

Semana 5: Smart Grids y redes eléctricas inteligentes

(Movilidad eléctrica, cargadores inteligentes, integración con IoT)

1. Introducción al problema energético

Las redes eléctricas tradicionales enfrentan grandes desafíos: fluctuaciones de demanda, integración de energías renovables intermitentes, pérdidas en distribución y falta de comunicación bidireccional. El crecimiento acelerado de la movilidad eléctrica agrega una nueva complejidad al sistema energético.

Una **Smart Grid** o red eléctrica inteligente busca transformar la infraestructura energética mediante tecnologías IoT, comunicaciones avanzadas y análisis de datos en tiempo real. Esto permite una gestión más eficiente, sostenible y adaptativa de la energía eléctrica.

2. Definición general

Una **Smart Grid** integra tecnologías IoT para:

Monitorear el consumo y generación eléctrica en tiempo real mediante sensores distribuidos.

Gestionar la demanda de forma inteligente, balanceando oferta y consumo automáticamente.

Integrar fuentes renovables (solar, eólica) y almacenamiento de energía.

Facilitar la movilidad eléctrica con infraestructura de carga inteligente.

Comunicar bidireccionalmente entre proveedores y consumidores.

3. Componentes principales de una Smart Grid

3.1 Medidores inteligentes (Smart Meters)

AMI (Advanced Metering Infrastructure): sistemas de medición avanzada con comunicación bidireccional.

Protocolos de comunicación: ZigBee, LoRaWAN, PLC (Power Line Communication), 4G/5G.

Funciones: medición en tiempo real, detección de fraudes, cortes remotos, facturación dinámica.

3.2 Sensores de red

Sensores de calidad de energía: monitorean voltaje, frecuencia, armónicos.

Sensores de carga: detectan sobrecargas y fallos en transformadores.

Sensores ambientales: temperatura, humedad para líneas aéreas.

PMUs (Phasor Measurement Units): sincronización de datos en tiempo real.

3.3 Sistemas de automatización

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition): control supervisorio de la red.

DMS (Distribution Management System): gestión automatizada de la distribución.

Switchgear inteligente: interruptores automáticos con comunicación IoT.

4. Integración con energías renovables

Las Smart Grids permiten integrar eficientemente:

Generación distribuida: paneles solares domiciliarios, micro-eólica.

Almacenamiento: baterías residenciales, comerciales e industriales.

Prosumidores: usuarios que generan y consumen energía simultáneamente.

Microgrids: redes locales que pueden operar de forma aislada.

Ejemplo: ciudades como Barcelona y Madrid ya implementan redes inteligentes que integran energía solar fotovoltaica con sistemas de almacenamiento distribuido.

5. Smart Grids y movilidad eléctrica

5.1 Desafíos de la electromovilidad

El crecimiento de vehículos eléctricos presenta desafíos únicos:

Picos de demanda: carga simultánea puede sobrecargar la red.

Variabilidad: patrones de carga impredecibles según movilidad urbana.

Infraestructura: necesidad de cargadores rápidos y ultra-rápidos.

5.2 Cargadores inteligentes

Carga programada: optimizar horarios según tarifas y demanda de red.

Carga bidireccional V2G (Vehicle-to-Grid): vehículos devuelven energía a la red.

Gestión dinámica: ajustar potencia según capacidad disponible.
Integración renovable: cargar con excedentes solares/eólicos.

5.3 Tecnología V2G (Vehicle-to-Grid)

Los vehículos eléctricos actúan como almacenamiento móvil:

Almacenamiento distribuido: baterías de autos como respaldo de red.
Servicios auxiliares: regulación de frecuencia y estabilidad.
Arbitraje energético: comprar energía barata y vender cara.
Resiliencia: respaldo durante cortes o emergencias.

6. Beneficios para el sistema energético

6.1 Eficiencia operativa

Reducción de pérdidas: optimización de flujos de energía.
Gestión de demanda: aplanamiento de curvas de carga.
Mantenimiento predictivo: sensores IoT previenen fallos.

6.2 Sostenibilidad ambiental

Mayor penetración renovable: hasta 80% de energías limpias.
Reducción de emisiones: menor dependencia de combustibles fósiles.
Electromovilidad: facilitación de transporte limpio.

6.3 Beneficios económicos

Tarifas dinámicas: precios que reflejan costos reales.
Nuevos modelos de negocio: servicios energéticos avanzados.
Creación de empleos: sector tecnológico y energético.

7. Desafíos y limitaciones

7.1 Técnicos

Ciberseguridad: protección contra ataques a infraestructura crítica.
Interoperabilidad: integración de sistemas de diferentes fabricantes.
Complejidad: gestión de millones de dispositivos IoT conectados.
Latencia: comunicaciones en tiempo real para control automático.

7.2 Económicos y regulatorios

Inversión inicial: modernización de infraestructura existente.
Marco regulatorio: adaptación de normativas a nuevas tecnologías.
Privacidad de datos: manejo de información de consumo detallada.
Brecha digital: acceso equitativo a tecnologías inteligentes.

8. Ejemplos de implementación global

8.1 Europa

España: Red Eléctrica Española implementa Smart Grids con 99% penetración de medidores inteligentes.
Dinamarca: isla de Bornholm como laboratorio de Smart Grid con 50% renovables.
Alemania: programa "Smart Grids Model Region" integrando energía eólica.

8.2 América

Estados Unidos: programa Smart Grid Investment Grant con USD 4.5 mil millones.
Chile: piloto en Antofagasta integrando energía solar y almacenamiento.
Costa Rica: Smart Grid nacional alimentada 99% con renovables.

8.3 Asia-Pacífico

Corea del Sur: Jeju Island Smart Grid Test-bed con autos eléctricos.
Singapur: programa Smart Nation con medidores inteligentes en todas las viviendas.
Australia: South Australia con mayor penetración de baterías domiciliarias.

9. Propuesta para Córdoba, Argentina

9.1 Situación actual

Córdoba puede liderar la transición energética en Argentina incorporando:

9.2 Implementación por fases

Fase 1: Infraestructura básica

Medidores inteligentes en barrios piloto (Nueva Córdoba, Centro).
Sensores IoT en subestaciones críticas.
Plataforma de monitoreo centralizada.

Fase 2: Movilidad eléctrica

Red de cargadores inteligentes en estaciones de servicio YPF y Shell.
Integración con sistema de transporte público (trolebuses eléctricos).
Tarifa eléctrica diferencial para vehículos eléctricos.

Fase 3: Energías renovables

Integración de parques solares provinciales existentes.
Incentivos para el autoconsumo residencial con paneles solares.
Almacenamiento distribuido en edificios públicos.

9.3 Impacto esperado

Reducción 30% pérdidas en distribución eléctrica.
20,000 vehículos eléctricos integrados para 2030.
Creación 500 empleos en sector tecnológico-energético.
Reducción 25% emisiones CO₂ del sector eléctrico provincial.

Empresa cordobesa destacada:

- Silexis SA con su Sistema Metropower®, empresa cordobesa especializada en medidores inteligentes con tecnología propietaria [IberdrolaEnel Group](#)
- Inversión de US\$3 millones en I+D con 70% integración de componentes locales [Redes inteligentes: qué son, cómo funcionan, ventajas](#)
- Productos: medidores monofásicos inteligentes y sistemas DTC para concentración de datos [WikipediaEleia Energía](#)

Debate

¿Cómo podrían integrarse los cargadores de vehículos eléctricos con la red inteligente en Córdoba para optimizar el consumo energético?

¿Qué riesgos de ciberseguridad implica la digitalización masiva de la red eléctrica y cómo podrían mitigarse?

¿Cuál sería el impacto social de implementar tarifas eléctricas dinámicas basadas en demanda en tiempo real?

Bibliografía

Repsol (2024). Smart Grids: qué son y cómo funcionan las redes inteligentes.

<https://www.repsol.com/es/energia-futuro/tecnologia-innovacion/smart-grids/>

Iberdrola (2024). Smart grids, redes de distribución eléctrica inteligentes.

<https://www.iberdrola.com/conocenos/nuestra-actividad/smart-grids>

Fundación Endesa (2024). Smart grid: Red de distribución inteligente.

<https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/smart-grid>

Naturgy (2024). Smart grids: redes inteligentes, eficientes y sostenibles.

<https://www.naturgy.com/smart-grids-las-redes-que-son-la-clave-de-la-transicion-energetica/>

Eleia Energía (2024). Qué son las smart grids o redes eléctricas inteligentes.

<https://eleiaenergia.com/que-son-las-smart-grids-o-redes-electricas-inteligentes/>

SotySolar (2024). Las Smart Grids: la nueva forma de entender la energía.

<https://sotysolar.es/blog/smart-grids>

IEA (2024). Smart grids - International Energy Agency.

<https://www.iea.org/energy-system/electricity/smart-grids>

Eleia Energía (2025). Cargador V2G coches eléctricos: devolver energía a la red.

<https://eleiaenergia.com/cargador-v2g-como-los-coches-electricos-pueden-devolver-energia-a-la-red/>

Smart Wallboxes (2024). Guía de la Infraestructura de recarga de vehículos eléctricos (IRVE).

<https://www.smartwallboxes.com/infraestructura-de-recarga-de-vehiculos-electricos/>

Powy Energy (2025). Los 10 retos y oportunidades de la movilidad eléctrica en 2024.

<https://powy.energy/es/noticias/evolution-news/10-tendencias-que-determinaran-la-movilidad-electrica-en-2024/>