

## Introducción al concepto de microrredes



Raúl Velázquez Sánchez, Héctor G. Sarmiento Uruchurtu, José L. Silva Farías, Gilberto Vidrio López y Rolando Nieva Gómez

### Introducción

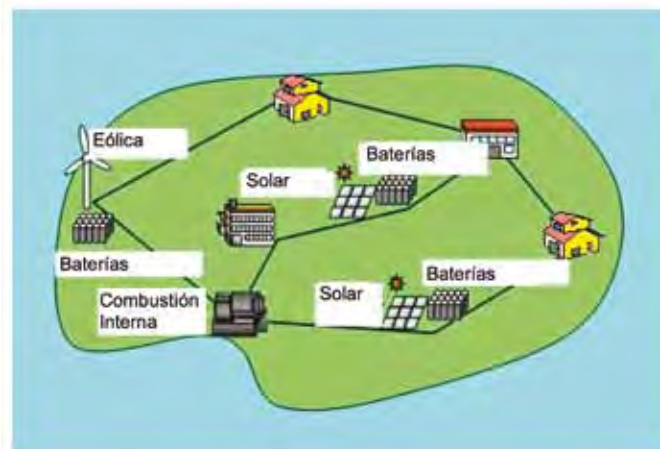
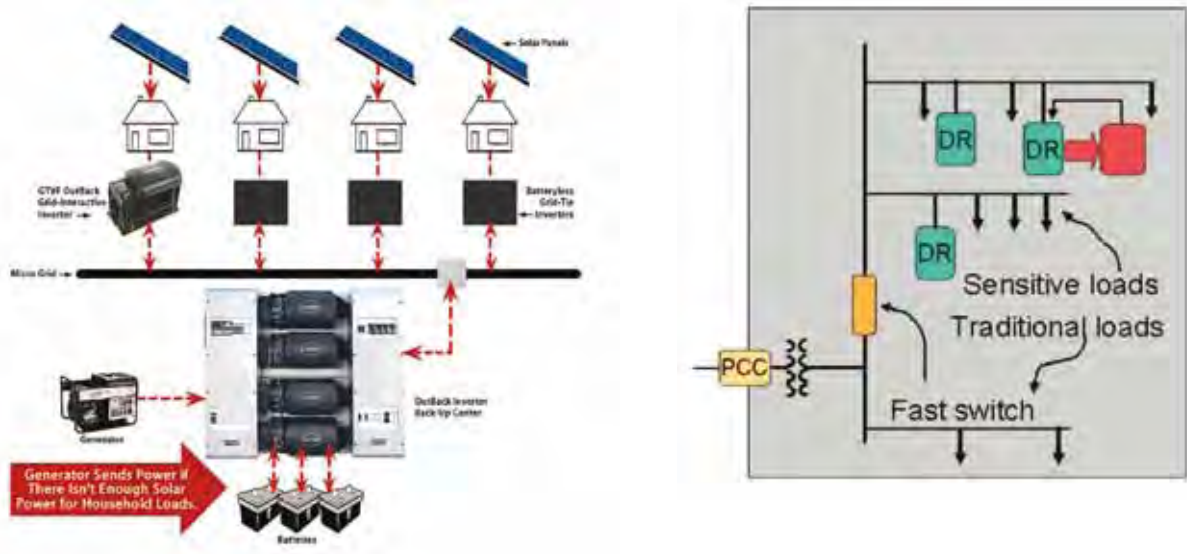
La arquitectura fundamental de la red eléctrica actual, vertical en su operación (generación-transmisión-distribución) y con flujos de energía unidireccionales ha empezado a sufrir cambios, resultado de nuevas tecnologías participantes en la generación de energía eléctrica y de avances en las tecnologías de información y comunicaciones.

### ¿Qué es una microrred?

Una microrred se ha conceptualizado como una red eléctrica integrada, que utiliza fuentes de energía distribuidas (en su mayoría renovables) y, generalmente, dispositivos de almacenamiento de energía para suministrar la demanda en forma local (figura 1). Normalmente, la microrred opera conectada al sistema eléctrico de la empresa suministradora, pero con la capacidad de autoabastecerse y operar de forma aislada cuando sea necesario, para aumentar la confiabilidad de suministro a la carga local.

La microrred proporciona beneficios a los usuarios en cuanto a confiabilidad y calidad del servicio, no disponibles en la red principal, así como beneficios a la empresa suministradora al resolver problemas de sobrecargas en sus instalaciones.

Figura 1. Concepto de microrred.



La microrred se enmarca en un concepto más amplio que se ha denominado 'red inteligente' ('smart grid' -en inglés), y tiene como antecedente las instalaciones eléctricas en donde la pérdida de energía sería catastrófica (hospitales, centros comerciales, centros de datos, etc.). Al perder el suministro de la red principal en estas instalaciones, se conecta generación a base de turbinas de gas o diesel. La diferencia principal con el concepto de microrred es que ésta tiene la capacidad, mediante tecnologías de comunicación y cómputo, para operar en forma autónoma, ya sea aislada o en coordinación con la red de la empresa suministradora, así como la posibilidad de vender sus excedentes de energía a la empresa suministradora.

## Elementos críticos en una microrred

La microrred proporciona beneficios a los usuarios en cuanto a confiabilidad y calidad del servicio, no disponibles en la red principal, así como beneficios a la empresa suministradora al resolver problemas de sobrecargas en sus instalaciones. Los objetivos de una microrred son el maximizar el uso y la capacidad de los activos de generación, mediante la inteligencia construida en ella, para así incrementar las eficiencias y minimizar los costos. El núcleo principal en la microrred es un sistema de tecnologías de la información, que permite la organización y el control de la red eléctrica como un ente único y una infraestructura de medición avanzada en las instalaciones de los usuarios.

En paralelo a las tecnologías de la información, uno de los motores principales para la realización del concepto de microrred, ha sido el desarrollo de inversores que enlazan las fuentes que generan en corriente directa (CD), así como dispositivos de almacenamiento a la microrred que opera en corriente alterna (CA) y con el sistema eléctrico principal, manteniendo la operación de la microrred aún cuando la red principal sufra una falla.

## Elementos principales que conforman una microrred

### Inversores

Un inversor típicamente convierte la corriente directa (CD) a corriente alterna (CA), por ejemplo, en la salida de un panel solar para su utilización en residencias, comercios, etc. Por norma (IEEE P1547), el inversor desconecta el panel cuando sensa que la red eléctrica principal ha salido de operación, para evitar la operación en isla de redes que no están planeadas para tal condición. Sin embargo, dentro del concepto de la microrred, la función de la nueva generación de inversores deberá mantenerse conectada cuando la infraestructura que conforma la microrred se desconecta de la red principal y participa para mantener la microrred operando como isla.

En el IEEE se está trabajando, dentro de la misma norma IEEE P1547, en el desarrollo de protocolos para que la separación de la microrred con la red eléctrica principal se haga en forma segura. Esta parte de la norma conformará una guía para el diseño, integración y operación de microrredes (sistemas en isla).

En el sitio de pruebas de la empresa *American Electric Power* en East Busco, Estados Unidos, se ha tenido éxito con los inversores utilizados en aislar la microrred, después de una salida no planeada de la red principal.

En un concepto alternativo de microrred, en la ciudad de Stamford, Connecticut, Estados Unidos se desarrolla un proyecto en el que se eliminan estos problemas de interconexión con la red principal, ya que la microrred sólo compra energía de la empresa de distribución.

### Tecnologías de la información

Las tecnologías de la información en el concepto de la microrred permitirán un gran número de aplicaciones (muchas de ellas nuevas), tanto para el consumidor como para la empresa suministradora. Dentro de estas tecnologías, las principales se refieren a:

- Comunicaciones integradas, interfases mejoradas.
- Tecnologías de detección, medición y diagnóstico.

Los objetivos de estas tecnologías son:

- Robustecer y automatizar la red, mejorando su operación, los índices de calidad y las pérdidas en la misma.
- Informar al consumidor en tiempo real sobre el uso y el costo de la energía eléctrica.
- Optimizar la conexión de las fuentes de energía renovable.
- Desarrollar arquitecturas de generación descentralizadas, permitiendo el funcionamiento de instalaciones de menor tamaño en armonía con el sistema.
- Mejorar la integración de la generación intermitente y de nuevas tecnologías de almacenamiento de energía.
- Gestionar activamente la demanda, permitiendo que los consumidores hagan uso eficiente de sus consumos.
- Posibilitar la penetración del vehículo eléctrico, acomodando estas nuevas cargas móviles y dispersas a la red, habilitando las funcionalidades de almacenamiento de energía que poseen.

### Medidores inteligentes

La Infraestructura de Medición Avanzada o AMI, como se le conoce en inglés, consiste de medidores digitales de estado sólido, con comunicación de dos vías entre el medidor y la empresa suministradora.

La información sobre el consumo permite conocer cómo se utiliza la energía dentro del hogar o negocio, cuánto cuesta y cuál es el impacto ambiental que esto representa.

Los medidores inteligentes ayudarán a detectar apagones y restablecer el servicio eléctrico más rápido, produciendo los siguientes beneficios:

- Ahorro de energía y dinero
- Mayor privacidad
- Ubicación rápida de fallas
- Reducción del impacto ambiental

### Dispositivo de seccionamiento

Se encarga de proveer alta velocidad de separación entre la microrred y la red principal. Dependiendo de la tensión, la velocidad deseada y la corriente de falla, este dispositivo puede ser desde un interruptor termomagnético, hasta un interruptor estático de alta velocidad.

## Recursos distribuidos (generación y almacenamiento de energía)

Grupo de fuentes de energía que se pueden conectar a la red principal, pero que pueden funcionar en forma autónoma. Fuentes renovables como solar y viento, microturbinas, celdas de combustible, esquemas de cogeneración y tecnologías de almacenamiento.

Figura 2. Paneles solares en casa habitación.



### Control y manejo de la microrred

Se encarga de mantener la tensión y la frecuencia dentro de sus límites, así como el control operacional y el despacho dentro de la microrred.

### Protección

Las protecciones en la microrred deben coordinar con los esquemas de la red principal y proteger los diferentes elementos cuando opera en condiciones de isla.

## Microrredes piloto

Aquí se describen algunas instalaciones piloto bajo el concepto de microrred. Se hace la aclaración de que sólo es una pequeña muestra de las actividades que en esta área se han intensificado recientemente, principalmente en los continentes americano y europeo.

### Kythnos, Grecia

Esta microrred consta de los siguientes elementos principales (figura 3):

- Carga: 12 casas conectadas de forma monofásica a la red de 230 V de CA.
- Generación: 5 unidades fotovoltaicas (PV) conectadas de forma estándar a la red por inversores, un generador diesel de 9kVA.
- Almacenamiento: Batería (60 V, 52 kWh) a través de 3 inversores bidireccionales operando en paralelo.
- Monitoreo: Equipo de registro de datos.

Figura 3. Uno de los ejemplos de microrredes en operación, en Grecia.



### Mannheim, Alemania

Elementos principales:

- 480 hogares.
- Cinco sistemas PV instalados.
- Una planta de potencia y calor instalada.

### Parque Bronsberger, Holanda

Elementos principales:

- 108 casas con paneles solares.
- Dos bancos de baterías como almacenamiento de energía para la demanda pico.
- Un centro de despacho y equipo de medición que controla el intercambio de energía entre la microrred y la red de distribución.

### SmartGridCity, Estados Unidos

El proyecto de SmartGridCity incluye la automatización de tres de las cuatro subestaciones de distribución (*Public Service Co.*), cuatro alimentadores de potencia con equipo supervisorio y otros 23 alimentadores que presentan irregularidades de voltaje. Aproximadamente 200 millas de cable de fibra óptica, 4,600 transformadores residenciales y de pequeñas empresas, y casi 16,000 medidores inteligentes se conectaron al sistema de la red inteligente.

Principales características

- Banda ancha en las líneas de potencia.
- Comunicación bidireccional.
- Monitores y relevadores inteligentes en las subestaciones.
- Monitores en transformadores, interruptores de circuito y restauradores.

## Conclusiones

Se estima que en los próximos cinco años se tendrá una capacidad de 3 gigawatts (GW) en nuevas microrredes, en Norteamérica, Europa y Asia. En Norteamérica serán en su mayoría de tipo institucional (hospitales, universidades), mientras que en Europa serán de tipo comunitario.

Otros desarrollos servirán como motores para el uso extendido de las microrredes. Por ejemplo, un almacenamiento de energía económico dentro de la microrred para respaldo de emergencia y de la generación intermitente. Indudablemente, otro motor será una reducción de costos en la generación de fuentes renovables.

En la actualidad, las principales barreras a vencer en el concepto de la microrred son:

- Alto costo de las tecnologías involucradas.
- Falta de normas para la interoperabilidad de los equipos.
- Lograr la participación activa de los consumidores, mediante beneficios tangibles para ellos.

### RAÚL VELÁZQUEZ SÁNCHEZ [rvs@iie.org.mx]

Ingeniero Electricista por la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME), del Instituto Politécnico Nacional (IPN) en 1974. Maestro en Sistemas Eléctricos de Potencia en la Sección de Graduados e Investigación de la misma ESIME en 1978. Doctor en Filosofía por la Universidad de Montreal, Canadá en 1984. Ingresó al IIE en 1977, donde integró un grupo de especialistas sobre diseño de líneas de transmisión, subestaciones eléctricas y redes de distribución, grupo que hasta la fecha constituye la base de la Gerencia de Transmisión y Distribución del propio Instituto, de la que es el actual Gerente. Fue profesor titular B de medio tiempo de la Sección de Graduados e Investigación de la ESIME. Es autor de manuales de diseño de líneas de transmisión que operan en regiones de alta incidencia de tormentas eléctricas y de redes de tierra en subestaciones. Es coautor y editor del manual de operación de la Subdirección de Transmisión, Transformación y Control de la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Entre 1980 y 1992 fue miembro de los Grupos de Trabajo encargados de las Guías 80 y 81 del IEEE (Instituto de Ingenieros en Electricidad y Electrónica), relativas al diseño y medición de Sistemas de Conexión a Tierra de Redes Eléctricas. Es autor de más de 50 publicaciones nacionales e internacionales en los temas de su interés y ha sido director de más de 15 tesis de Licenciatura y Maestría. Es miembro distinguido del IEEE con sede en Nueva York.

## Referencias

*A Smart 'Microgrid' for our Energy Future*, julio 2009, disponible en [www.chelseagreen.com](http://www.chelseagreen.com)

C. Marnay, O.C. Bailey, *The CERTS Microgrid and the Future of the Macrogrid*, ACEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, Pacific Grove, CA, EUA, agosto 2004.

J. Berst, *Macrotrends point to Microgrids*, noviembre 2006, disponible en [www.smartgridnews.com](http://www.smartgridnews.com)

S. Rahman, *An introduction to Microgrids for Integrated Distributed Generation and Energy Efficiency Applications*, APSCOM Conf., Hong Kong, noviembre 2009.

### HÉCTOR GERARDO SARMIENTO URUCHURTU [hsu@iie.org.mx]

Ingeniero Mecánico y Eléctrico por la Universidad Iberoamericana, México. Maestría en Sistemas Eléctricos de Potencia por el Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, Nueva York, Estados Unidos. Doctorado en Ingeniería Eléctrica por la Concordia University, Montreal, Quebec, Canadá. Ha sido profesor de cátedra en la Universidad Iberoamericana, en la División de Posgrado de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) campus Cuernavaca. Ingresó al IIE en 1978, donde se ha desempeñado como Jefe de Departamento, coordinador de especialidad y Jefe de Proyecto en las áreas de diseño, planeación y operación de sistemas eléctricos. Miembro Senior del IEEE, Miembro de CIGRÉ. Integrante del Grupo de trabajo del Consejo Mundial de Energía sobre Interconectividad Eléctrica Transfronteriza. Grupo de trabajo del IEEE sobre normalización de capacitores serie controlados por tiristores. Grupo de trabajo de CIGRÉ, relacionado con el diseño de sistemas eléctricos en ausencia de restricciones. Autor principal de patentes en trámite sobre "Metodología aplicada a la estabilidad de voltaje en grandes sistemas eléctricos" y sobre "Limitador de corriente resonante para redes de distribución". Autor de más de 50 artículos técnicos internacionales. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI).

**JOSÉ LUIS SILVA FARIÁS** [jlsilva@iie.org.mx]

Ingeniero Electricista egresado de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH) en 1982. Maestro en Ingeniería, con la especialidad de Sistemas Eléctricos de Potencia por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), Campus Monterrey en 1989. En 1982 ingresó a la División Centro Occidente de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), donde participó en la construcción y puesta en servicio de subestaciones de distribución. Ingresó al IIE en 1985. Sus principales tópicos de investigación son: La protección contra sobrecorrientes en sistemas eléctricos industriales y de empresas eléctricas; protección de redes eléctricas de alto y extra alto voltaje; confiabilidad en redes de distribución y aspectos económicos relacionados, y estudios en sistemas eléctricos de distribución. Ha participado y dirigido proyectos para Petróleos Mexicanos (PEMEX), y la CFE.



De izquierda a derecha: José Luis Silva Farías, Héctor Gerardo Sarmiento Uruchurtu y Raúl Velázquez Sánchez.

**GILBERTO VIDRIO LÓPEZ** [vidrio@iie.org.mx]

Ver currículum en la pág. 101.

**ROLANDO NIEVA GÓMEZ** [rnieva@iie.org.mx]

Ingeniero Mecánico Electricista por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) en 1973 y Doctor en Ingeniería Eléctrica por la Universidad de Alberta, Canadá en 1979. Ingresó al Instituto de Investigaciones Eléctricas en 1979, donde se desempeñó como investigador, jefe de proyecto, coordinador de especialidad y Gerente de Análisis de Redes. Ha dirigido el desarrollo de *software* especializado para el análisis, la simulación, la operación, la planeación de la operación y de la expansión de los sistemas de energía eléctrica. En 1998 recibió la distinción: "*IEEE PES Chapter Outstanding Engineer Award*", reconocimiento otorgado por la IEEE Power Engineering Society, por sus contribuciones a la planeación y operación económica de sistemas de energía eléctrica. Ha recibido reconocimientos por asesorar la elaboración de cinco trabajos de tesis merecedoras de premio en los certámenes nacionales de tesis de ingeniería en México, en el área de sistemas eléctricos de potencia. Perteneció al Sistema Nacional de Investigadores (SNI), recibiendo los siguientes nombramientos: Candidato a Investigador (1985-1988), Investigador Nacional Nivel I (1988-1991), Nivel II (1991-1997) y Nivel I (1997-2000). Desde 2008 es Director de la División de Sistemas Eléctricos.

