

SCADA SOCIAL, CONCEPTOS Y APLICACIONES PARA REDES DE DISTRIBUCION ELÉCTRICA

[Hermann Fuquen](#) Consultor en Innovación Tecnológica (COLINNOVACION)

Resumen — Se presenta una revisión al concepto de SCADA Social y su importancia en la introducción de sistemas de distribución de energía eléctrica para comunidades no interconectadas. Se revisa la implementación de tecnologías para la generación de energía eléctrica con recursos renovables y como puede llegar a ser viable la integración de estas tecnologías en comunidades aisladas a través del apropiamiento de la tecnología por la comunidad para el control y mantenimiento de los sistemas de generación y distribución. Se muestran casos en comunidades latinoamericanas aisladas que implementaron sistemas de generación eléctrica con fuentes renovables y se evidencia como el acceso a la energía eléctrica mejoraría la calidad de vida de las poblaciones y la posibilidad de realizar el mantenimiento y operación de estos sistemas en el largo plazo por la misma comunidad, gracias a sistemas de control como lo es el SCADA Social.

Palabras Clave — Micro redes, Sistemas de Supervisión, Control Eléctrico.

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas SCADA se define como un sistema computacional de adquisición de datos para la supervisión y control de plantas o equipos industriales. Estos sistemas permiten recolectar y analizar datos en tiempo real para tomar decisiones operativas y estratégicas. En la industria de generación y distribución eléctrica los sistemas SCADA son claves para el control y gestión de los procesos operativos, los cuales permiten la gestión eficiente de los mismos, aumentando la confiabilidad para el suministro del servicio de energía eléctrica.

Los sistemas SCADA convencionales están integrados por hardware (conocido como Unidad Terminal Remota – RTU) y software, por lo cual, requieren para su operación personal calificado y altamente entrenado (Jiménez-Estévez, Palma-Behnke, Ortiz, Núñez, & Silva, 2014).

Prácticamente todas las grandes empresas de generación y distribución eléctrica utilizan sistemas avanzados tipo SCADA de proveedores especializados para el control de sus centrales de energía (Al-Mofleh, Quteishat, & Salah, 2015). Sin embargo, en países en vías de desarrollo, estas grandes empresas atienden a consumidores ubicados principalmente en zonas urbanas o cercanas a ellas y buena parte de las comunidades ubicadas en zonas aisladas no cuentan con suministro eléctrico ya que no alcanzan a ser conectadas a las redes eléctricas existentes.

Para este tipo de comunidades aisladas, los sistemas de generación distribuida o Microrredes son una solución promisoría ya que permite la generación, almacenaje local y distribución de demandas eléctricas en varias locaciones al interconectar varias comunidades en redes eléctricas o permitir también su operación de modo aislado (Jimenez-Estevéz et al, 2014).

Para la operación de estas unidades de generación y consumo eléctrico de comunidades aisladas, se propone el uso de los

mismos conceptos de los sistemas SCADA tradicionales, pero con un componente social, aplicados a pequeñas comunidades principalmente rurales que permitan el control de los sistemas de generación y distribución por la propia población donde están instaladas las redes o equipos de generación eléctrica.

La apropiación del control de sus sistemas de generación y distribución eléctrica por la misma comunidad que se beneficia de esta infraestructura, permite viabilizar este tipo de proyectos que muchas veces es difícil de asumir completamente por empresas electrificadoras tradicionales, creando rápidamente capacidades en las comunidades de adaptación a los cambios, cuando se enfrentan al nuevo acceso del suministro eléctrico y reflexividad que se refiere a la capacidad de asumir cambios durante el proceso de definición del proyecto a implementar y durante la ejecución del mismo (Jiménez-Estévez G. , 2015).

Este artículo tiene como objetivo retomar algunos conceptos relacionados con los procesos y sistemas de SCADA de carácter social; en la siguiente sección se describirá en forma general la funcionalidad de los sistemas SCADA tradicionales, posteriormente se revisará el concepto e importancia de los sistemas de generación eléctrica renovable, posteriormente se revisará el concepto y aplicación de los sistemas de SCADA Social y algunos casos de aplicación de estos sistemas, cerrando este artículo con las conclusiones respectivas a esta revisión.

2. SISTEMAS SCADA

Los sistemas SCADA son ampliamente utilizados en la industria para el control supervisado y adquisición de datos de plantas industriales, especialmente para centrales de generación eléctrica, aunque también aplica a cualquier sistema industrial complejo como son plantas de producción de acero, fabricación de productos químicos y hasta instalaciones de desarrollo experimental o de investigación avanzada como plantas de fusión nuclear, por lo que puede estar enfocado a los sistemas de enfriamiento, ventilación avanzados entre otras aplicaciones (Daneels, 1999). Este tipo de sistemas no está destinado a manejar el control total de un sistema industrial, sino que enfatiza su utilización como elemento de supervisión. Por tanto, se compone principalmente de una herramienta de Software que es instalada como elemento central de los sistemas de información con interfaces con los controladores lógicos programables (PLC) u otros módulos de hardware comercial (Bailey, 2003)

Los sistemas SCADA se componen de dos capas, una es la capa de cliente que se encarga de la interacción con el humano que controla y supervisa el sistema y otra capa corresponde a la del servidor de datos que maneja en su mayoría el control del procesamiento de datos. Estos datos son obtenidos de los dispositivos controladores como los PLC y se conectan directamente o a través de redes o buses de datos los cuales pueden ser propietarios (como los desarrollados por Siemens) o no propietarios como los desarrollados por proveedores que permiten acceso abierto (Daneels, 1999).

También suelen ser sistemas que permiten escalabilidad para permitir al sistema de control añadir más variables de proceso, o servidores especializados y clientes. Esto permite tanto generar más fuentes de datos en sistemas supervisados o permitir su crecimiento en cuanto las capacidades industriales crecen o la necesidad de controlar un mayor número de variables es requerida. Adicionalmente, deben ser redundantes al nivel del servidor para asegurar la confiabilidad de la operación de supervisión en caso de fallas en los datos generados, la redundancia debe ser transparente para el usuario final o cliente (Daneels, 1999).

Para el usuario final el sistema SCADA debe permitir visualizar los parámetros de control de manera amigable a través de graficas de tendencias en tiempo real e históricos, así como el manejo y configuración de alarmas que permita la toma de decisiones rápida y los ajustes adecuados para optimizar la operación industrial, dejando el procesamiento de datos a los sistemas informáticos internos (Bailey, 2003).

3. FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE

Actualmente existen varias tecnologías para el desarrollo de proyectos de generación eléctrica basado en fuentes no convencionales de energía, como son la generación eólica, generación solar o hidráulica, todas ellas con buenos niveles de maduración tecnológica, adecuadas para distintos tipos de escalas de generación. Para determinar la pertinencia de utili-

zar alguna de estas tecnologías y su escala en poblaciones específicas es importante tener en cuenta los impactos de integración de fuentes renovables como se resume a continuación:

3.1. BENEFICIOS E IMPACTOS DE LA INTEGRACIÓN DE FUENTES RENOVABLES

Alrededor del tema de beneficios a ser obtenidos de la integración de fuentes no convencionales de energía renovable, diversas fuentes como como (Zahedi, 2011), (IDB, 2012) & (IRENA, 2016) plantean como tales beneficios que se centran en ejes de política de estado como son la seguridad energética, el logro de beneficios ambientales, la mitigación del cambio climático, la reducción de la contaminación del aire y mejoramiento de la salud pública, la generación de empleo, y en términos generales, el enganche hacia una senda de crecimiento económico sostenible y lo que ha de verse como un primer paso de acercamiento hacia la sostenibilidad del sector energético en el largo plazo (con una visión de 30, 50 y 100 años en el futuro).

El Centro de Investigación en Energía de Holanda - Energy Research Centre of the Netherlands - (ECN, 2014) establece cómo la magnitud de los impactos a ser considerados depende principalmente de factores particulares a cada sistema y cada caso como son:

- Los factores de carga y los niveles de penetración involucrados
- Los perfiles de generación de las fuentes variables integradas
- Las curvas de carga y su correlación con la generación a partir de fuentes variables
- La magnitud de la demanda pico
- El mix de generación
- El tamaño del área geográfica considerada y del área de balanceo
- Las conexiones de transmisión con otros países
- El diseño de las redes de distribución

En cuanto a los niveles de penetración involucrados en cada caso, diferentes autores (Georgilakis, 2006), (ECN, 2014), (IEA, 2014) & (Ueckerdt, Hirth, Luderer, & Edenhofer, 2014) coinciden en establecer una especie de regla general empírica que indica que a niveles bajos de penetración en términos de la generación anual del sistema (del orden de 2%, 3%) no suelen evidenciarse mayores impactos (caso del escenario supuesto por (UPME-BID, 2015) para Colombia), mientras que los efectos empiezan a notarse con niveles superiores en el orden de 5% a 10% y progresivamente van cobrando mayor relevancia cuando se alcanzan órdenes de penetración del 30% o 40% que son los máximos observados al día de hoy a nivel internacional (en promedio anual, no pico). Resulta relevante notar que a 2015 el país con mayor índice de penetración en materia de la participación de renovables variables en su producción de energía eléctrica es Dinamarca con un 42% de su electricidad generada a partir de energía eólica (The Guardian, 2016).

4. SCADA SOCIAL

En este sistema, se promueve el uso de la tecnología para el control y adquisición de datos, simplificando las interfaces hombre máquina, facilitando de esa manera el intercambio de información entre el sistema de micro-red y la comunidad (Jiménez-Estévez, Palma-Behnke, Ortiz, Núñez, & Silva, 2014). Este cambio de interfaz permite que las personas de la comunidad que van a operar el SCADA Social, puedan ser capacitados con un proceso de entrenamiento básico para interactuar con el sistema eléctrico de manera práctica.



Figura. 1. Componentes del Social SCADA
Fuente: (NÚÑEZ, ORTIZ, & PALMA-BEHNKE, 2013)

4.1. COMPONENTE SOCIAL

De la Figura 1 se puede ver que la comunidad en el modelo de Scada Social es el primer integrante; esta situación fue identificada a partir de la experiencia en proyectos realizados en comunidades para generación de energía, en la cual, la participación de la comunidad desde el inicio, particularmente en la toma de decisiones, permitiría lograr el éxito del proceso (Jiménez-Estévez G. , 2015). Se conforma a partir de la descripción realizada con la comunidad, relacionada tanto con las interacciones sociales requeridas, como los actores locales relevantes, particularmente identificados a partir de la información sobre el uso de la tierra y finalmente con la voluntad de las personas de la comunidad de participar en el proyecto (Jiménez-Estévez, Palma-Behnke, Ortiz, Núñez, & Silva, 2014).

Se requiere un proceso de adaptación en cada comunidad, dadas las particularidades de las diferentes zonas, por lo cual se debe diseñar un sistema que permita la evolución del SCADA convencional, a uno Social, que cumpla con características como: resiliencia, adaptación a la realidad de cada zona, diseñado para una escala pequeña de operación y para generar la mayor cantidad de beneficios a la comunidad. El diseño de este tipo de iniciativas requiere de la intervención de equipos multidisciplinarios (ingenieros y técnicos en áreas de electricidad, mecánica, diseño, informática, entre otros, así como especialistas en ciencias sociales y humanas tal como antropólogos, sociólogos entre otros) (NÚÑEZ, ORTIZ, & PALMA-BEHNKE, 2013).

Desde el punto de vista de los análisis y la ejecución del componente social, se requieren procesos de diagnóstico que permitan establecer desde el punto de vista técnico y humano, con el fin de conocer a fondo la comunidad y establecer los parámetros de intervención con la misma. Es necesario realizar la evaluación de los riesgos y las restricciones técnicas y humanas para la realización de este tipo de iniciativas, anticipando de esa manera la ejecución de los posibles aspectos que detengan el desarrollo de los proyectos. Por otro lado, se requiere establecer las necesidades de capacitación y los planes de largo plazo para el proceso que se implementa, así como los indicadores de desempeño, de tal forma que la comunidad sepa qué medir y como medir con respecto al sistema que se estaría implementando. (NÚÑEZ, ORTIZ, & PALMA-BEHNKE, 2013).

Jimenez-Estevéz et al (2014) indican que el componente técnico de un SCADA que hace parte de un Sistema Social SCADA, requiere de tres módulos diferentes a los de una herramienta convencional: Un módulo de supervisión que permite tanto el control como el continuo monitoreo de la microgrid, el cual cuenta con un mecanismo de comunicación que permite la participación de la comunidad en el sistema, así como de información de alertas y alarmas de mantenimiento tanto preventivo como correctivo.

Otro de los módulos corresponde al soporte para la toma de decisiones, que da apoyo a la comunidad con respecto a las acciones a realizar en el sistema. En tercer lugar, un módulo de optimización del despacho que ajusta los puntos críticos de la unidad de generación a través de cálculos, con el fin de mejorar el uso de los recursos naturales (Jiménez-Estévez, Palma-Behnke, Ortiz, Núñez, & Silva, 2014).

5. CASOS DE APLICACIÓN DE SISTEMAS DE SCADA SOCIAL

5.1. CASO EN HUATACONDO, CHILE

Uno de los casos más representativos es el proyecto presentado por Jimenez-Estévez et al, (2014) realizado con acompañamiento de la Universidad de Chile y su departamento de ingeniería eléctrica, con apoyo de estudiantes de las áreas de ingeniería de recursos naturales, geógrafos y expertos en sostenibilidad. En la comunidad de Huatacondo se desarrolló este caso de implementación de generación eléctrica con fuentes renovables de energía por ser una comunidad aislada en el desierto de Atacama al norte de Chile. Originalmente la comunidad solo contaba con 10 horas de electricidad al día que se proveía de un generador Diesel. Debido a los abundantes recursos renovables de la zona como los eólicos y solares, al contar con una de las radiaciones solares más altas encontradas en el continente, la aplicación de uso de energías renovables se presentó como una gran oportunidad para esta comunidad.

El sistema implementado incluye generación por paneles solares, generador eólico un banco de baterías y el generador Diesel. Por parte de la demanda de energía se contaba con cerca de 30 familias y un sistema de bombeo de agua para el abastecimiento de este recurso a la comunidad.

Durante la implementación de los sistemas se realizó la instalación de los equipos y la puesta a punto de los sistemas de generación con expertos en el área y la integración de varios miembros de la comunidad como el operador del sistema el cual se capacito y se integró desde los trabajos iniciales de instalación, interactuando continuamente con los expertos técnicos. También miembros de la comunidad se capacitaron en los procesos de mantenimiento necesarios para cada unidad de generación, así como los líderes de la comunidad se integraron en la definición e implementación del nuevo sistema de generación.

Un sistema computacional fue desarrollado para integrar todos los desarrollos y la operación del sistema basado en los conceptos de SCADA Social permitiendo a los habitantes de la comunidad estar al tanto del estado continuo del sistema de energía y permitir la toma de decisiones para la operación confiable del mismo.

Después de un año de operación del sistema, la comunidad ha aceptado en gran parte el nuevo sistema de generación detallando que el 73% de las personas de la comunidad creen que el proyecto ha traído beneficios positivos a la comunidad, permitiendo el desarrollo de nuevos proyectos productivos en la comunidad (Jiménez-Estévez, Palma-Behnke, Ortiz, Núñez, & Silva, 2014).

5.2. CASO EN SAN JOSÉ DEL COCA, ECUADOR

Este proyecto favoreció a la comunidad Kichwa del Ecuador que cuenta con 54 familias, un centro de salud, una escuela con secundaria y un centro comunitario. El proyecto contempla la utilización de una turbina hidro cinética y paneles solares, aprovechando los recursos naturales que contaba la zona. Las tecnologías usadas permitieron desarrollar en la población capacidades técnicas y de gestión empoderando a los usuarios finales. El proyecto se instaló en el 2010 y ha sido beneficioso no solo para mejorar las condiciones socioeconómicas de la población sino para promover proyectos adicionales en términos de transferencia tecnológica, auto-gestión y entrenamiento técnico en la región amazónica ecuatoriana (López-González, 2016).

La caracterización social de la comunidad fue realizada por un equipo de expertos, al igual que la valoración de las demandas y recursos de energía. En detalle se identificó el potencial para la generación eléctrica con recursos renovables por lo que se concluyó que la primera solución se basaría en una microrred usando el potencial hidro-cinético del río Coca. Las turbinas hidro cinéticas fueron adaptadas a las condiciones del río realizando simplificaciones tecnológicas a las mismas, aprovechando la energía cinética de los ríos lentos. Estas turbinas fueron inspiradas a las diseñadas por Peter Garman la cual fue aplicada a la comunidad del Paraíso, una comuni-

dad Amazónica Peruana. La posibilidad de usar energía eólica fue descartada por el bajo potencial de vientos de la zona, igualmente se verificó el potencial solar el cual fue el esperado según los datos globales de radiación solar para la zona (López-González, 2016).

Posteriormente, se instalaron dos turbinas adicionales en el mismo lugar, y la generación de electricidad se complementó con seis paneles fotovoltaicos de 100 Wp. Inicialmente, la microrred fue concebida para suministrar electricidad solo a los espacios comunitarios, pero luego de la expansión en la capacidad de generación, la red se extendió a las casas cercanas. La microrred funciona de tal manera que todos los generadores proporcionan alimentación de DC a un bus común que suministra baterías a 24 V. La potencia de DC se transforma luego en AC a través de un inversor trifásico que alimenta un transformador para transmitir potencia hasta San José del Coca, a un kilómetro de distancia del río Coca. Una vez allí, un segundo transformador vuelve a conectarse, para su distribución a los usuarios finales siguiendo un esquema radial (López-González, 2016).

Se realizaron varias entrevistas a los miembros de la comunidad y se realizaron varios talleres para promover y socializar el proyecto en la comunidad. Estos trabajos estuvieron a cargo de sociólogos que permitieron que miembros de la comunidad hicieran parte de los trabajos operativos y el mantenimiento de la microrred (López-González, 2016).

5.3. CASO EN DESARROLLO EN LA GUAJIRA, COLOMBIA

Se está desarrollando por ISAGEN junto a la Universidad de los Andes un proyecto para el desarrollo de las energías renovables en el departamento de la Guajira en Colombia. El proyecto se denomina parque eólico Guajira I y II, donde bajo estrecha relación con las comunidades para que las mismas sean las que operen las microrredes a ser desarrolladas bajo los conceptos de SCADA Social. La primera etapa del proyecto implementar un parque eólico de capacidad de 20MW y la segunda parte espera desarrollar un parque para generación de 376 MW (ISAGEN, 2016).

6. CONCLUSIONES

La implementación de sistemas de generación eléctrica con fuentes renovables de energía es una realidad para el contexto colombiano y latinoamericano que debe ser fomentado a través de una política pública sólida que permita que otras comunidades aun no interconectadas tengan acceso a un recurso vital como es la energía eléctrica basada en fuentes renovables.

Aunque las soluciones implementadas en varias regiones para comunidades aisladas han demostrado el potencial de la tecnología, aún falta trabajar en políticas públicas que permitan el fomento de estos sistemas de generación basados en metodologías de control como el descrito SCADA Social para que la comunidad se integre al control y manteniendo de los sistemas de generación y distribución.

Se debe trabajar en el desarrollo de equipos para generación de fuentes renovables con capacidades locales como ya se ha realizado en Brasil y Ecuador, que permita la adaptación de los mismos a las realidades locales de las comunidades, así como de la infraestructura para transporte y control de la generación. Esto con el doble propósito de contar con independencia tecnológica en los países latinoamericanos y para generar capacidades propias para la realización del mantenimiento y gestión de los sistemas de generación. Se evidencia que debe estrecharse los lazos entre entidades universitarias locales con los proyectos comunitarios para lograr un mejor desarrollo de equipos e infraestructura con ingeniería aplicada proveniente de las comunidades académicas regionales.

Las políticas públicas que se implementen para el fomento de este tipo de soluciones de generación eléctrica renovable deben ser coherentes con la realidad de las comunidades aisladas para fomentar la inversión a través de distintos tipos de instrumentos. De esta manera se esperaría que agentes privados y públicos puedan ahondar esfuerzos para implementar este tipo de soluciones que sean económicamente atractivas para todos los actores involucrados y traigan el bienestar deseado a las comunidades que se beneficien de dichos proyectos.

BIBLIOGRAFÍA

- Al-Mofleh, A., Quteishat, A., & Salah, W. (2015). The Malaysian Energy Scenario and the Need for a SCADA System. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 381-387.
- Bailey, D. &. (2003). *Practical SCADA for industry*. Newnes.
- Daneels, A. S. (1999). What is SCADA? *International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems*, (págs. 339-343). Trieste, Italy.
- ISAGEN. (2016). *Gestión del Crecimiento*. Medellín: Isagen. Recuperado el 11 de 08 de 2016, de https://www.isagen.com.co/SitioWeb/html/informe-de-gestion/2016/pdf/Gestion_crecimiento.pdf
- Jiménez-Estévez, G. (2015). Micro-redes: Modelo de desarrollo y operación de micro-redes con alta penetración de energía solar y relación con comunidades urbanas y rurales. *Enersol PRIMER FORO SOLAR 2015*, (pág. 37). Recuperado el 2016, de Sitio Web del SERC - Chile: <http://serc.cl/wp-content/uploads/2015/10/5-GUILLERMO-JIMÉNEZ-Micro-grids-Gjimenez-133873.pdf>
- Jiménez-Estévez, G., Palma-Behnke, R., Ortiz, D., Núñez, O., & Silva, C. (2014). It Takes a Village. *IEEE power & energy magazine*, 60-69.
- López-González, A. D.-H.-M. (2016). *Draft - Renewable microgrid projects for autonomous small-scale electrification in Andean countries*. Universitat Politècnica de Catalunya, Ingeniería Mecánica. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya. Recuperado el 05 de 11 de 2016, de <https://em.upc.edu/ca/noticies/nou-article-publicat-renewable-microgrid-projects-for-autonomous-small-scale-electrification-in-andean-countries>
- NÚÑEZ, O., ORTIZ, D., & PALMA-BEHNKE, R. (2013). MICRORREDES EN LA RED ELÉCTRICA DEL FUTURO --- CASO HUATACONDO. *Ciencia y Tecnología*, 1-16.

INNOVACION