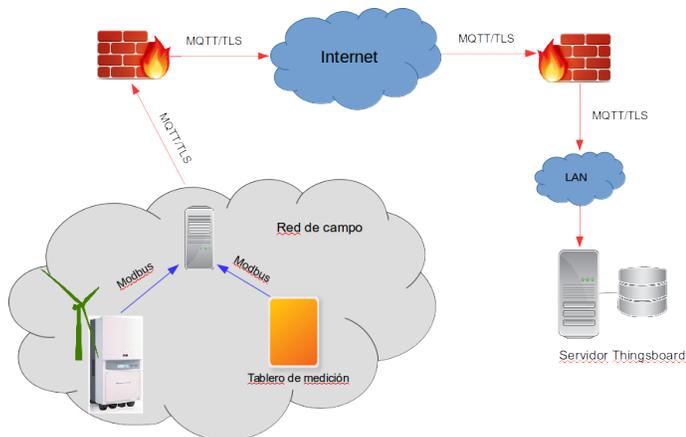


Fig. 7. Infraestructura de comunicación para lectura de generador eólico.

de aerogeneradores de baja potencia conectados a través de inversores tipo grid-tie. Se muestra en la figura 9 el dashboard generado mediante la herramienta libre Thingsboard [18] que toma en forma continua los datos de operación del aerogenerador y los presenta. En el mismo se pueden apreciar los elementos principales y los datos de operación actualizados cada 5 minutos correspondiente al aerogenerador Wintec de 1,5 kW de potencia nominal.

A. Series de tiempo de medición sobre el Wintec 1500

En la figura 10 se aprecian datos en forma de series de tiempo de promedios de 1 minuto, almacenadas en el datalogger Campbell CR1000X, que se almacenan en tarjeta



Fig. 9. Dashboard mostrando datos del Wintec 1500.

microSD pero también resultan accesibles on-line. Se registran valores de tensión alterna de entrada de una de las fases del generador de imán permanente (EU_VACin_Avg, que por momentos puede llegar a casi 250V) y además los valores de la frecuencia variable EU_freqACin_Avg de dicho generador, condicionada por la velocidad de rotación y por lo tanto en relación directa con la intensidad de viento. En la serie de tiempo se aprecian los valores de Potencia entregada a red por el inversor ABB junto con la intensidad de viento, y por otro lado la tensión y corriente de red.

El sistema es capaz de reportar comportamientos anómalos de la planta utilizando cadenas de reglas programadas en el sistema de captura de datos, estos reportes se envían a través de la red Telegram a los destinatarios configurados. También es posible visualizar estos eventos en una tabla de alarmas en la dashboard. En la figura 11 se pueden apreciar algunos de ellos.

VI. INVERSORES FOTOVOLTAICOS Y EÓLICOS

La energía generada por la central fotovoltaica, los techos solares y los pequeños generadores eólicos es convertida y entregada a la red mediante equipos inversores de procedencia diversa. Son equipos basados en plataformas propietarias. Los inversores envían los datos, a través de internet, a servidores propiedad de los fabricantes. Luego, mediante un portal web o aplicativo específico, se puede acceder a los datos alojados en esos servidores de los que pueden citarse a modo de ejemplo, Energy Viewer o PlantViewer [15] de ABB y a Sunnyportal [16] de SMA.

A. Inversor SMA SunnyBoy 1.5 – fotovoltaicos

Se trata de un inversor on-grid de 1,5 kW para sistemas fotovoltaicos con características MPPT / Seguimiento de Punto de Maxima Potencia. Posee una capa física para comunicaciones por red WiFi. Su protocolo de comunicación es Modbus TCP de tipo abierto, posibilitando a través de una conexión WiFi la transmisión de todos los datos que produce el inversor.

El fabricante provee el significado de los registros y valores publicados en las tablas a las que se accede, así como su valor de escalamiento y/o calibración.

B. Inversores ABB UNO 2.0 y ABB Wind 1.5

Estos inversores se utilizan respectivamente para instalaciones fotovoltaicas y pequeños generadores eólicos, poseen una conexión de datos por norma RS-485 cableada con dos hilos. Para la comunicación se utiliza protocolo ABB Aurora, propiedad de PowerOne Italia, fabricante original de ABB. Su descripción es accesible a través de la documentación correspondiente. Actualmente (2020) el negocio de inversores solares de ABB ha sido adquirido por FIMER-Italia. Si bien no es un protocolo convencional, existen algunos trabajos en la comunidad de software libre en distintos lenguajes y para distintas plataformas con la implementación de este protocolo.

C. Inversores SMA Tripower de 25 kW

Para la planta fotovoltaica de piso de 200 kW se integraron 8 unidades de este tipo de inversores con salida trifásica. También utilizan MPPT, y en cuanto a comunicaciones utilizan una interfaz similar a las unidades Sunnyboy, con capa física para enlace WiFi y protocolo de comunicación Modbus TCP.

VII. INTEGRACIÓN GENERAL DEL SISTEMA

A. Diagrama general

El sistema tiene la disposición general que se muestra en la figura 12, y se observa la diversidad de equipos que se integran. El equipamiento utilizado para la propuesta consta de los inversores y dataloggers detallados en puntos anteriores.

B. Acceso a los Datos

Se presentan dos formas diferentes de acceso a los datos: A.1 - Plataformas propietarias: En este caso el inversor envía los datos, a través de internet, a servidores propiedad de los fabricantes. Luego, mediante un portal web o aplicativo



Fig. 10. Series de tiempo para potencia viento, tensión y corriente de red para el Wintec 1500.

Alarmas	Tiempo real - último(s) 90 días 1 segundo									
<input type="checkbox"/>	Hora de alarma	Origen	Tipo	Criticidad	Estado	Cantidad	Hora de borrado	Mensaje	Ultimo evento	Temperatura
<input type="checkbox"/>	2020-08-21 01:00:02	armagua02	Rango Inferior	Alerta	Borrada ignorada	41	21/08/2020 9:13:03	Baja temperatura. 0.89°C por debajo	2020-08-21 09:00:02	4.11
<input type="checkbox"/>	2020-08-19 23:39:02	armagua02	Rango Inferior	Alerta	Borrada ignorada	52	20/08/2020 10:00:03	Baja temperatura. 0.26°C por debajo	2020-08-20 09:52:03	4.74

Page: 1 Rows per page: 10 1-10 of 17

Fig. 11. Tabla de alarmas.

específico, se puede acceder a los datos alojados en esos servidores.

A.2 - Desarrollos propios: Se basan en la extracción de datos aprovechando las características del hardware/firmware que el fabricante coloca en el equipo. Esta es la forma que se utiliza en varios de los sistemas fotovoltaicos y eólicos.

VIII. CONCLUSIONES

Se ha implementado un sistema que permite el ensayo de redes de energía renovable distribuida en condiciones reales, mediante la integración de un conjunto de mediciones y software asociado, con un importante potencial para detectar fallas y a la vez mejorar el rendimiento de implementaciones similares.

A pesar de lo heterogéneo de los sistemas con que se ha trabajado, cada uno con sus propias características tecnológicas y software correspondientes, la integración lograda es efectiva y funcional, y -dada su concepción- permite a su vez la incorporación de otros nuevos equipos, expandiendo la red de medición y monitoreo cuando sea necesario.

Se espera continuar en esta expansión tanto de las mediciones como del caudal de datos, donde se requieren técnicas específicas para extraer información relevante y significativa.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a sus instituciones respectivas la cooperación recibida para el desarrollo del presente trabajo.

REFERENCIAS

- [1] Aprobación Proyecto PRIER (2015) <https://www.telam.com.ar/notas/201510/125419-energia-renovable-subsidio-ministerio-de-ciencia.html>
- [2] CELAR <http://www.celar.com.ar/>
- [3] OES-UTN FRRO - <http://www.oesutnosario.org>
- [4] INTI <https://www.inti.gob.ar/>
- [5] Armstrong Fotovoltaicos(2017)<https://www.infocampo.com.ar/lo-localidad-de-armstrong-ya-genera-su-propia-energia-renovable/>
- [6] Eolux Aerogeneradores (2020) <http://www.giacobone.com/servicios/soluciones-energeticas/energia-eolica/>
- [7] Wintec 1500 - Electromecánica Bottino Hnos. (2020) <http://www.ebhsa.com.ar/energia-renovable/los-cuatro-elementos/aerogenerador-wintec-1500>
- [8] LyR Ing. (2020) <https://www.lyr ingenieria.com.ar/language/es/>
- [9] AEA - UNPA (2020) <https://www.uarg.unpa.edu.ar/index.php/institucional/institutos/11-instituto-ita>
- [10] Provener SRL (2020) <http://www.provener.com/>
- [11] Campbell Scientific (2020) <https://www.campbellsci.com/products>
- [12] Ohio Semitronics (2020) <https://www.ohiosemitronics.com/>
- [13] Schneider IEM3155 (2020) <https://www.se.com/ar/es/product/A9MEM3155/medidor-iem3155-63a-din-kwh-kvarh-modbus/>
- [14] IEC 61400-12-1 Annex H (2017) <https://webstore.iec.ch/publication/26603>

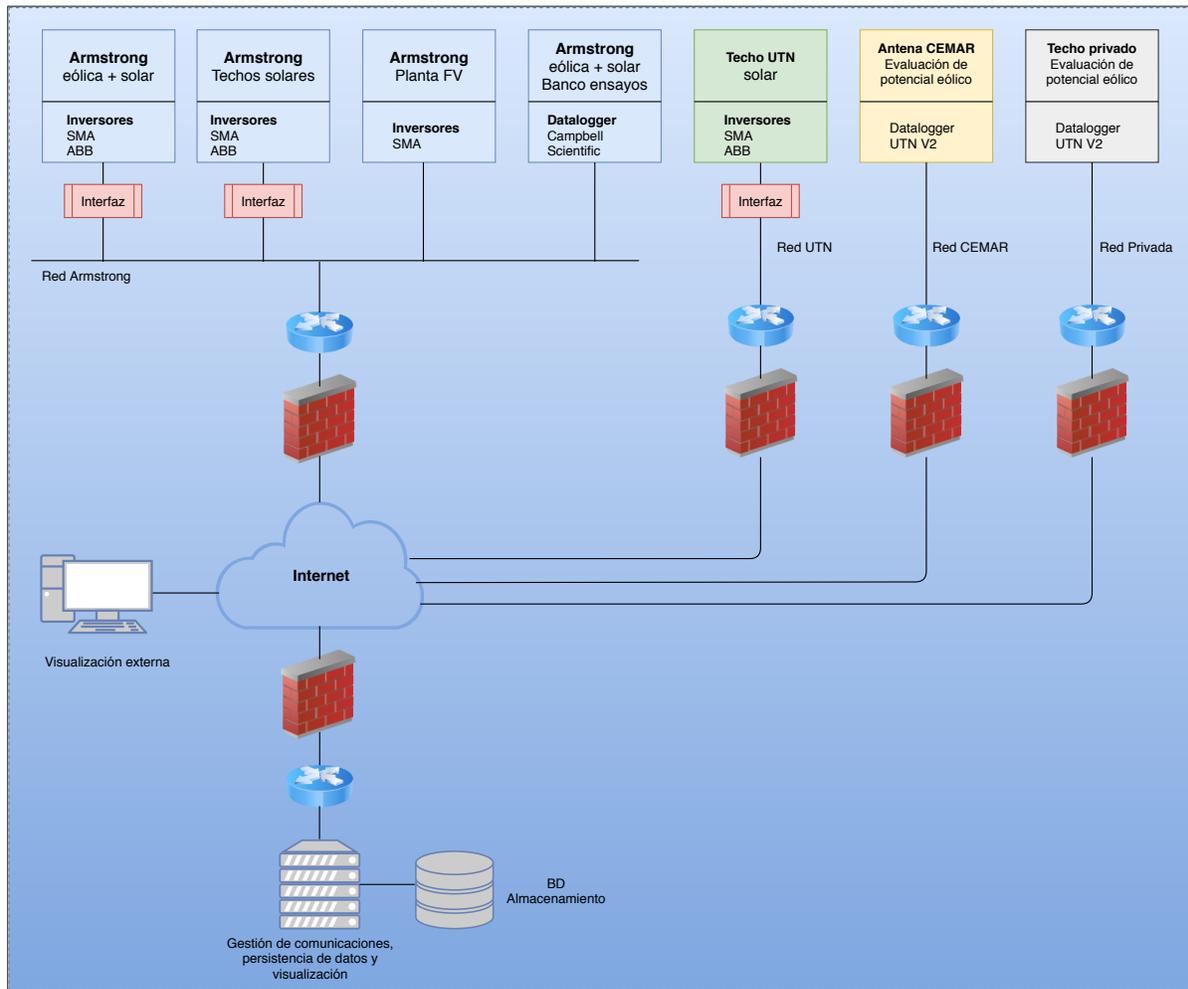


Fig. 12. Diagrama General del Sistema.

- [15] ABB Power Converters <https://new.abb.com/power-converters-inverters/solar-old/monitoring-and-communication/aurora-vision-plant-management-platform/plant-viewer>
- [16] SMA SunnyPortal <https://www.sunnyportal.com>
- [17] <https://www.santafe.gob.ar/ms/prosumidores/>
- [18] <https://thingsboard.io>
- [19] <https://www.python.org>
- [20] <https://mosquitto.org>
- [21] Copyright (c) 2001-2005 S.W.A.C. GmbH, Germany.
Copyright (c) 2001-2005 S.W.A.C. Bohemia s.r.o., Czech Republic.
Hynek Petrak, <https://github.com/HynekPetrak>.
Twisted Matrix.
- [22] M.S. Hossain and N.A. Madlool and N.A. Rahim and J. Selvaraj and A.K. Pandey and Abdul Faheem Khan. Role of smart grid in renewable energy: An overview <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032116002148>
- [23] Callum Rae and Sandy Kerr and M. Mercedes Maroto-Valer. Upscaling smart local energy systems: A review of technical barriers <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032120303117>
- [24] Glassmire, J., P. Komor and P. Lilienthal. Electricity Demand Savings from Distributed Solar Photovoltaics
- [25] IRENA. Smart Grids-and-Renewables-A-Guide-for-Effective-Deployment <https://www.irena.org/publications/2013/Nov/Smart-Grids-and-Renewables-A-Guide-for-Effective-Deployment>