Redes inteligentes de distribución de energía eléctrica

Dr. Ing. Alberto Vargas
Dr. Ing. Francisco Garcés
INSTITUTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA-CONICET-UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN JUAN

Introducción

Desde la introducción de los sistemas de suministro masivo de electricidad a consumidores finales, las tecnologías utilizadas y los esquemas constructivos y organizativos de los sistemas permanecieron inalterados durante aproximadamente un siglo, desde el último cuarto del siglo XIX hasta finales del siglo XX. Estos sistemas estuvieron basados en la generación de electricidad mediante grandes generadores impulsados por máquinas térmicas o hidráulicas, transporte de energía a grandes distancias desde los centros de producción hasta los centros de consumo mediante extensos sistemas de transmisión de electricidad en alta tensión y distribución de la electricidad a los consumidores finales mediante redes de distribución en media y baja tensión. Usualmente la estructura empresaria del sector estaba basada en esquemas verticalmente integrados con empresas que abarcaban todas las etapas, desde la generación y la transmisión de grandes volúmenes de energía eléctrica hasta la distribución a consumidores finales. Se trataba de un servicio monopólico regulado por el estado.

Hacia fines del siglo XX, la exitosa desregulación de otros sectores de la economía, tales como el aeronáutico y el de telecomunicaciones, condujo a la introducción de reformas en la estructura organizativa de los sistemas eléctricos, separando las actividades de generación, transmisión y distribución, adoptando para algunos sectores del suministro de electricidad estructuras de mercados competitivos y manteniendo los sectores vinculados a redes, como transmisión y distribución, como servicios monopólicos regulados.

También desde finales del siglo XX se observa una introducción creciente de generación de electricidad a partir de energías primarias renovables no convencionales, particularmente eólica y fotovoltaica, que en algunos países ha alcanzado ya características masivas. Adicionalmente, los rápidos y grandes progresos en las tecnologías de información, de medición, de comunicación, de electrónica de potencia y de almacenamiento de electricidad, están produciendo cambios que seguramente harán que en el futuro cercano los sistemas de distribución de energía eléctrica serán muy distintos de los que hemos conocido hasta ahora.

Básicamente, se puede pensar que las futuras redes de distribución de electricidad estarán caracterizadas por lo siguiente:

- Generación distribuida basada en energías primarias renovables alimentando en las redes de distribución.
- Dispositivos de medición inteligentes generando gran cantidad de datos que, adecuadamente procesados se pueden convertir en información de gran valor, tanto para las empresas distribuidoras como para los consumidores finales.

- Sistemas de comunicación que permitirán a distribuidoras y usuarios contar con la información necesaria para optimizar la operación maximizando el beneficio social.
- Sistemas de almacenamiento de energía eléctrica distribuidos.
- Vehículos eléctricos que, además de ser consumidores de electricidad, pueden ser empleados como almacenadores cuando no son empleados para la movilidad.
- Usuarios que disponen de información y facilidades tecnológicas que les permiten optimizar sus consumos y eventual provisión de energía a la red cuando disponen de generación propia.
- Microrredes eléctricas activas que eventualmente en casos de fallas pueden funcionar de manera autónoma, incrementando la confiabilidad.

Con estas nuevas condiciones, será posible optimizar la planificación y operación de redes de distribución de electricidad, que en virtud de estar dotadas de dispositivos capaces de tomar decisiones inteligentes, son llamadas redes inteligentes de distribución (RID). De esta manera se podrá reducir los costos de la electricidad, incrementar la seguridad de operación y la confiabilidad del suministro y disminuir el impacto climático de la generación de electricidad.

La transición desde las redes de distribución convencionales hacia las RID

Es claro que la transformación de las actuales redes de distribución en las futuras redes inteligentes requiere grandes inversiones, soluciones tecnológicas avanzadas, aunque a menudo basadas en nuevas aplicaciones de tecnologías ya existentes, nuevas formas de organización del suministro de electricidad y nuevos marcos regulatorios. Evidentemente, esta transformación, que implica importantes cambios de paradigmas en el suministro eléctrico, necesitará tiempo y mucho esfuerzo de investigación aplicada. Percibiendo esta realidad, el Instituto de Energía Eléctrica (IEE), ha definido como una de sus líneas estratégicas de investigación la referida a las redes inteligentes de distribución de energía eléctrica.

En este marco, el IEE se propone formular un marco conceptual, establecer una hoja de ruta para la transformación de las redes actuales en las futuras RID, y realizar investigación aplicada para analizar posibles estructuras de organización del mercado de energía local, desarrollar funcionalidades respecto de la operación y control de las RID para el futuro de mediano y largo plazo, teniendo en cuenta la gran complejidad del problema y el estado de desarrollo actual de los sistemas latinoamericanos.

Considerando los principales problemas científico-tecnológicos involucrados en el desarrollo de RID y en su propia experiencia, el proyecto del IEE tiene los siguientes objetivos específicos:

Caracterización de las actuales redes de distribución de electricidad, elaboración de un marco conceptual para las futuras RID y de una hoja de ruta para la transición tecnológica de las redes actuales hacia las RID. Esta tarea comprende el análisis de la estructura de las redes actuales, sus modalidades para planificar el crecimiento y la operación, los esquemas de explotación comercial y los marcos regulatorios, estimando las características principales de las futuras RID y permitiendo definir un proceso de transición, estableciendo hitos tecnológicos, determinando tiempo y características de las transformaciones.

*Desarrollo e implementación de metodologías y aplicaciones para la planificación estratégica e integral de largo plazo de RID, considerando como punto de partida las actuales redes de distribución, las redes de sub-transmisión, la generación distribuida con recursos renovables y almacenamiento de energía.*Comprende la investigación, desarrollo e implementación de herramientas computacionales(software) para la planificación del crecimiento de sistemas de suministro eléctrico a nivel de las empresas distribuidoras, considerando el estudio de operación óptima y los requerimientos de seguridad de operación y confiabilidad de las RID.

*Desarrollo e implementación de modelos, algoritmos y aplicaciones para la predicción de estados de operación de RID.*Comprende supervisión, monitoreo e inferencia del estado eléctrico de las RID, considerando el continuo cambio de escenarios de generación-demanda. La estimación del estado eléctrico requiere la disponibilidad de mediciones y seudomediciones suficientes para garantizar la observabilidad de las redes. Las aplicaciones deben permitir el control en tiempo real de las variables de estado para garantizar un funcionamiento seguro, eficiente y confiable.

Desarrollo e implementación de modelos y algoritmos para despacho económico de corto plazo de RID considerando calidad de servicio premium. Esta tarea se propone extender el concepto de despacho económico al caso RID de la empresa distribuidora (mercado local) o a una microrred parte de la misma RID considerando estándares superiores de calidad de servicio, generación distribuida con recursos renovables, almacenamiento de energía y un rol activo de la demanda.

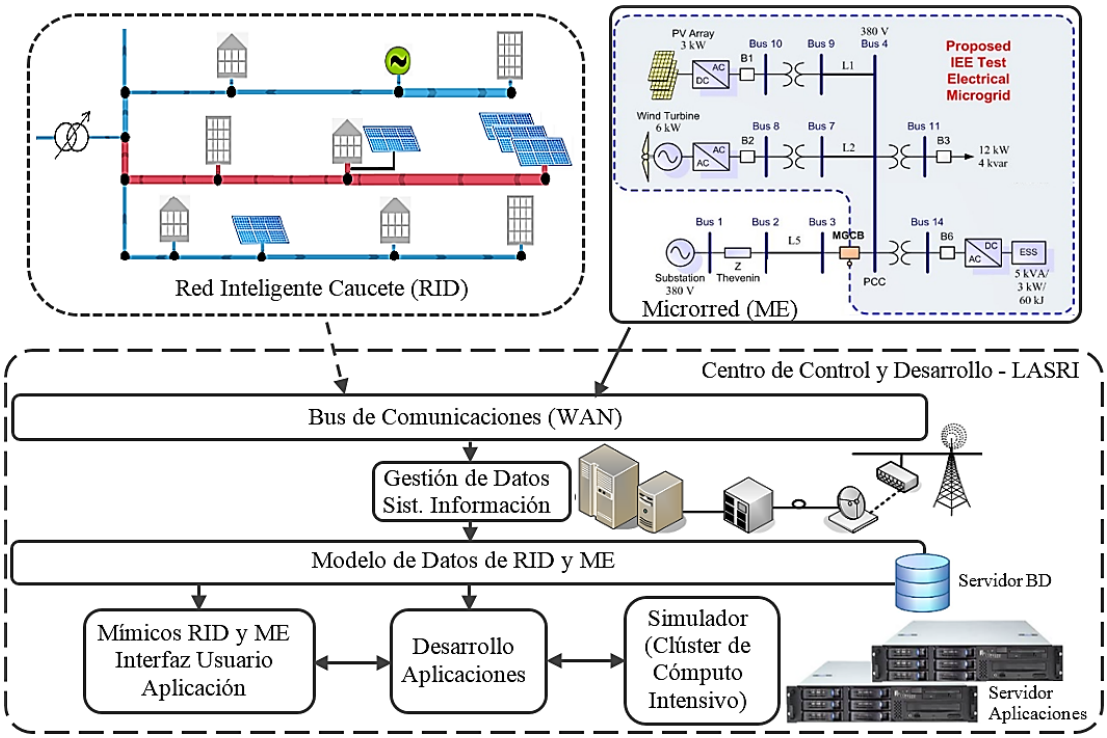
*Desarrollo e implementación de metodologías, algoritmos y software para la tarificación dinámica y gestión de los recursos energéticos distribuidos en RID.*Estas herramientas permitirán definir tarifas óptimas para las próximas 24 horas desde el punto de vista social, realizando una gestión económica de mínimos costos y considerando la interacción de la demanda activa (flexible) y la RID de la empresa distribuidora.

Desarrollo e implementación de sistemas de recursos energéticos distribuidos para redes de distribución activas y microrredes eléctricas. El objetivo es desarrollar recursos energéticos distribuidos, constituidos por generación distribuida basada en energías renovables y almacenadores de energía, incluyendo modelos y algoritmos de control que permitan una operación segura y eficiente de la RID.

*Diseño e implementación de un laboratorio integral de RID con equipamiento físico y virtual.*Este Laboratorio Analizador–Simulador de Redes Inteligentes (LASRI)constituirá una herramienta imprescindible y de múltiples aplicaciones básicas y complejas que servirá de soporte para el desarrollo y prueba de software, diseño y pruebas de componentes y desarrollo de estudios vinculados a los objetivos enumerados previamente.

El Laboratorio Analizador-Simulador de Redes Inteligentes (LASRI)

El LASRI estará conformado esencialmente con dispositivos tecnológicos propios de RID, además de numerosas aplicaciones computacionales en distintos niveles. Funcionalmente el laboratorio constará de tres partes esenciales, un prototipo de red inteligente, una microrred eléctrica y un centro de control y desarrollo, como se describe a continuación y se esquematiza en la Figura.



i. Red Inteligente Caucete (RID): en base a un acuerdo entre el IEE y la Distribuidora de Electricidad de Caucete, DECSA, se encuentra en proceso de desarrollo la "red inteligente piloto" de la Ciudad de Caucete, San Juan. Se instalará en ella un sistema de telemedición inteligente (AMI) junto con generación fotovoltaica distribuida, enviando todos sus datos al "centro de control" del LASRI que estará en las instalaciones físicas del IEE, a 30 km de Caucete.

ii. Microrred Eléctrica (ME): en las instalaciones del IEE, como parte del actual laboratorio de Sistemas Eléctricos de Potencia y Energías Alternativas (SEPEA), se implementará una microrred eléctrica (ME). Esta ME se conectará en baja tensión al distribuidor en media tensión principal del laboratorio SEPEA y contará con micro generación fotovoltaica y eólica como fuentes de generación distribuida, y baterías de química de litio como sistema de almacenamiento. Esta microrred permitirá ensayar y validar diferentes estrategias de gestión de energía, integrando unidades de generación distribuida, cargas controlables y almacenamiento de energía, de manera que pueda demostrarse la viabilidad técnica y económica de este tipo de soluciones en entornos reales. Por su parte, la gestión inteligente de sistemas de recursos energéticos distribuidos permitirá la optimización de la generación de energía renovable, reducir el consumo de energía de pico y las pérdidas energéticas por distribución, entre otros aportes.

iii. Centro de Control y Desarrollo: el propio centro de control del LASRI constará de una red WAN (Wide Area Network) para recibir toda la información (datos) de los dispositivos instalados tanto en la RID Caucete como en la ME, un sistema computacional para la gestión de los datos recibidos y almacenarlos en un Servidor de Base de Datos (BD) para alimentar y elaborar Modelos de Datos de la RID y ME. Estos modelos servirán de soporte para elaborar y mantener activo un Mímico (diagrama unifilar) de la RID y ME, con el que se puede interactuar a través del módulo "Interfaz de Usuario" para el desarrollo de aplicaciones específicas, contando a su vez con un clúster para cálculos intensivos (Servidor de Aplicaciones), disponible actualmente en el IEE. Respecto del software, se requerirá contar con un gestor de BD y un paquete de cálculos básicos de RID como el CYMDIST, con algunas librerías extras para cálculos avanzados, además de otras plataformas (ambientes de programación) para desarrollos propios como Matlab y .Net, y otros paquetes de software libres como OpenDSS, Pyhton, QGIS, Java y Jade.

Conclusiones

Considerando el estado actual de los sistemas de distribución de electricidad; los avances registrados en el desarrollo de sistemas de generación de electricidad basados en energía eólica y fotovoltaica, que han permitido elevados niveles de penetración como generación distribuida en algunos de los países más avanzados, logrando ser fuentes competitivas frente a las formas convencionales de generación; los progresos de las tecnologías de almacenamiento y de los dispositivos de electrónica de potencia y sistemas de control; y el enorme avance de las tecnologías de información y comunicaciones, se advierte que están dadas las condiciones para esperar en el futuro cercano una profunda transformación de los sistemas de suministro de electricidad, especialmente en lo que respecta a la generación y a la distribución de energía eléctrica. Se espera que el sector de generación tienda hacia la descentralización (generación distribuida) y a la migración hacia fuentes primarias de energía renovables no convencionales (especialmente fotovoltaica y eólica), complementadas con dispositivos de almacenamiento. En relación con los sistemas de distribución, la incorporación de dispositivos de medición inteligentes y aplicaciones para el procesamiento y puesta a disposición de empresas distribuidoras y usuarios finales de información en tiempo real, hará posible una operación más eficiente y más confiable, con la demanda asumiendo un rol activo. La mayor eficiencia en la operación y el incremento de la generación de electricidad a partir de energías renovables distribuidas tendrá un impacto positivo sobre el cuidado del medio ambiente.

En este contexto, el IEE se propone:

- Implementar el Laboratorio Analizador-Simulador de Redes Inteligentes para el desarrollo y prueba de aplicaciones para la planificación y operación de RID, desarrollo y prueba de modelos y dispositivos para la operación y control de recursos energéticos distribuidos.
- Desarrollar un nuevo marco conceptual basado en la visión de las futuras RID, estableciendo fundamentos para nuevas regulaciones y normativas que permitan la evolución hacia los sistemas más eficientes, cercanos a los usuarios, confiables y cuidadosos del medio ambiente. En este marco se propondrá una hoja de ruta que estime el proceso de transición tecnológica desde los sistemas actuales hacia las RID,

estableciendo hitos tecnológicos, definiendo tiempo y características de las transformaciones.

- Desarrollar aplicaciones para estimación y predicción del estado operativo, gestión y operación óptima, despacho económico, planificación del crecimiento de redes inteligentes de distribución.
- Desarrollar sistemas de recursos energéticos distribuidos para aplicaciones en RID, basados en generación distribuida con energías renovables y almacenadores de energía.

A partir de la prolongada y exitosa actividad de transferencia a la industria que acredita el IEE, se espera realizar también en el campo emergente de las RID una intensa transferencia tecnológica a las empresas de servicios eléctricos y a los organismos regulatorios y de planificación de Argentina y de Latinoamérica.

Finalmente, cabe destacar que toda la actividad de investigación aplicada del IEE impacta de manera directa sobre la actividad de formación de recursos humanos que el Instituto lleva a cabo a través de sus programas de formación de posgrado en los niveles de maestría y doctorado.