

SG-SM - Smart Grid San Martín

Red de Distribución y Generación de Energía Inteligente en Ciudad Gral San Martín – Mendoza

Gustavo Mercado^{*}, José Manuel Da Peña[§], Raúl Stasi[§], Gabriel López[§], Alejandro Burlot[&],
Gian Carlo Vivone[&], Carolina Amstutz[&], Laura Barnabo[&], Julieta De Paolo[&], Marcelo
Ledda^{*}, Roberto Caceres^{*}, Carlos Taffernaberry^{*}, Santiago Pérez^{*}, Luis Álvarez^β,
Jorge Fernández^β, Alejandro Pablo Arena^Ω

[§]EDESTE - Empresa Distribuidora de Electricidad del Este S.A.
Boulogne Sur Mer 490, Gral. San Martín - Mendoza
jose.manueldape@gmail.com, {rstasi, glopez}@edeste.com.ar

[&]EMESA - Empresa Mendocina de Energía S.A.
Patricias Mendocinas 1285, Ciudad - Mendoza - Argentina
aburlot@emesa.com.ar, lbarnabo@mendoza.gov.ar

^{*}gridTICs – Grupo en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
i / Facultad Reg. Mendoza / UTN Rodríguez 273, Capital – Mendoza,
{gustavo.mercado, carlos.taffernaberry, santiago.perez}@gridtics.frm.utn.edu.ar

^βIRESE – Instituto Regional de Estudios de Energía
Departamento de Electromecánica/Facultad Reg. Mendoza/UTN Rodríguez 273, Capital – Mendoza
{fernandez.irese, alvarez.irese}@frm.utn.edu.ar

^ΩCLIOPE – Energía, Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable
Departamento de Electromecánica/Facultad Reg. Mendoza/UTN Rodríguez 273, Capital – Mendoza
aparena@frm.utn.edu.ar

Resumen

Diseño, implementación y análisis de resultados de un PROYECTO PILOTO de redes inteligentes y mejoramiento de la eficiencia de la redes de distribución en un área urbano - rural de la zona de concesión de EDESTE SA, en el departamento de Gral. San Martín - Mendoza, que abastece aproximadamente 5000 usuarios de tipo residencial, comercial e industrial, donde se desarrollarán los siguientes aspectos: telemedición y control (Smart Grid) de usuarios finales, telegestión de subestaciones transformadoras y punto de inyección, automatización de puntos de maniobra y protección, gestión eficiente de alumbrado público, desarrollo de sistema prepago de energía, incorporación de 500KW de generación distribuida fotovoltaica inyectada en Media Tensión y 4 módulos de autogeneración fotovoltaica de entre 5 y 15KW en edificios públicos interconectados a la red de distribución. El proyecto también contempla el desarrollo de procesos de recolección y gestión de la información, herramientas para la inclusión de los usuarios en la gestión activa de la demanda, metodologías para la gestión eficiente de los recursos, herramientas para el análisis del comportamiento de sistemas complejos y sistemas de control para redes de distribución con

generación distribuida, con el objetivo primario de lograr un USO MÁS EFICIENTE Y RACIONAL DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

Palabras Clave: Smart Grid - Redes Inteligentes, Generación Distribuida, Uso Racional y Eficiente de la Energía, Internet of Things - Internet de las Cosas, Wireless Sensor Network – Redes de Sensores Inalámbricos

Contexto

El presente trabajo está inserto en el proyecto de investigación y desarrollo tecnológico denominado "Red Inteligente Ciudad General San Martín, Mendoza", aprobado y financiado como Proyecto N° 13 [1] en la convocatoria FITS 2013 UREE - Uso Racional y Eficiente de la Energía de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica [2].

El objetivo de la convocatoria fue financiar parcialmente proyectos que tengan como meta promover el desarrollo de nuevas tecnologías, procesos y metodologías más eficientes y sustentables para el Uso Racional y Eficiente de la Energía (UREE).

El proyecto es desarrollado por el CAPP (Consortio Asociativo Público Privado) compuesto por EDESTE S.A. [3], EMESA S.A.

[4] y la Facultad Regional Mendoza de la Universidad Tecnológica Nacional. [5]

Identificación del Problema y Justificación

La Administración de Información de Energía (EIA) [6], ha pronosticado recientemente que el consumo mundial de energía crecerá un 56% entre 2010 y 2040. Aunque el 80% de esta energía procede de combustibles fósiles tradicionales, las energías renovables y la energía nuclear son de más rápido crecimiento -cada una del 2,5% por año. El aumento en el número de diferentes fuentes de energía que la red eléctrica actual tiene que acomodar y regular conduce a un aumento inevitable en la complejidad de la red; a pesar de eso, esta red de energía aún carece de una plataforma de detección y de control eficaz que podría ayudar a proporcionar más inteligencia al proceso de gestión.

Por otro lado se percibe un estado primitivo de las redes eléctricas actuales, que en la mayoría de los casos consisten en líneas de transmisión de energía de más de 50 a 60 años de edad [7] y cuyo diseño conceptual se ha mantenido sin cambios durante más de 100 años.

En la región Latinoamericana, la mayoría de las redes de distribución de MT son radiales. Esto quiere decir que la energía fluye en sentido unidireccional, desde la generación hasta el usuario. La interfaz con el usuario residencial se lleva a cabo mediante un medidor electromecánico, con una escasa o nula comunicación, cuyas lecturas deben ser tomadas en forma manual por el personal de la distribuidora. En el sector residencial, estos medidores solo registran la energía total consumida durante un período determinado.

La falta de interactividad de los medidores no permite que los usuarios dispongan de datos sobre la curva de la carga, los picos de carga, las horas de mayor consumo y los artefactos y electrodomésticos más críticos. Por lo tanto, los usuarios no pueden tomar ninguna medida para flexibilizar su consumo eléctrico conforme a la disponibilidad energética de la red.

En la mayoría de los países de la región, las redes de distribución de AT y MT tienen instalados y utilizan sistemas de control y adquisición de datos, y aunque existe automatización en las Subestaciones, NO ES ASÍ en el resto del circuito hasta al usuario final. Las maniobras en la red de MT y sobre todo en los tramos de BT, son realizadas manualmente por operarios.

En Argentina se estima que, en general, las pérdidas de energía en las redes de distribución oscilan entre el 5 y 6 por ciento de la energía

entregada a los usuarios, y entre el 2,5 y 4 por ciento de la energía transportada en los sistemas de transmisión [8].

Por lo tanto la implementación del proyecto se basa en las siguientes problemas/oportunidades de origen local, regional y nacional.

- La necesidad de modificar la dependencia de las fuentes de energía no renovables, diversificando la matriz energética.
- Leyes nacionales y provinciales que fomentan el uso de fuentes renovables de energía.
- La necesidad de administrar mejor los recursos energéticos, favorecer la protección del medio ambiente y responder a los requerimientos cada vez más exigentes de calidad de servicio y producto.
- La necesidad de mejorar el factor de utilización de la curva de carga,
- La necesidad de contar con sistemas de información y herramientas que permitan un mejor aprovechamiento de los recursos existentes, evitando o postergando el redimensionamiento de las redes.
- La necesidad de contar con suficiente información de calidad, puesta a disposición de los entes reguladores y gubernamentales que les permita propiciar nuevos marcos regulatorios de orden técnico, legal y económico e impulsar políticas públicas específicas para fomentar las inversiones en generación distribuida con recursos renovables
- La necesidad de contar con información suficiente para lograr el cambio de legislación, que regule la eficiencia de los equipos que se conectan a la red, como los de iluminación, de climatización, de automatización y control, y optimizar la construcción de revestimientos en los edificios, que son medidas necesarias y concretas para lograr un **USO MÁS EFICIENTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA**.
- El concepto de uso racional y eficiente de la energía no está instalado en la sociedad, ya que no hay señales que incentiven al ciudadano a tomar medidas, o realizar acciones que influyan sobre dicho concepto.
- Necesidad de variar la dependencia de sólo una fuente de aprovechamiento energético (agua), sensibilizar el uso racional de la energía eléctrica hacia la comunidad sociales. Demostrar el potencial energético de origen renovable.

Introducción a Smart Grid

Smart Grid es un término que se refiere a la red de energía de próxima generación en el que la distribución y la gestión de la electricidad se actualizan mediante la incorporación de comunicaciones bidireccionales de avanzadas y capacidades de computación ubicua para mejorar el control, la eficiencia, la fiabilidad y la seguridad. Una red inteligente suministra electricidad entre los proveedores y los consumidores que utilizan

las tecnologías digitales de dos vías. Controla aparatos inteligentes en el hogar o edificio de los consumidores para ahorrar energía, reducir costos y aumentar la fiabilidad, la eficiencia y la transparencia [9]. Se espera que una red inteligente sea capaz de modernizar la red eléctrica. Proporciona monitoreo, protección y optimización automáticamente al funcionamiento de los elementos interconectados. Abarca desde el generador tradicional central y/o emergentes renovación generador distribuido a través de la red de transmisión y distribución para los consumidores industriales y / o usuarios domésticos con sus termostatos, vehículos eléctricos, electrodomésticos inteligentes [10]. Una red inteligente se caracteriza por la conexión bidireccional de la electricidad y de información para crear una red de entrega automatizada y ampliamente distribuida. Incorpora a la red eléctrica, los beneficios de las comunicaciones modernas para ofrecer información en tiempo real y permitir el equilibrio casi instantánea de la oferta y la gestión de la demanda.

Muchas de las tecnologías que serán adoptadas por la red inteligente ya se han utilizado en otras aplicaciones industriales, tales como redes de sensores en la industria manufacturera y las redes inalámbricas en las telecomunicaciones, y están siendo adaptados para su uso en el nuevo paradigma de interconexión inteligente [11]. En general, las tecnologías de la comunicación de redes inteligentes se pueden agrupar en cinco áreas clave: componentes avanzados, nuevos procesos de detección y medición, interfaces mejoradas y soporte de decisiones, normas y grupos de trabajo, y las comunicaciones integradas

En la Tabla I se brinda una comparación entre una red de energía existente y una Smart Grid [12]

Red Actual	Smart Grid
Electromecánica	Digital
Comunicación de una vía	Comunicación de dos vías
Generación centralizada	Generación distribuida
Escasos Sensores	Sensoramiento en todo
Monitoreo manual	Auto-monitoreo
Restauración manual	Auto-restauración
Fallas y apagones	Adaptable y en isla
Control limitado	Control generalizado
Pocas opciones de los clientes	Muchas opciones de los clientes

Tabla I

Objetivos y Resultados

Objetivo Principal

Lograr mediante la articulación y sinergia Pública–Privada de actores estratégicos, el desarrollo e

implementación de un SISTEMA DE GESTIÓN que permita la operación, mantenimiento y control más eficiente de las redes existentes de Media y Baja Tensión de EDESTE en un área determinada, sobre la cual, se desarrollará un sistema de Redes Inteligentes con interconexión de generación distribuida fotovoltaica y automatización de la Red de Media Tensión, abarcando una zona con un mínimo de cinco mil (5.000) usuarios, y que permita el análisis inteligente de los datos provenientes del sistema, generando capacidades para la transferencia de conocimiento y de modelos replicables

Objetivos Secundarios

- Desarrollar VÍNCULOS DE COMUNICACIÓN de alta confiabilidad y disponibilidad y SISTEMAS INFORMATIZADOS eficientes, que permitan GESTIONAR LA INFORMACIÓN obtenida a partir de la incorporación de tecnología apropiada en la red de media tensión, en las subestaciones transformadoras y en los puntos de venta (Smart Grid), del á “ S T ” gi , bus s siguientes objetivos:
 - Facilitar la normalización del servicio en los sectores de menores recursos.
 - Facilitar el acceso de los usuarios como actores del sistema de provisión de energía eléctrica.
 - Disminuir las interrupciones de servicio y los tiempos de reposición.
 - Aumentar la confiabilidad, seguridad y disponibilidad de las redes de comunicación existentes.
 - Mejorar la respuesta ante la condición N-1 de la red de Media Tensión, por la instalación de equipos de operación telecomandados.
 - Desarrollar metodologías para mejorar la eficiencia en las inversiones y los costos de Operación y Mantenimiento.
 - Mejorar las señales económicas regulatorias por calidad de servicio.
 - Desarrollar programa de mejoramiento de la calidad de producto.
 - Mejorar el control tendiente a disminuir el hurto de energía, fraude y vandalismo.
 - Mejorar la prestación comercial.
- Desarrollar un sistema de Redes Inteligentes con interconexión de generación distribuida fotovoltaica.
 - Evaluar el impacto de la generación fotovoltaica distribuida sobre la huella de carbono de la energía eléctrica, así como la de los productos y servicios que la utilizan como insumo.
 - Analizar las pérdidas no lineales producidas por sombras parciales sobre las instalaciones fotovoltaicas, la aparición de puntos calientes,

y su influencia sobre el rendimiento de la instalación

Avances y resultados preliminares

Módulos de desarrollo del proyecto

El proyecto, de reciente aprobación y comienzo, presenta el desarrollo e implementación un sistema piloto de red inteligente para lograr un uso más eficiente y racional de la energía (ver Fig 1) siguiendo los criterios definidos en el plan argentina innovadora 2020 [13], con la incorporación de producción eléctrica de fuentes renovables (Generación Distribuida) desarrollando un proceso de recolección de datos y gestión de la información proveniente de los sistemas de telemedición y telecontrol.



Figura 1

La Generación Distribuida implica la incorporación de generación fotovoltaica (un módulo de 500KW) que inyecta en Media Tensión interconectado a la red eléctrica local para soporte energético y 4 módulos fotovoltaicos de entre 5 y 15 KW instalados en entidades públicas para autoconsumo pero vinculados a la red de Baja Tensión permitiendo un flujo bidireccional de energía y midiendo los aportes de la red y del sistema fotovoltaico.

El sistema AMI (Advanced Metering Infrastructure) se implementa como un sistema de telemedición y control de una zona determinada adyacente al generador FV, dentro del área de concesión de EDESTE SA, para lo cual se instalarán medidores inteligentes, en usuarios finales de baja tensión residenciales, industriales, comerciales y de alumbrado público, tanto monofásico como trifásicos, Centros de Transformación MT/BT y Salidas de Alimentadores de MT, con su sistema de comunicación y las herramientas de recolección y administración de los datos.

También se desarrollará un sistema de control que, integrado al sistema de telecontrol actual de EDESTE, permita la administración de los sistemas de generación distribuida fotovoltaicas en interconexión con la red de media y baja tensión. Lo que incluye el desarrollo del sistema de telecontrol de equipos de maniobra y protección de media tensión.

Por último se desarrollará un nuevo sistema de gestión comercialización que se adecue al sistema de administración y control de la red, que entre otros puntos incorpora el sistema de prepago de energía

Articulación de actividades públicas y privadas

Los equipos de trabajo de las tres instituciones intervinientes,

liderados proactivamente, aportarán tanto en la fase de desarrollo, como en la implementación y seguimiento de las distintas tecnologías de la información y las comunicaciones necesarias para el armado de la red inteligente, como así también en el

desarrollo de aplicaciones y en los sistemas de gestión de la información, que permitirán el cumplimiento de los objetivos propuestos. Tal como ya se ha comentado y detallado precedentemente, se prevé el despliegue de seis equipos o grupos para las disciplinas: Sistemas Informáticos, Comunicaciones, Redes Eléctricas, Energía fotovoltaica, Estudios Eléctricos y Aspectos comerciales de la distribución. El fin es mejorar la red eléctrica actual, haciéndola más eficiente e incorporando energía limpia para dar un aporte a la matriz energética provincial. Tal aporte será compartido con la sociedad y su conocimiento será útil a entidades públicas y privadas que en este momento trabajan sobre la reglamentación de inyección de energía a la red por medio de generación distribuida.

Posicionamiento de la problemática en la sociedad

El proyecto preverá, la generación de reportes y documentos específicos, que puestos a disposición de los organismos gubernamentales, permitan el estudio de aspectos regulatorios con el objeto de aportar a la sociedad soluciones para un mejor uso

de los recursos energéticos y que promuevan la inversión en generación distribuida.

Por otra parte se quiere definir el desarrollo de un sistema de medición prepago el cual permitirá la compra anticipada de energía, este sistema permitirá a clientes de menor poder adquisitivo fomentar la cultura de la compra de energía y concientizar el uso racional de la misma. El sistema de medición permitirá también una comunicación directa con los diferente usuario y esto dará la posibilidad a los últimos de conocer la evolución de sus consumos y tomar decisiones respecto de cómo organizar sus gastos. Un uso más racional de la energía eléctrica causará una disminución de las pérdidas del sistema red con una mejora de la calidad del servicio.

Ante la posibilidad de la quita de subsidios al sector energético, los costos de la energía podrían pasar a ser de importancia para los usuarios quienes se verían beneficiados de contar con información sobre los consumos.

El objetivo final es sensibilizar en los usuarios el uso de las energías renovables y su cambio de rol “usu i s su i s” “usu i s s u i s y g s” (u su y vuelco de excedentes a red).

Desarrollo de modelos y metodologías de análisis de funcionamiento económico de redes,

A partir de los datos concentrados en los sistemas de gestión de la información, provenientes de los medidores inteligentes, de las Subestaciones Transformadoras MT/BT y de los punto de inyección en MT que alimentan las mismas y del sistema de telecontrol, se desarrollarán modelos dinámicos que permitan monitorear y hacer análisis de pérdidas, desbalances, sobrecargas, y de despacho económico de redes, considerando el ambiente de generación distribuida.

Desarrollar el software que permita el control y despacho eficiente de nuestra red inteligente con generación distribuida en función de las distintas configuraciones de la red, las que son posibles conocer mediante las interfaces con el sistema GIS.

Formación de Recursos Humanos

El proyecto contempla la conformación de equipos de trabajo multisectoriales y multidisciplinares, donde se aproveche el alto grado de CONOCIMIENTOS ACADÉMICOS y CAPACIDAD DE DESARROLLO del grupo de investigadores y profesionales de la UTN FRM, LAS HABILIDADES Y EXPERIENCIA de los profesionales de EDESTE en el ámbito de la distribución de energía eléctrica y en el

management de proyectos ejecutivos complejos, y LA CAPACIDAD Y RESPALDO INSTITUCIONAL Y GUBERNAMENTAL de EMESA para el desarrollo energético provincial. En una etapa temprana se planea la incorporación de becarios doctorales (UTN) y de becarios graduados y alumnos.

Referencias

- [1] FITS 2013 UREE, FONARSEC, [online] www.agencia.mincyt.gov.ar/frontend/agencia/fondo/fonarsec. Consultado 13 de Marzo 2015.
- [2] Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica [online] www.agencia.mincyt.gov.ar/ Consultado 13 de Marzo 2015.
- [3] EDESTE S.A [online] www.edeste.com.ar Consultado 13 de Marzo 2015
- [4] EMESA S.A. [online] www.emesa.com.ar Consultado 13 de Marzo 2015
- [5] UTN FRM [online] www.frm.utn.edu.ar Consultado 13 de Marzo 2015.
- [6] US Energy Information Administration (EIA). International Energy Outlook 2014; EIA, Washington D.C., WA, USA, 2014.
- [7] R. Martinez-Sandoval, A.Garcia-Sanchez,F.Garcia-Sanchez,J.Garcia-Haro and D. Flynn "A Comprehensive WSN-Based Approach to Efficiently Manage a Smart Grid", Sensors Open Access Journal, October 2014
- [8] A. Ghia, A. del Rosso, “Reducción de Pérdidas en Sistemas de Transmisión y Distribución”, Cámara Argentina de la Construcción, 2013
- [9] U.S. Department of Energy, [online] www.oe.energy.gov. Consultado 12 de Marzo 2015
- [10] F. Rhi i A. I k hi, “ R s s as a Market Resource Under the Smart Grid Paradigm”, IEEE Trans. Smart Grid, June 2010.
- [11] Naguil J.L., Szewczuk O, Bahamode P.J., Argañaraz R., Orue J.L., Calafiore C.A.y Samela A., "REDES ELECTRICAS INTELIGENTES EN ARGENTINA", IV Congreso Nacional – Tercer Congreso Iberoamericano Hidrógeno y Fuentes Sustentables de Energía – HYFUSEN 2011
- [12] Xi Fang,Satyajayant Misra, Guoliang Xue and Dejun Yang "Smart Grid – The New and Improved Power Grid: A Survey", IEEE Communications Surveys & Tutorials, Vol. 14, NO. 4, Fourth Quarter 2012
- [13] et al – “Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación ‘Argentina Innovadora 2020’”, www.argentinainnovadora2020.mincyt.gov.ar [online] Consultado el 10 de Marzo 2015.