Investigación en Potencia y Energía[1]

Andrés Pavas
Profesor UN - Investigador PAAS-UN
Coordinador Posgrado Ingeniería Eléctrica

Universidad Nacional de Colombia
Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
Grupo de Investigación PAAS-UN

Pasto, 7.10.2016

[1] Se distribuye bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivados 4.0 Internacional.

1. Motivación

2. Retos
   - Cobertura y Equidad
   - Integración de renovables
   - Gestión y Respuesta de la Demanda

3. Algunas ideas...
   - El mercado de electricidad
   - Continuidad del servicio y calidad de potencia

4. PAAS-UN

Sistema eléctrico

Paradigma Sistema Eléctrico Convencional

Grandes centros de generación y consumo, integración vertical en el mercado, usuarios pasivos.

Figura: http://www.thegundcompany.com/

Cambio climático

No somos ajenos

Efectos claramente perceptibles, afectación de gran impacto

Emisiones y contaminación
Efecto Invernadero
Incremento Temperatura Global
Calidad del aire
Calidad y disponibilidad del agua
Fenómeno de El Niño y de La Niña
Extinción de especies
Seguridad alimentaria
Sostenibilidad
...

Cuadro: Semana.com

Dependencia de hidrocarburos

Insostenibilidad

El dominio de los hidrocarburos como motor de la economía global ha cambiado drasticamente

Emisiones y contaminación
Incertidumbre en las reservas
Alta volatilidad de precios
Fuente principal de emisiones
Existencia de nuevas tecnologías
Riesgo de inestabilidad política y económica
Fracking: Daño ambiental irreparable
...

Cuadro: www.portafolio.com

Smart Grid

Paradigma Sistema Eléctrico Futuro

Generación distribuida, fuentes renovables, demanda activa, nuevos mercados, internet de las cosas.

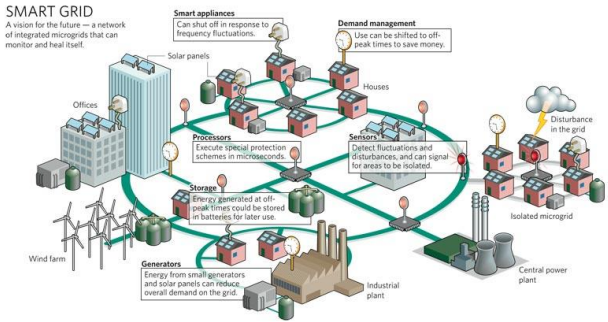


Figura: www.energytrendsinsider.com

¿Definición de Smart Grid?

- Sistema eléctrico de potencia que utiliza intercambio de información y tecnologías de control, computación distribuida y sus sensores y actuadores asociados, con propósitos como:
  - integrar el comportamiento y acciones de los usuarios de la red y otros agentes,
  - proveer eficientemente fuentes de electricidad sostenibles, económicas y seguras [2]
- Energía, Datos e Información, Recursos, Dinero, *Oportunidades* ...

[2] IEV,IEC, *International Electrotechnical Vocabulary*, www.electropedia.org. Consulta Oct 2016.

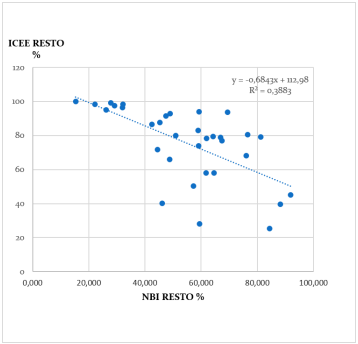
Calidad de Energía

Calidad de Energía

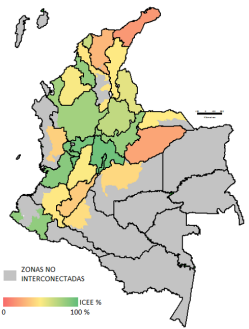
Concepto acuñado en español, depende de la visión del *cliente*

Calidad de Energía		
Calidad del Servicio	Calidad de Potencia	Continuidad y Confiabilidad
Atención al cliente Gestión de PQR Facturación Servicios y Derivados	Atributos de señales de u e i para satisfacer las necesidades del cliente	Cantidad de tiempo en que se mantiene el servicio prestado Probabilidad de que algo funcione de forma **correcta**

¿Pendiente???



DEPARTAMENTO	ICEE % RESTO
AMAZONAS	27,98
ANTIOQUIA	91,57
ARAUCA	79,36
SAN ANDRES	100
ATLÁNTICO	86,45
BOGOTÁ, D.C.	99,03
BOLÍVAR	76,99
BOYACÁ	92,75
CALDAS	97,58
CAQUETÁ	73,93
CASANARE	50,38
CAUCA	78,31
CESAR	78,73
CHOCÓ	68,12
CÓRDOBA	80,38
CUNDINAMARCA	98,17
GUAINÍA	79,06
GUAVIARE	57,93
HUILA	66,05
LA GUAJIRA	45,1
MAGDALENA	58,11
META	71,68
NARIÑO	94,01
N. SANTANDER	83,06
PUTUMAYO	40,04
QUINDIO	98,28
RISARALDA	96,47
SANTANDER	87,64
SUCRE	93,6
TOLIMA	79,97
VALLE DEL CAUCA	96
VAUPÉS	39,48
VICHADA	25,71



Cuadro: Cobertura Vs NBI (izq), Cobertura (der)[3]

- Si la red fuera inteligente, debería mejorar la **cobertura**... y la calidad de vida
- Una red inteligente ayuda a unificar el país

[3] D. Torres, Análisis de fórmula de asig. de recursos FAER, Tesis MSc IE, UN. Ene. 2015

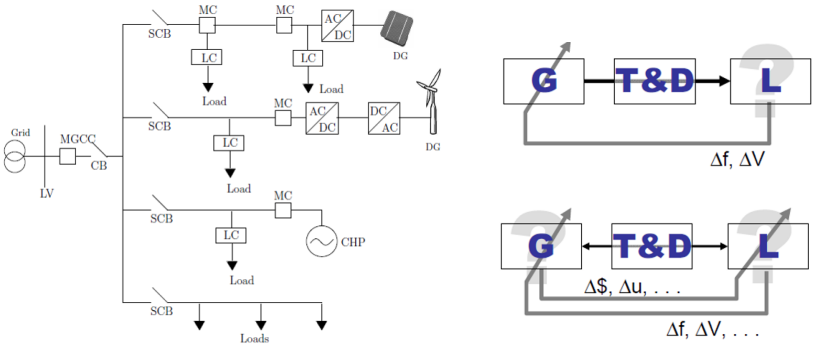
Producción de energía renovable

- Integración en las redes de transmisión y **distribución** [4]
- Rediseño de las protecciones
  - Autogeneración y cogeneración, PV, ¿viento?, PCH
- Sustitución de generadores convencionales
  - Generación distribuida, Generación con gas, viento, **¿geotermia?**
  - Hidroelectricidad: ¿renovable?
  - *Ley de renovables*[5]
  - ¿Tenía razón Edison? ¿DC?

[4] M. Bollen, *The Smart Grid: Adapting the Power System to New Challenges*, Synthesis Lectures on Power Electronics. Morgan & Claypool. 2011.

[5] Congreso de la República de Colombia. *Ley 1715*. 2014

Microrredes eléctricas



Cuadro: Microrred (izq), Paradigmas de control(der)[6]

[6] A. Annaswamy, E. Mojica, et.al. Vision for Smart Grid Controls: 2030 and Beyond . IEEE Press, 2010.

Producción de energía renovable

- Predicción actual
  - Fuentes renovables no convencionales, a excepción del agua y la biomasa, son altamente variables e impredecibles
  - Dificultades de desarrollo de mercado
  - Modelos de predicción actuales insuficientes
- Predicción probabilística[7]
  - Estimación de la distribución de probabilidad del **recurso**: viento, sol, demanda, agua...
  - Determinación, estimación y optimización del riesgo
  - Modelos de mercado incluyentes para fuentes renovables, prosumidores, agentes tradicionales, demanda negativa...

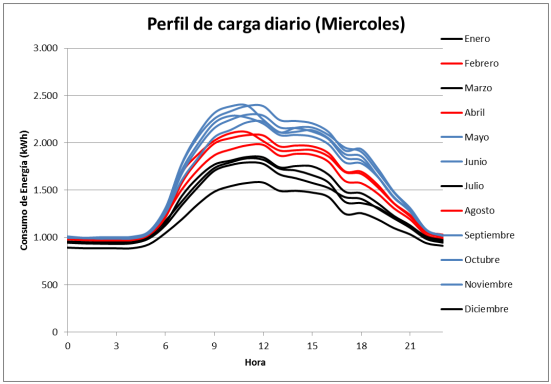
[7] Morales,JM,et al. Integrating Renewables in Electricity Markets. Springer. 2014

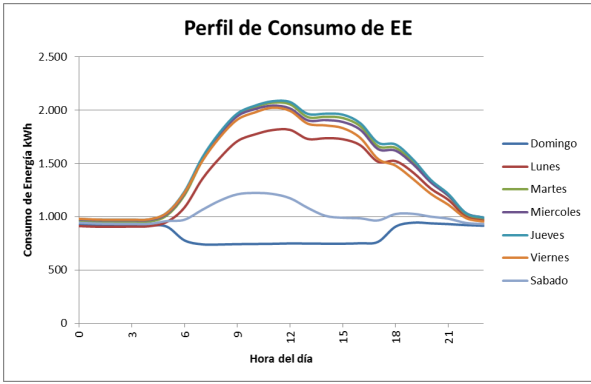
Gestión y Respuesta de la Demanda

- Ajuste del consumo de potencia y energía: sustitución de tecnologías, *cambio de hábitos de consumo*
- Cambios en la demanda para responder de forma eficiente y eficaz a los objetivos estratégicos de los agentes[8].
- Cómo se ve??

[8] O. Duarte, S. Téllez. Seminario sobre Gestión y Respuesta de la Demanda. UN. Bogotá, 2016

Caracterización de la Demanda





Cuadro: Consumo diario UN(izq), Consumo mensual UN(der)[9]

[9] A.Pavas, H.C. Torres, Oportunidades de ahorro de energía en el campus UN , 2014

Caracterización de la Demanda

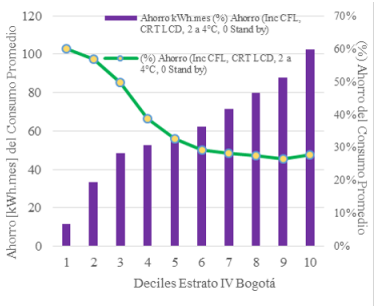


TABLA I

AHORROS GLOBALES: SUSTITUCIÓN Y CAMBIO DE HÁBITOS

Decil	Ahorro Sustitución		Ahorro Cambio Habito		Ahorro Total	
	[kWh.mes]	(%)	[kWh.mes]	(%)	[kWh.mes]	(%)
1	8	57%	3,7	19%	11,7	60%
2	23	53%	10,2	17%	33,2	57%
3	33	46%	15,3	16%	48,3	50%
4	35	35%	17,7	13%	52,7	39%
5	41	32%	16,1	9%	57,1	33%
6	45	29%	17,3	8%	62,3	29%
7	53	29%	18,7	7%	71,7	28%
8	52	25%	28,1	10%	80,1	27%
9	54	22%	33,7	10%	87,7	27%
10	66	27%	36,6	10%	102,6	28%

Cuadro: Consumo diario UN(izq), Consumo mensual UN(der)[10]

[10] O.Gozalez, A.Pavas, S.Sánchez. Cuantificación del ahorro de energía elec en sect res mediante estrategias de gestión de demanda. Aceptado UIS Ingenierías, 2016

Mercados

- Nuevos agentes... nuevos negocios
  - Clientes pasivos a clientes activos: *Prosumers*
  - Generación distribuida y en pequeña escala: despacho?, ¿medición?, ¿facturación?
  - Nuevos mercados requieren cambios en la regulación
- Distribuidores y comercializadores
  - **PARADIGMA**: *El negocio del distribuidor es vender energía...*
  - Nuevos negocios: infraestructura avanzada de medición, automatización, instalación de aplicaciones, soporte...
- Nuevos productos
  - Vehículos eléctricos: electrolineras, almacenamiento...
  - Generadores a pequeña escala, **almacenamiento de energía**
  - Contratos y esquemas de negociación nuevos: calidad, desconexión, demanda gestionada (energy or demand harvesting)

Calidad de Potencia

- Revisión de perturbaciones
  - Realidad nueva, Mismas perturbaciones (plop!) límites nuevos...
  - Comités Técnicos, desarrollo de normas, laboratorios, pruebas ...
  - Inversión → Visión de negocio para rédito y beneficio
- Nuevos productos
  - Vehículos eléctricos, electrolineras, CFL, LED, PLC, Internet of Things...
  - Generadores a pequeña escala: PV, viento, **almacenamiento de energía**
- Nuevas tecnologías, nuevos problemas y nuevos requerimientos
  - Globalización → Dispositivos nuevos: ¿Estamos listos?
  - Se requieren conocimiento, equipos, normas y armonización entre normas y regulación
  - Sub-, Inter-, Armónicos y Supraarmónicos[11]

[11] D. Agudelo, M.Limas, A.Pavas, J.Bacca. Supraharmonics band detection for low voltage devices. ICHQP 2016, Belo Horizonte, Brasil. Oct. 2016

Continuidad del servicio y Confiabilidad

- Necesidad de mejorar el desempeño
  - Las aplicaciones nuevas requieren mayor disponibilidad y confiabilidad, la electricidad características de calidad diferenciadas
  - Gestión de activos: transmisión y distribución, transformadores[12], mantenimiento, planificación...
  - Degradación y pérdida de vida útil: conductores[13], trafos...
- Estabilidad
  - La mano de Dios (87kA): No pueden evitarse los colapsos
  - Estabilidad en tensión
  - Microrredes y DG: Estabilidad de ángulo y frecuencia
- Protecciones
  - Generación distribuida, Sistemas híbridos AC/DC
  - Equipos más sensibles...

[12] I.Durán,L.Rosero,A.Pavas,O.Duarte. Comparison of maintenance scheme effects on pow transf reliability performance. IngInvestig,35(Sup1)73-81,2015

[13] I.Durán,A.Pavas,O.Duarte. Effects on lifetime of voltage conductors due to stationary PQ dist. DYNA, 82(192), pp.44-51. 2015

Grupo de Investigación PAAS-UN

Grupo PAAS-UN	
Trayectoria	Líneas de Investigación
Universidad Nacional 30 años 10 egresados PhD, 50 MSc Keraunos, Cynergy	Rayos y EMC Calidad de Energía Mercados de energía Fuentes renovables Control no lineal Redes complejas Gestión de Demanda

Contacto

Andrés Pavas
fapavasm@unal.edu.co
Unidad Camilo Torres
CL 44 45-67 Bloque B5 Ingeniería Ofic 307
Bogotá, Colombia