Automatización y control de sistemas de distribución

Especialización Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica

Julio de 2016

Contenido

- Introducción
- Redes Inteligentes
- Microrredes
- Ciudades inteligentes
- Generación Distribuida
- Casos de estudio
- Comentarios Finales

Redes Inteligentes…. El futuro de los sistemas de Distribución de Energía Eléctrica !!

Universidad Industrial de Santander

Contenido

- Introducción
- Redes Inteligentes
- Microrredes
- Ciudades inteligentes
- Generación Distribuida
- Casos de estudio
- Comentarios Finales

"Uno de los principales objetivos de la educación debe ser ampliar las ventanas por las cuales vemos al mundo"

Arnold Glasow

Universidad Industrial de Santander

Introducción

- El sistema eléctrico como lo conocemos tiene más de 100 años!
- Ha proporcionado un buen servicio a la sociedad salvo por problemas esporádicos: *blackouts.*
- La cantidad de energía que un país utiliza hoy en día es solo en una menor proporción en forma de electricidad.
- La eficiencia del sistema eléctrico convirtiendo las formas convencionales de energía (hidráulica, carbón, gas y eólica en pequeña proporción en Colombia) a eléctrica es baja.
- Los sistemas eléctricos se transforman en un impacto importante de CO2 en países como USA, con fuentes mayoritarias fósiles.

Los problemas son oportunidades para demostrar lo que se sabe.
Duke Ellington

Introducción

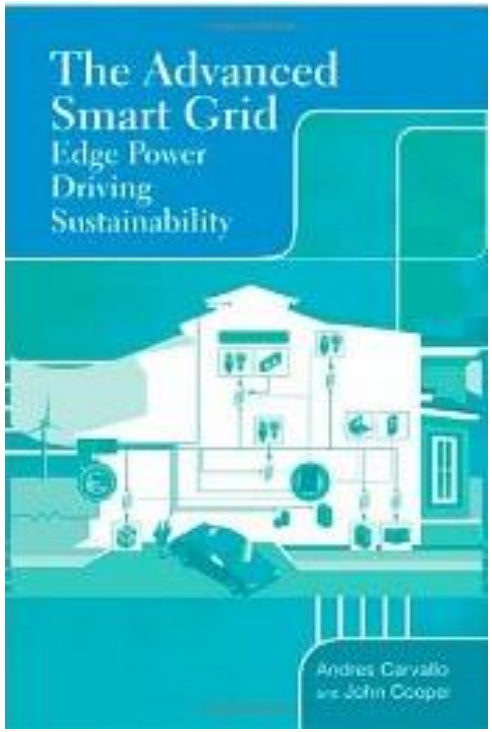
- El contacto tradicional con la mayoría de los usuarios residenciales es de solo 1 vez por mes (factura) o cuando experimentan problemas (reclamos) = Imagen negativa de la Empresa.
- Pocas o ninguna opción de tarifas, incentivos, programas de eficiencia promovidos por las Empresas o el Estado
- Ecuación “Mas venta de energía (SIN IMPORTAR LA EFICIENCIA DEL USO DE ENERGIA) = Más ganancias en toda la cadena de suministro.
- Almacenamiento de energía se esta volviendo una realidad.
- Nuevas tecnologías pueden aprovecharse en los sistemas eléctricos.

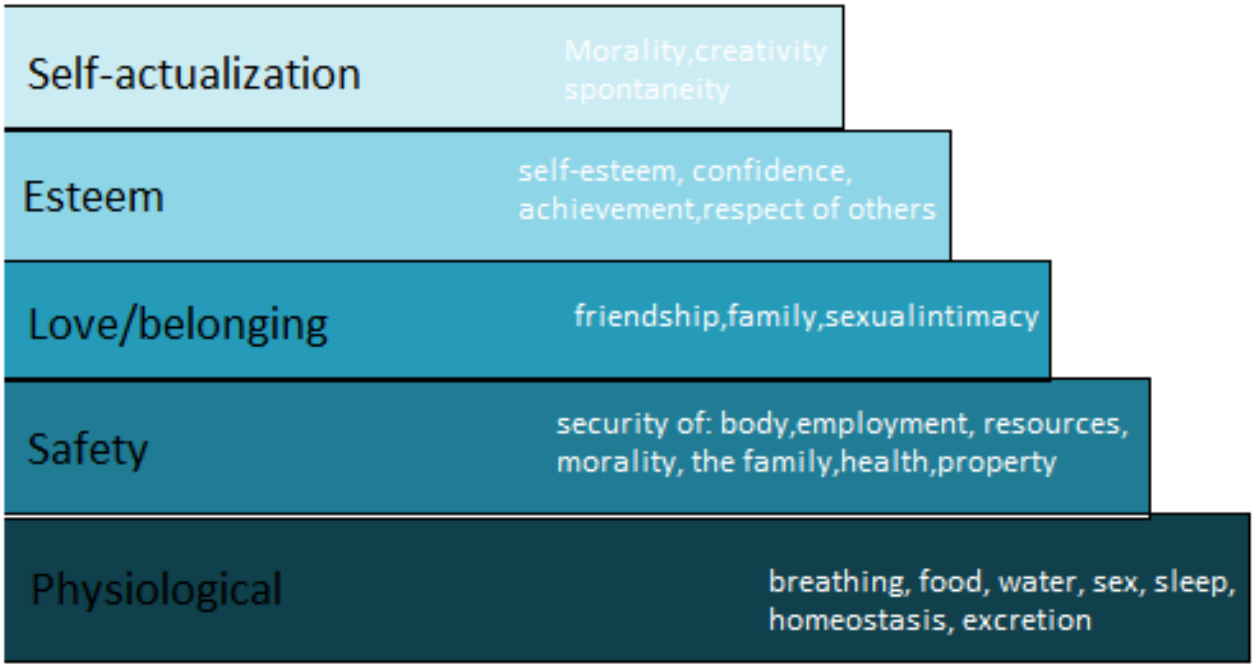
“No podemos resolver los problemas pensando de misma manera que cuando los creamos”
Albert Einstein

Universidad Industrial de Santander

Introducción

Pirámide de Maslow





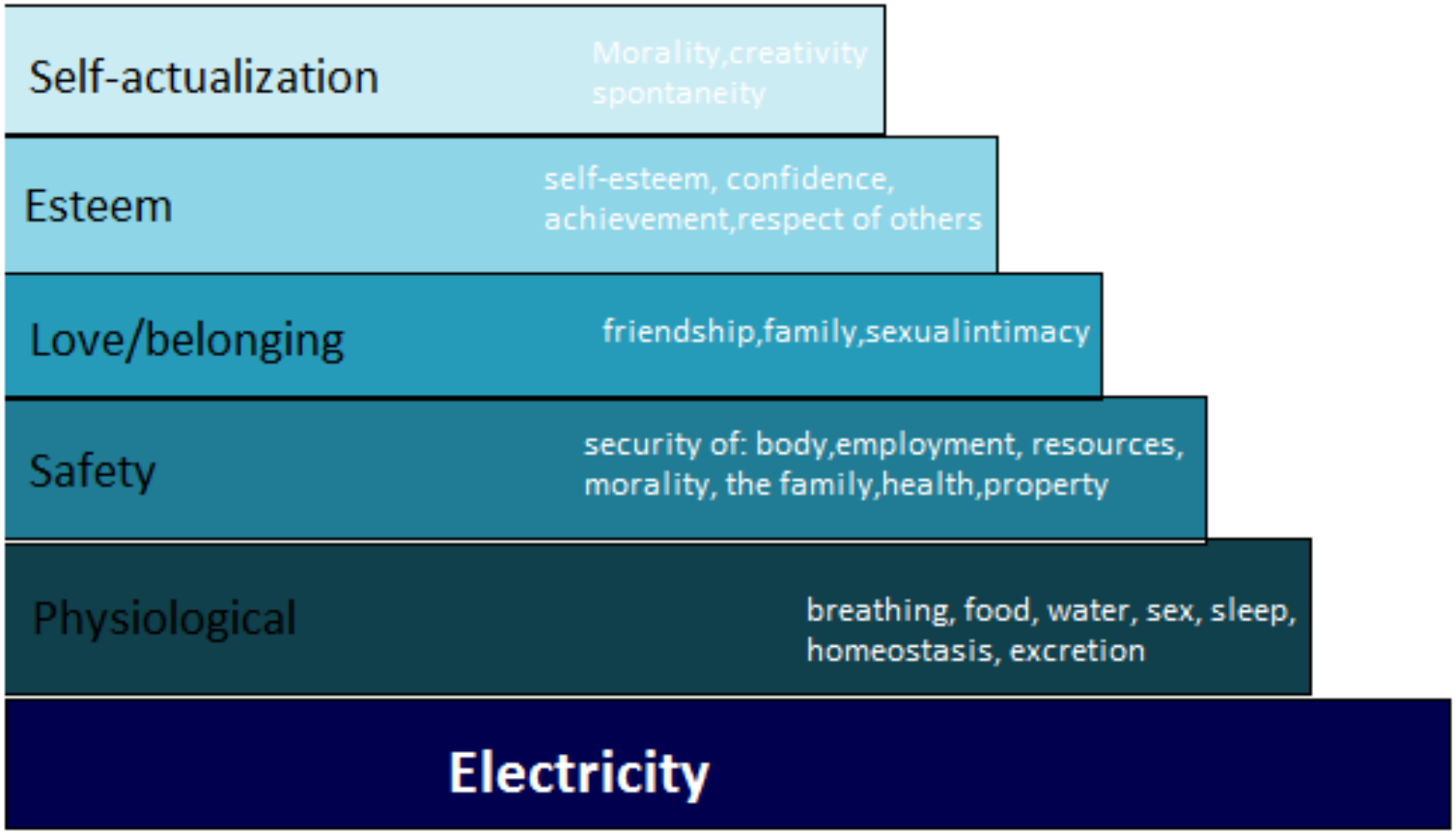
"The Advanced Smart Grid: Edge Power Driving Sustainability" - Andres Carvallo & John Cooper – Junio 2011

Los autores parten de conceptos de "La teoría de la Motivación Humana" de Maslow para mostrar que sin electricidad no se concibe la vida moderna

Universidad Industrial de Santander

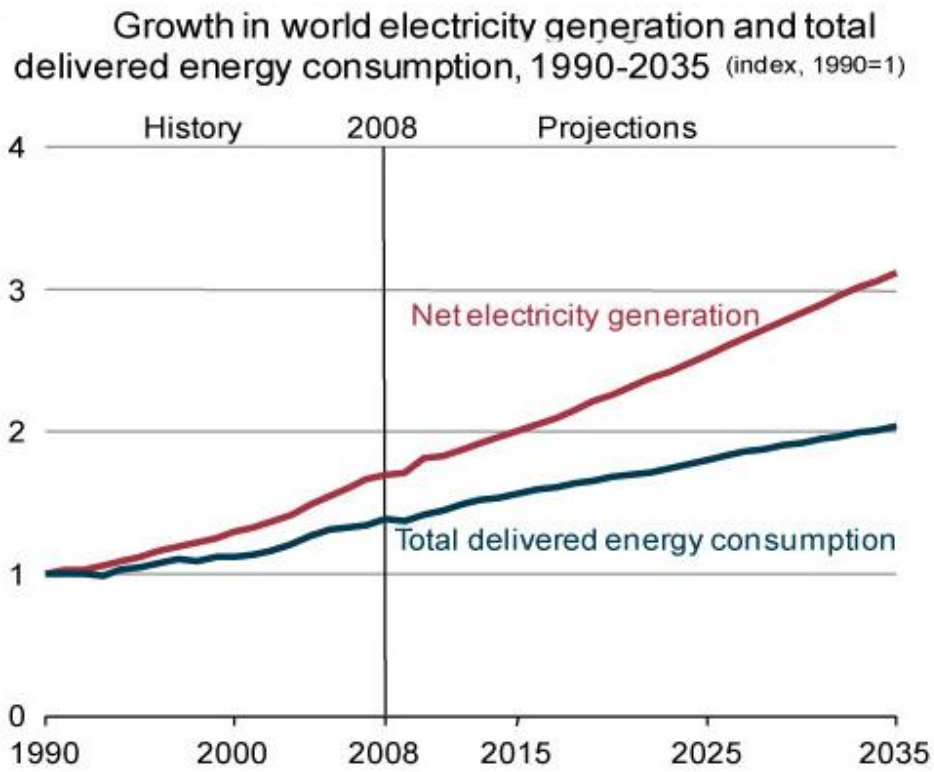
Introducción

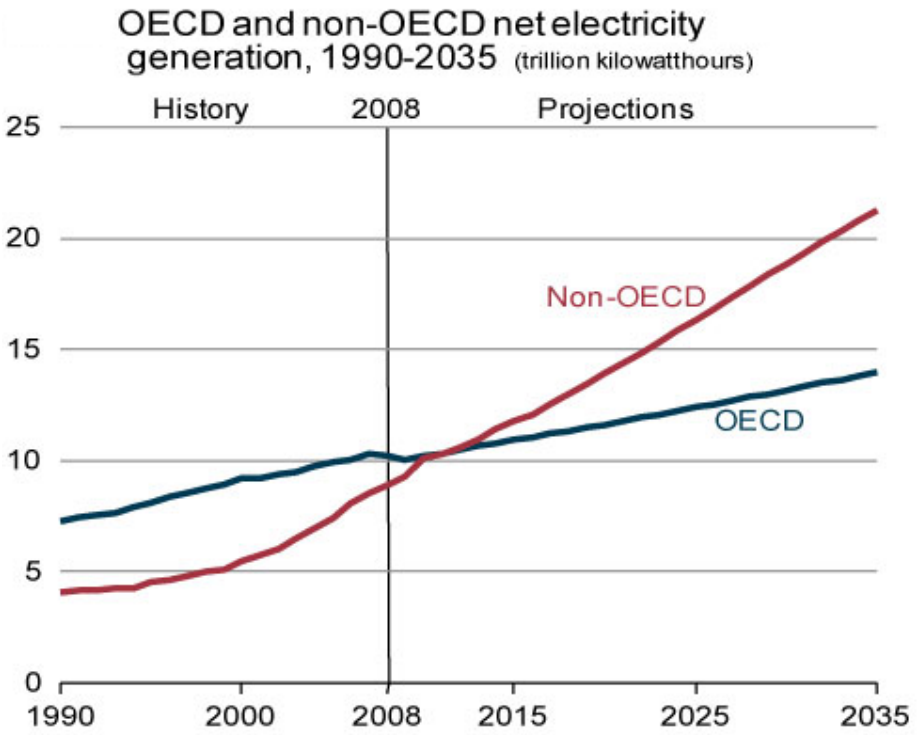
Pirámide de Maslow - Actualización



Los autores parten de conceptos de “La teoría de la Motivación Humana” de Maslow para mostrar que sin electricidad no se concibe la vida moderna

Proyecciones

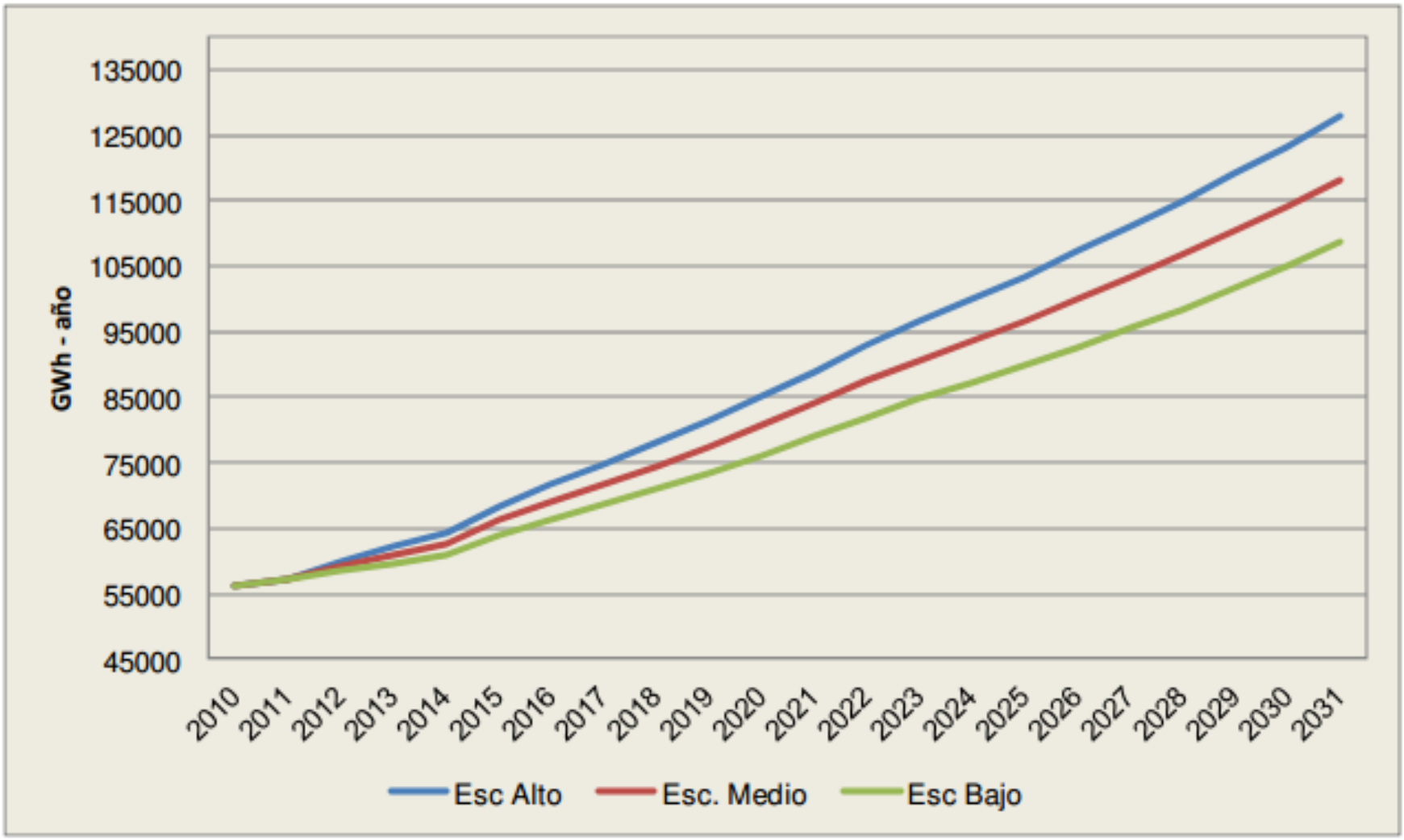




http://www.eia.gov/forecasts/ieo/electricity.cfm

Colombia inteligente

Caso Colombiano

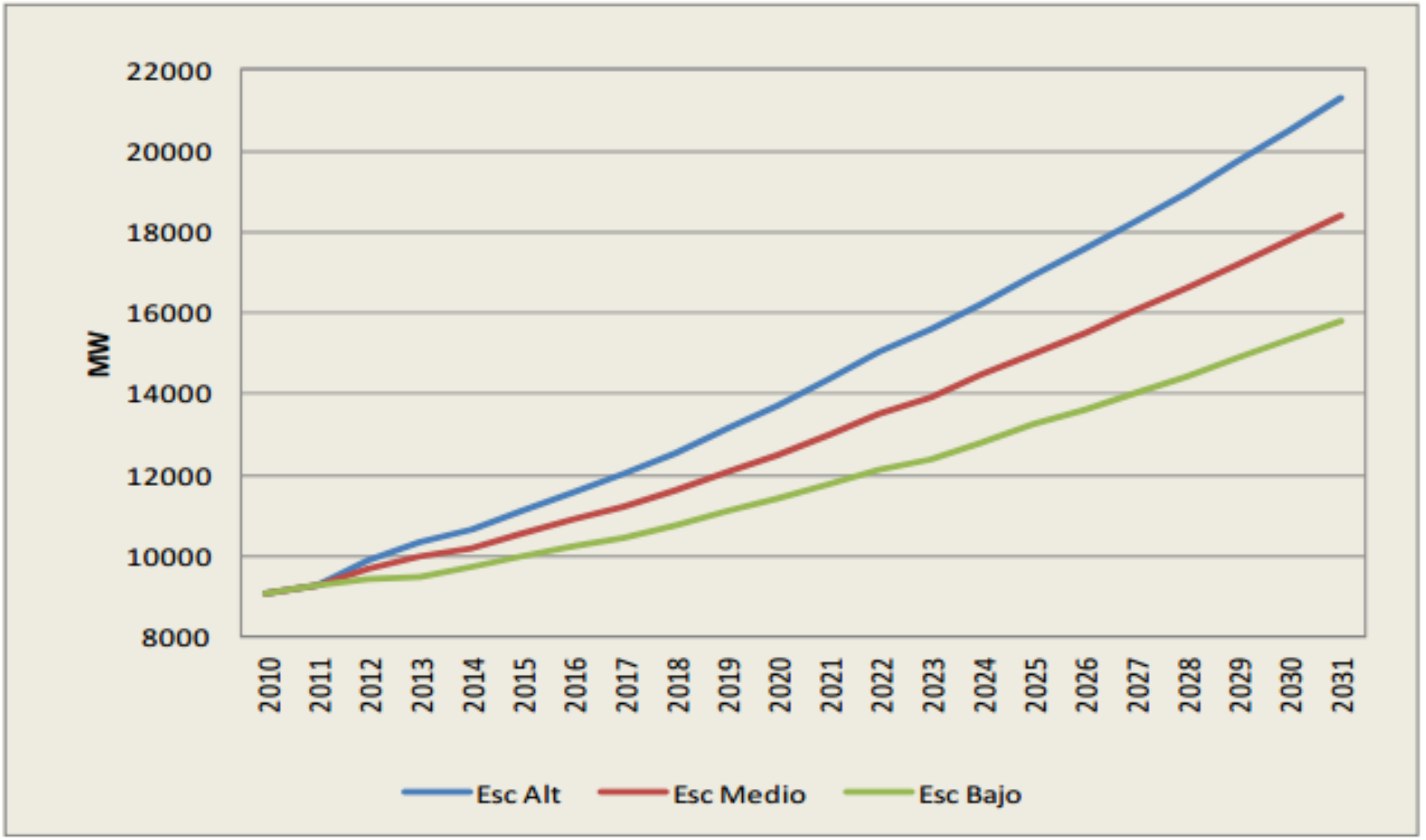


Banda de Proyección de Demanda Nacional de Energía Eléctrica, 2012-2031.

http://www.siel.gov.co/siel/documentos/documentacion/Demanda/proyeccion_demanda_ee_mar_2012.pdf

Universidad Industrial de Santander

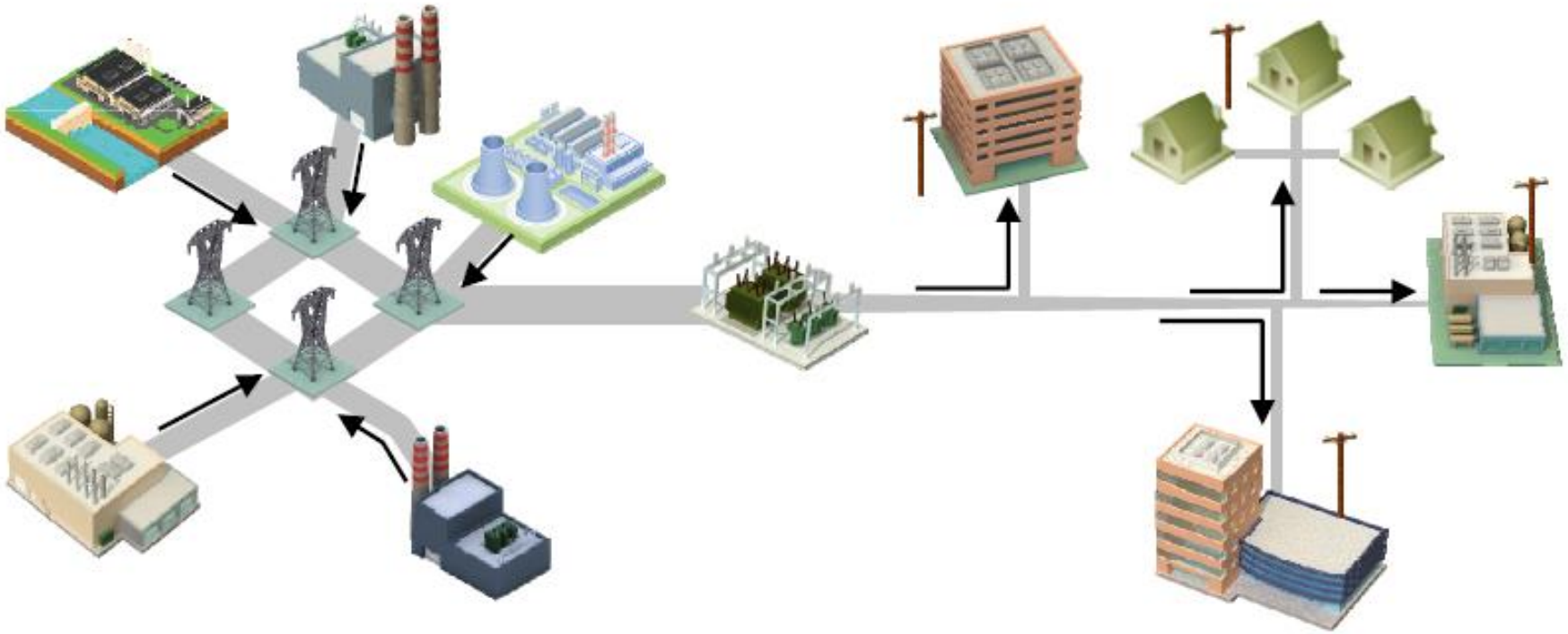
Caso Colombiano



Banda de Proyección Nacional de Potencia Eléctrica, 2012-2031.

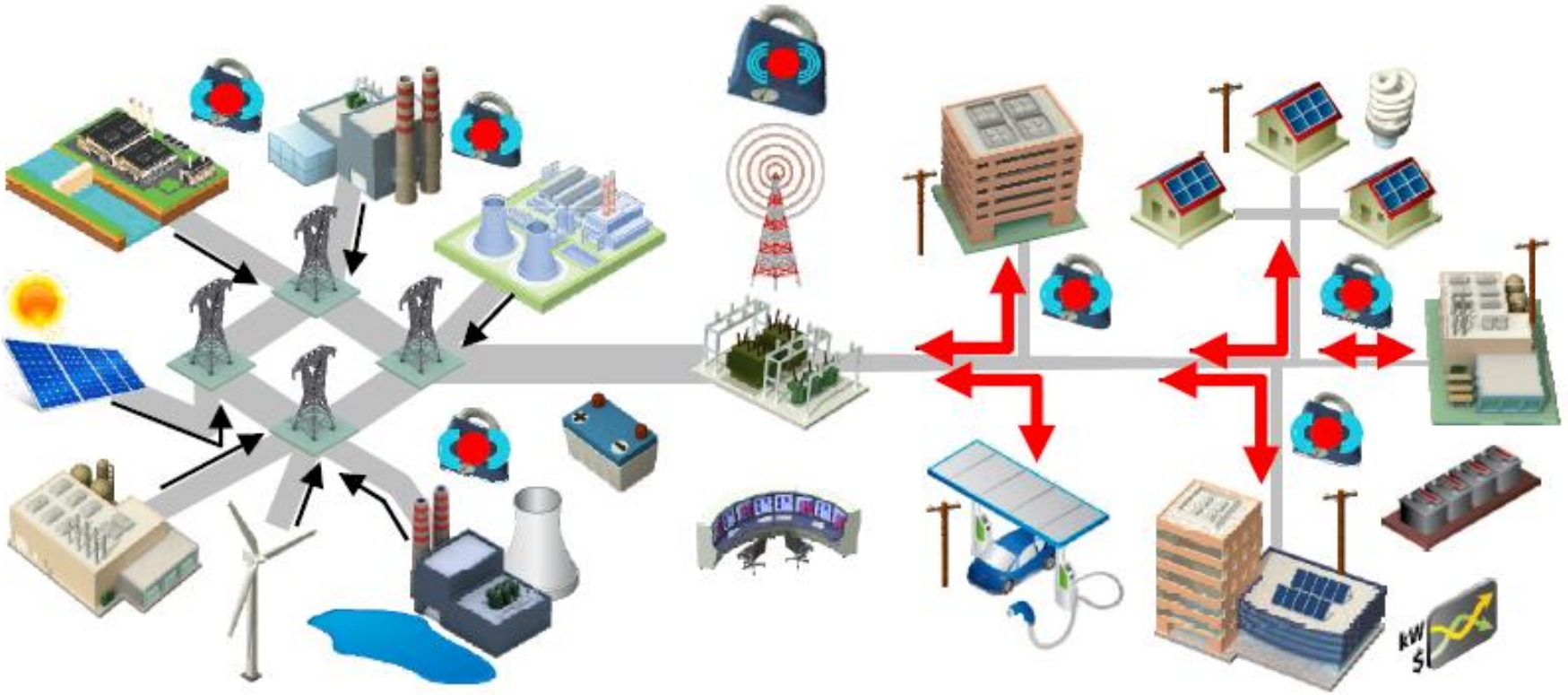
http://www.siel.gov.co/siel/documentos/documentacion/Demanda/proyeccion_demanda_ee_mar_2012.pdf

La Red: hoy



EPRI, SG Cost Benefit, 2011

La red: futuro

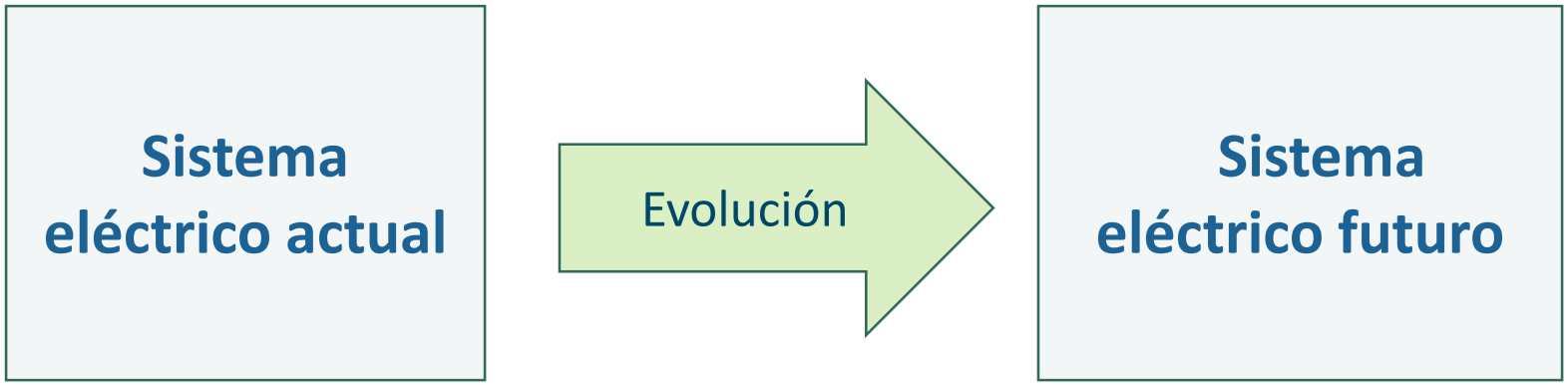


- Complejo

EPRI, SG Cost Benefit, 2011

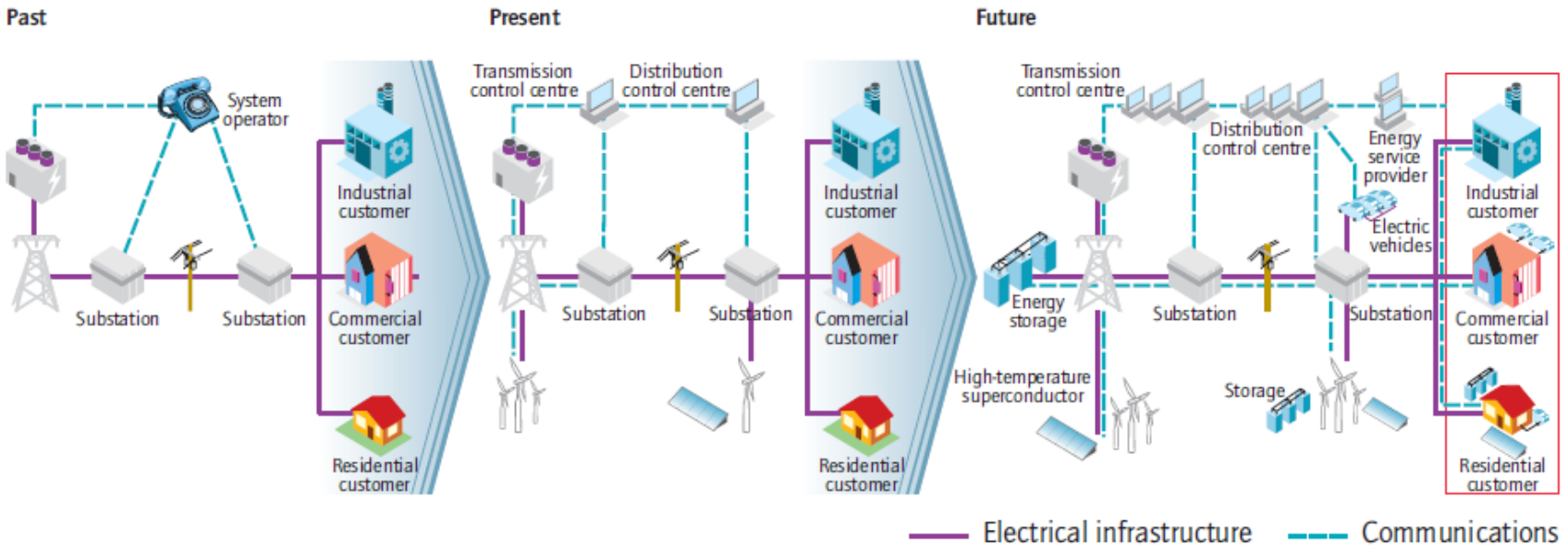
Redes Inteligentes

Síntesis:



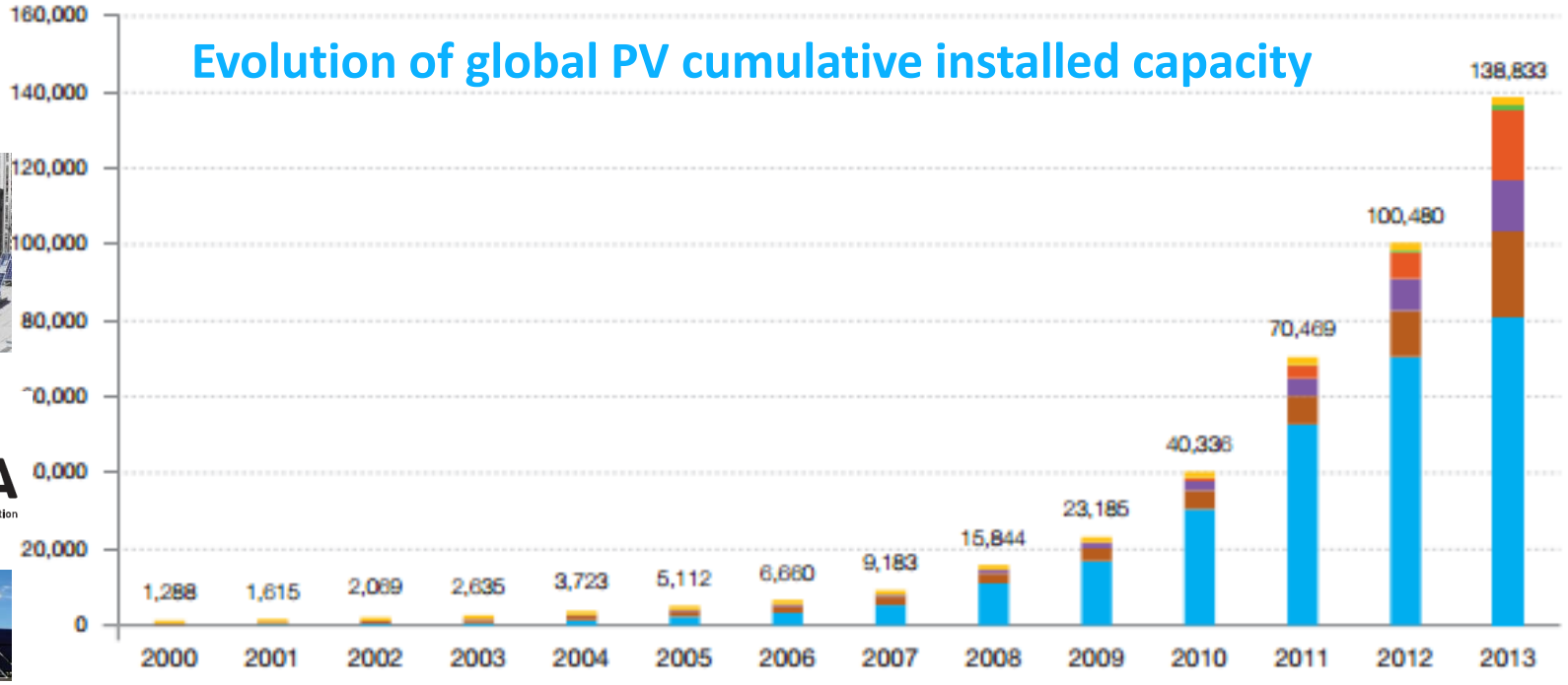
La siguiente generación de los sistemas eléctricos deben gestionar las limitaciones de la red actual involucrar tecnología e inteligencia para obtener su máximo potencial

Las SG tiene carácter evolucionario



IEA, SG Roadmap, 2011

Indicadores que sorprenden!!!* - 2014 (5)



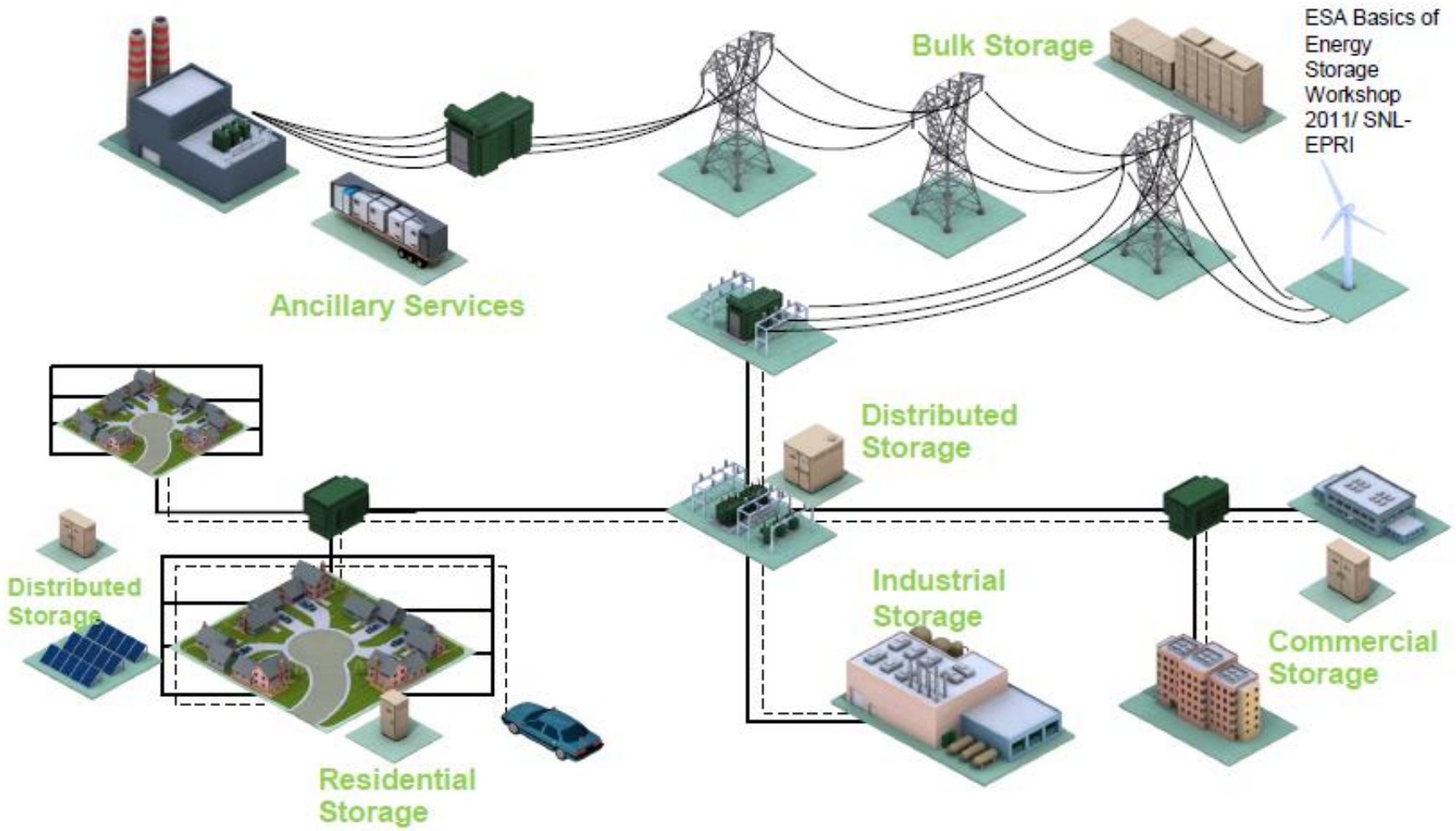
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
RoW	751	807	887	964	993	1,003	1,108	1,150	1,226	1,306	1,590	2,098	2,098	2,098
MEA	n/a	n/a	n/a	n/a	1	1	1	2	3	25	80	205	570	953
China	19	24	42	52	62	70	80	100	140	300	800	3,300	6,800	18,600
Americas	21	24	54	102	163	246	355	522	828	1,328	2,410	4,590	8,365	13,727
APAC	368	496	686	916	1,198	1,502	1,827	2,098	2,628	3,373	4,951	7,513	12,159	21,992
Europe	129	265	399	601	1,306	2,291	3,289	5,312	11,020	16,854	30,505	52,764	70,489	81,464
Total	1,288	1,615	2,069	2,635	3,723	5,112	6,660	9,183	15,844	23,185	40,336	70,469	100,480	138,833

EPIA • GLOBAL MARKET OUTLOOK FOR PHOTOVOLTAICS 2014-2018

http://www.epia.org/ /

Universidad Industrial de Santander

Almacenamiento



http://energy.gov/sites/prod/files/CESA_Webinar_110712_combined.pdf

Universidad Industrial de Santander

Ilustración Tecnología

Generación

- Gasificación de carbón
- Ciclo combinado
- Diseño avanzado generación nuclear
- Energías Renovables
- Gestión avanzada activos

Transmisión

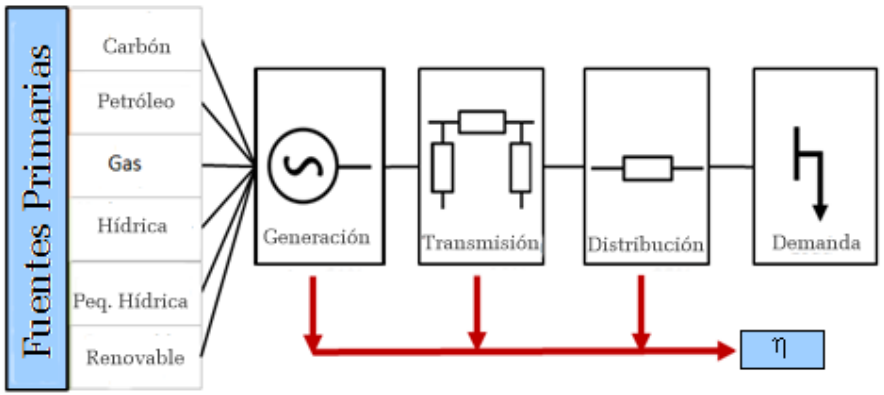
- Medición fasorial sincronizada (PMUs)
- FACTS : “flexible AC transmission systems”
- Corriente continua a alta tensión

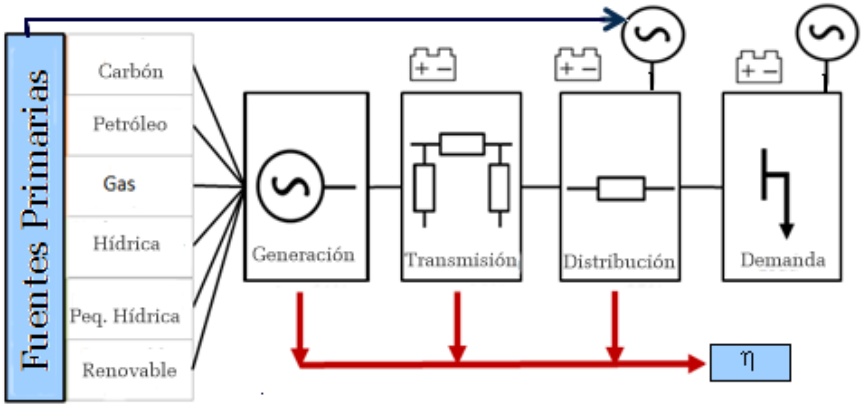
Distribución

- AMI: automatic meter infraestructure
- Sensores
- Automatización distribución
- Control automático de Volt/VAR
- Almacenamiento energía

Usuario Final

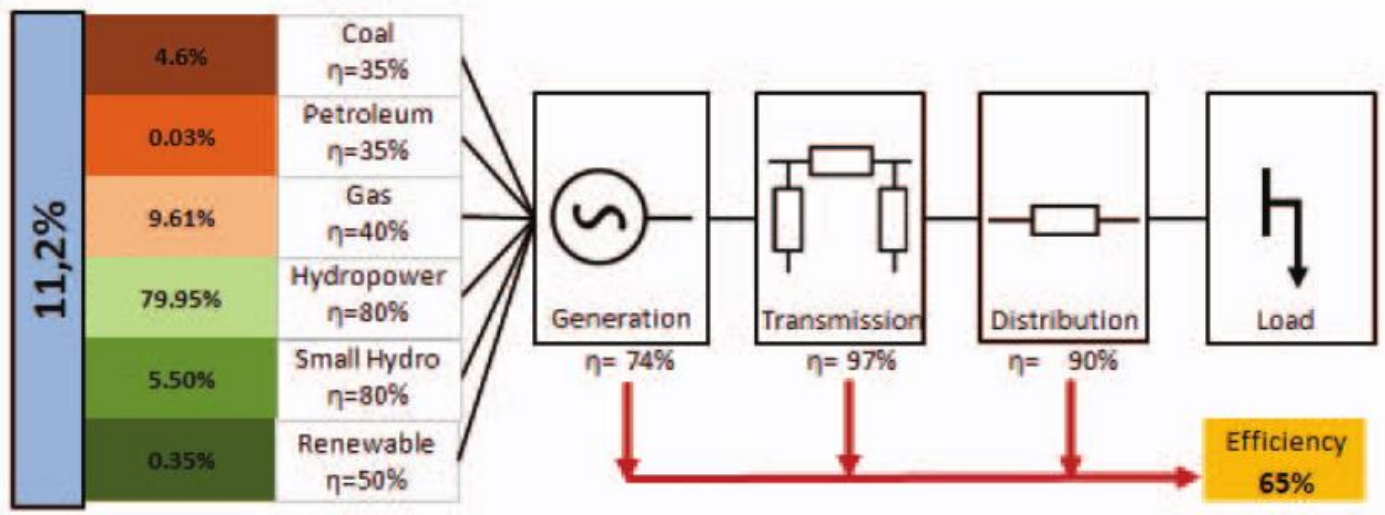
- Home area networking
- Gen. Distribuida y Renovables
- Edificios tipo “Green”
- Vehículos
- Almacenamiento energía
- Sistemas prepago
- Tarifas horarias



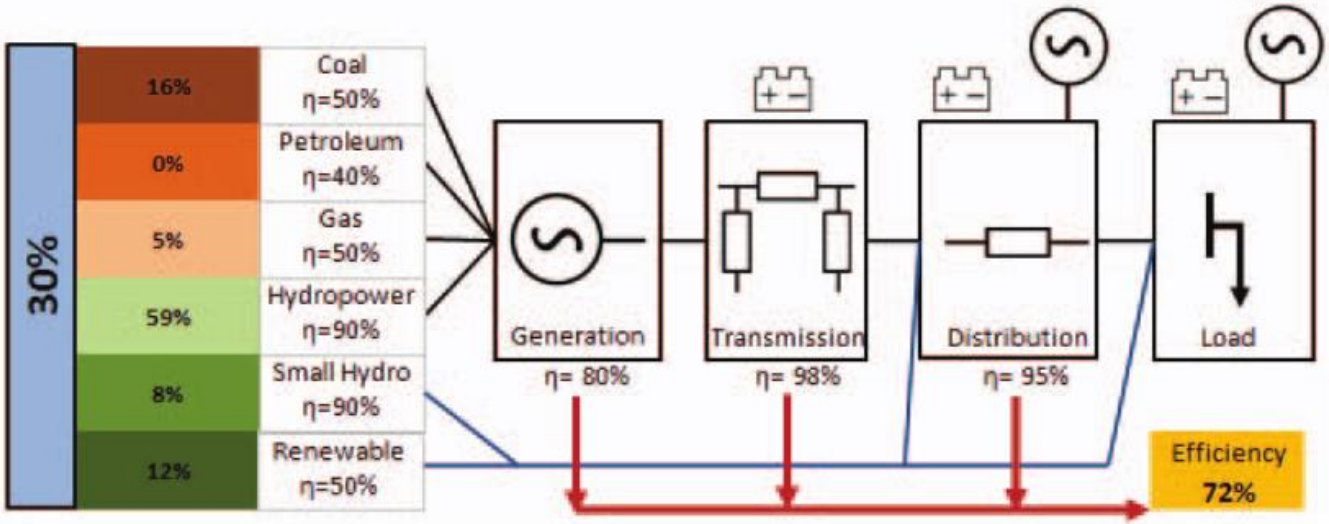


Universidad Industrial de Santander

Aumento de eficiencia del sistema colombiano



2008



2050

Evolution of Power to Smart Energy Systems - R. Cespedes, E Parra A. Aldana C Torres

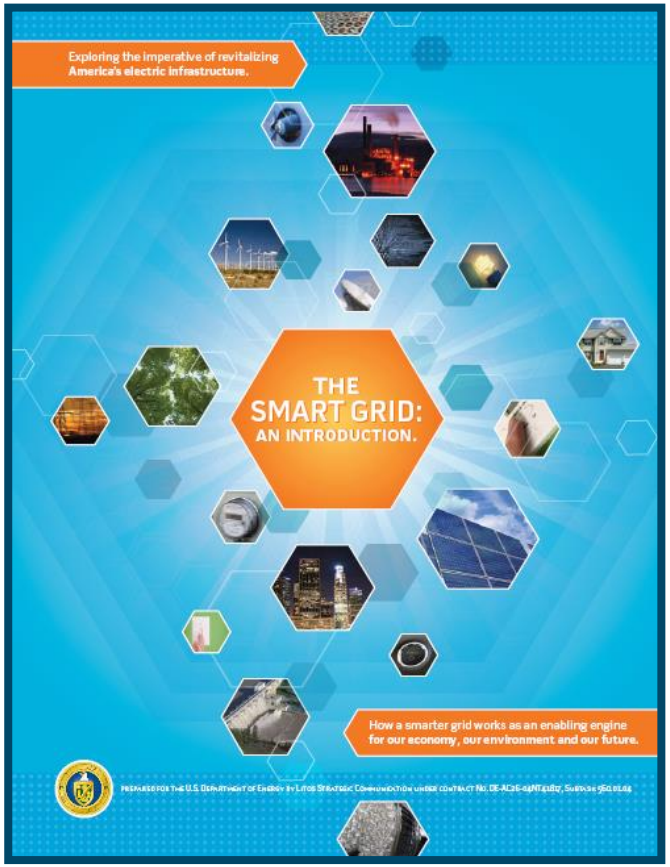
Universidad Industrial de Santander

Contenido

- Introducción
- Redes Inteligentes
- Microrredes
- Ciudades inteligentes
- Casos de estudio
- Comentarios Finales

Redes Inteligentes

El Departamento de Energía de USA, propuso una de las primeras definiciones relacionadas con “Smart Grids”

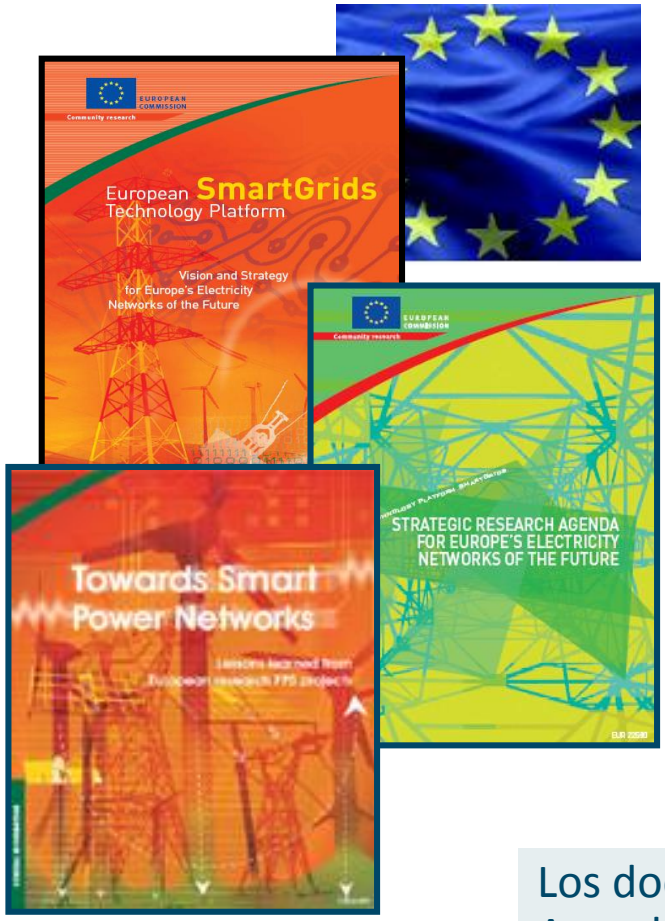


Una *smart grid* aplica tecnologías, herramientas y técnicas disponibles para llevar conocimientos a los sistemas eléctricos de forma que las redes eléctricas funcionen de una manera más eficiente…

- Llevar la confiabilidad a niveles nunca antes alcanzados
- Manteniendo su balance económico
- Incorporando plenamente fuentes renovables y tradicionales de energía.
- Potencialmente reduciendo las emisiones de carbono
- Introduciendo avances tecnológicos que aún estamos por materializar

http://www.oe.energy.gov/smartgrid.htm

Europa - Smart Grids



Principales objetivos y acciones

- Alinear todos los principales participantes de la industria a un objetivo común
- Desarrollar una visión conjunta del futuro
- Identificar necesidades de investigación y construir el soporte necesario para una mayor investigación tanto pública como privada
- Alinear proyectos Europeos, nacionales y regionales actuales de investigación en transmisión y distribución
- 20/20/20 para el 2020

Los documentos "Vision and Strategy, Strategic Research Agenda, and Lessons Learned" han sido publicados (www.smartgrids.eu)

Universidad Industrial de Santander

Concepto Smart Grids

"Una red inteligente genera y distribuye electricidad de una forma mas efectiva, económica, segura y en forma sostenible incorporando tecnologías, productos y servicios, de generación, transmisión y distribución hasta los equipos del consumidor final utilizando tecnologías avanzadas de sensores, comunicaciones y tecnologías de control."

EPIC
ENERGY POLICY INITIATIVES CENTER
UNIVERSITY OF SAN DIEGO SCHOOL OF LAW

Caracterizada por:

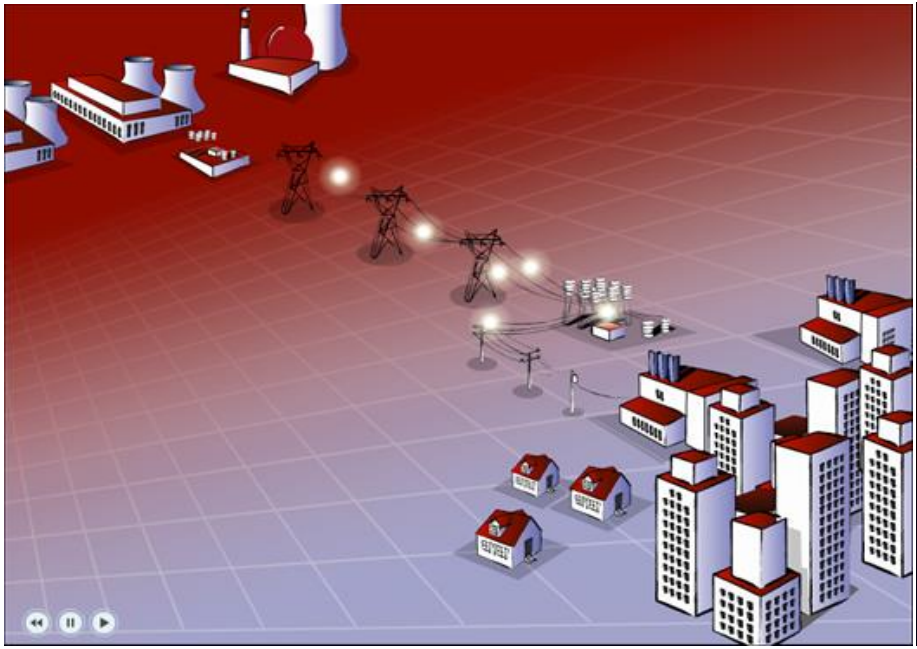
- Flujos bidireccionales
- Participación activa del consumidor basada en información
- Similar a 'Internet-like'

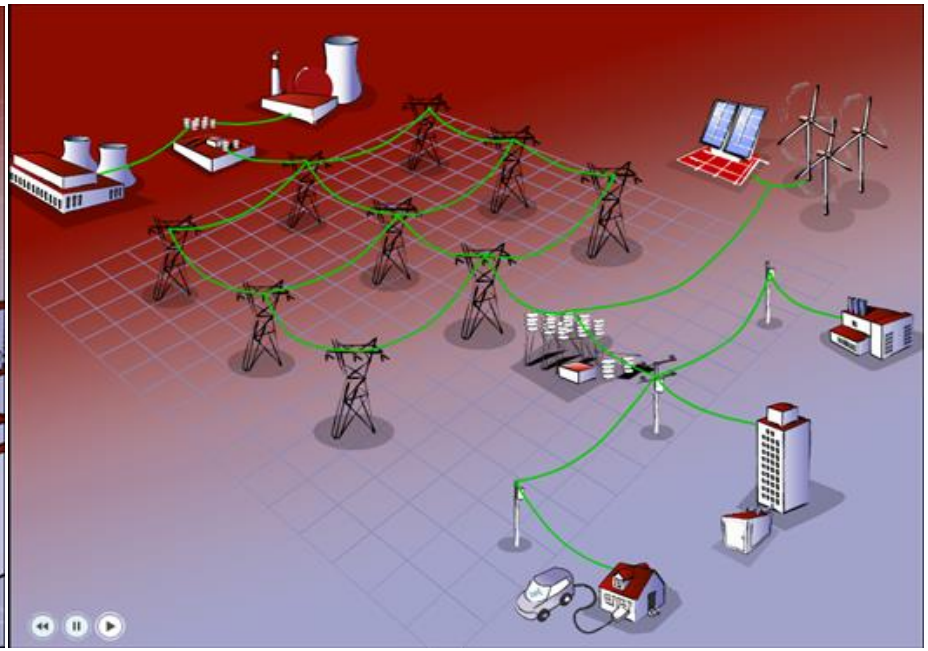
Utiliza:

- Fuentes renovables de generación
- Micro-generación y CHP
- Sistemas avanzados de IT
- Almacenamiento de energía
- Integración de transporte híbrido

Source: The Energy Policy Initiatives Center, University of San Diego School of Law

Concepto Smart Grids





Universidad Industrial de Santander

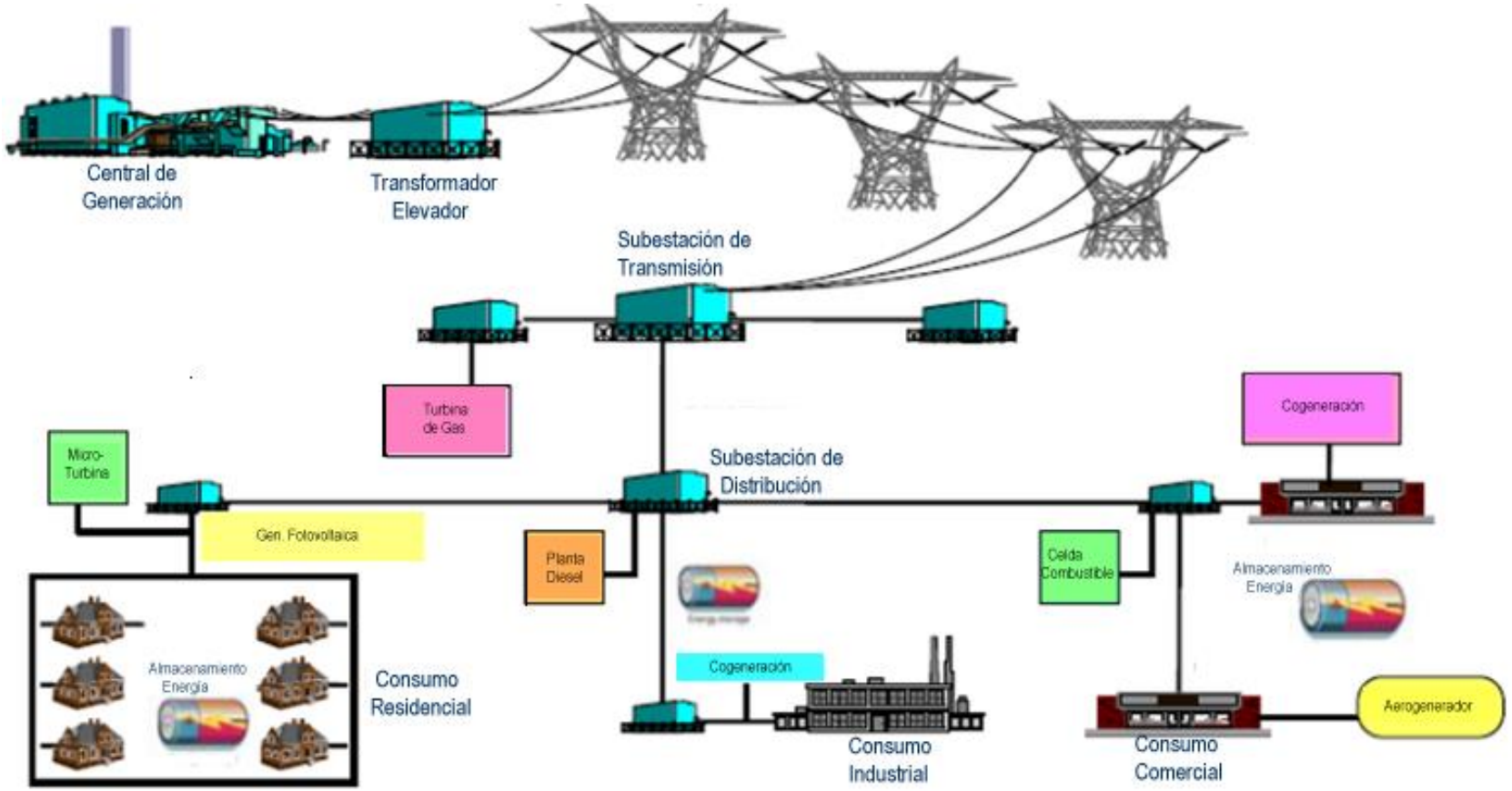
Redes Inteligentes

Características de las redes inteligentes :

- Permitir la participación activa de los consumidores
- Acomodar todas las generaciones y las opciones de almacenamiento
- Habilitar nuevos productos, servicios y mercados
- Proporcionar calidad de la energía para la economía digital
- Optimizar la utilización de activos y operar de manera eficiente
- Anticipar y responder a las perturbaciones del sistema (auto-curación)
- Resiliencia - “Resistir - soportar “ ataques o desastres naturales

http://www.netl.doe.gov/smartgrid/

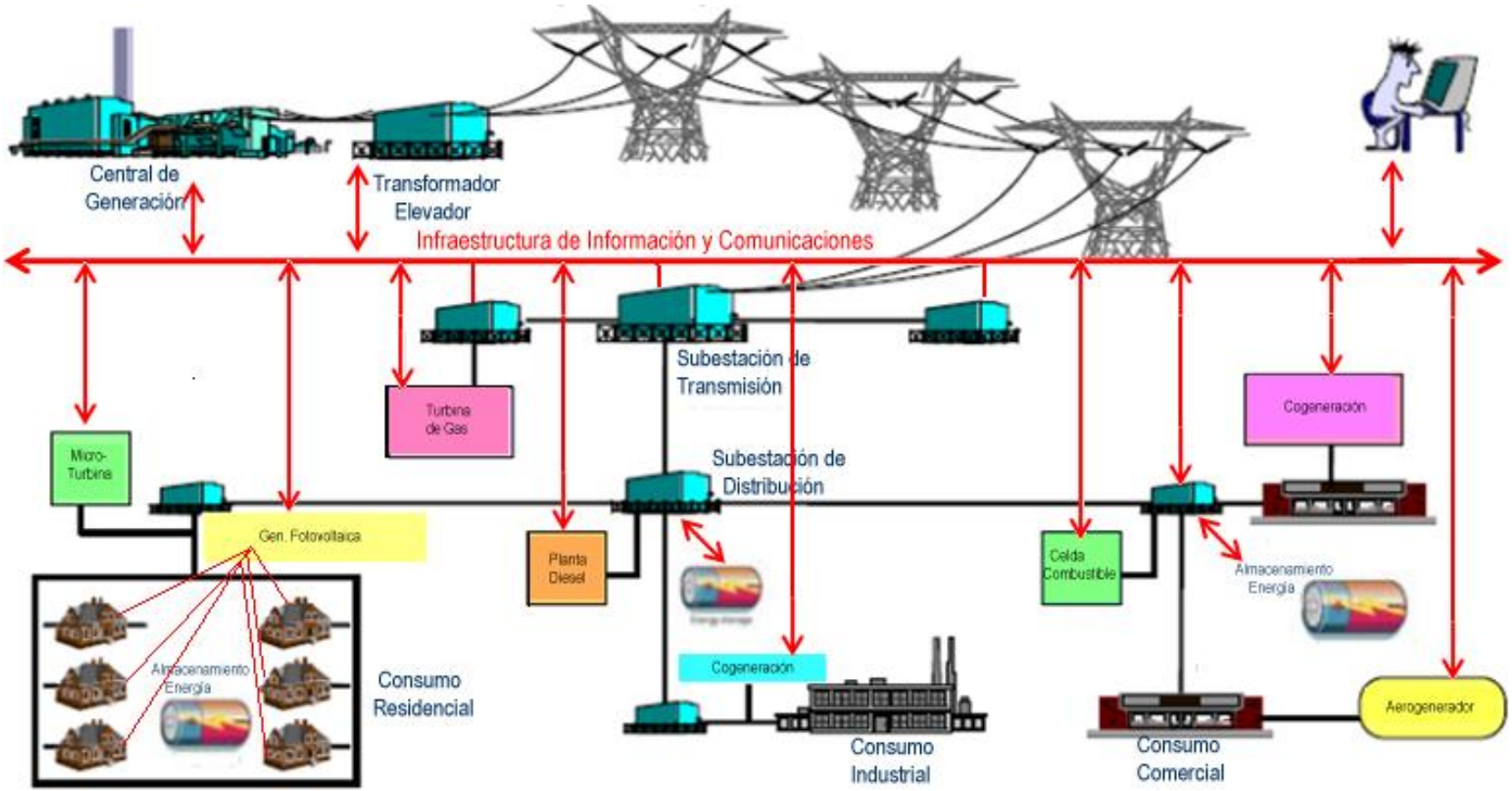
Objetivo: integración



http://www.smartgrid.epri.com/doc/9-AEP Smart Grid Project Overview_Tom Walker.pdf

Universidad Industrial de Santander

Objetivo: integración



http://www.smartgrid.epri.com/doc/9-AEP Smart Grid Project Overview_Tom Walker.pdf

Universidad Industrial de Santander

Objetivo: integración

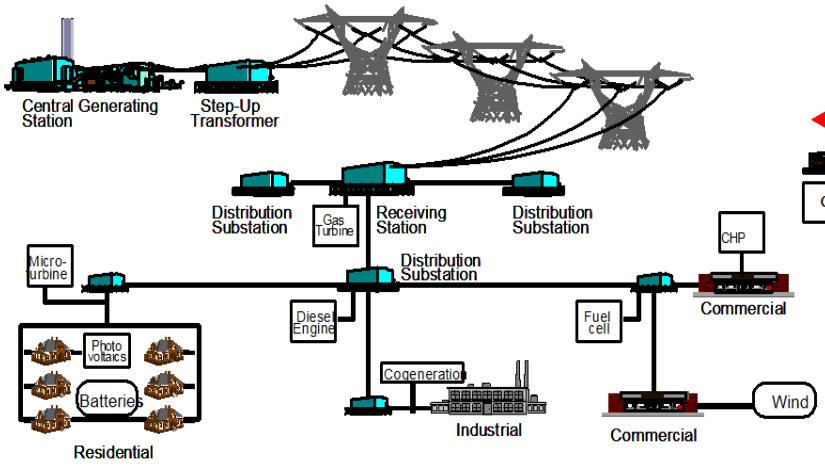
Protection, SCADA, EMS, RTO, DER

IEC61850, CIM, GID, …

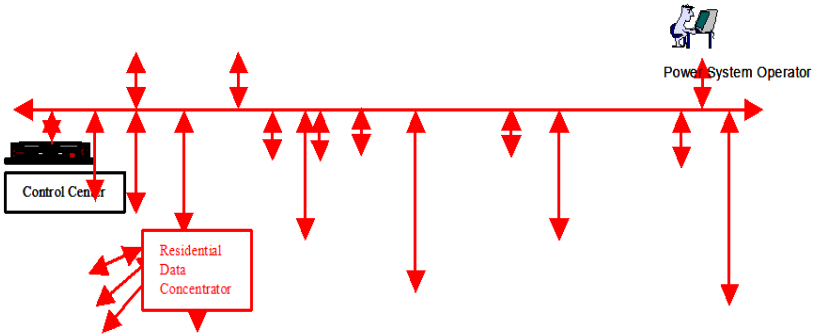
Security, Network & Data Management

TCP/IP, Encryption, SNMP, …

1.Power Infrastructure



2. Information Infrastructure



Base de la Solución: Modelos y estándares

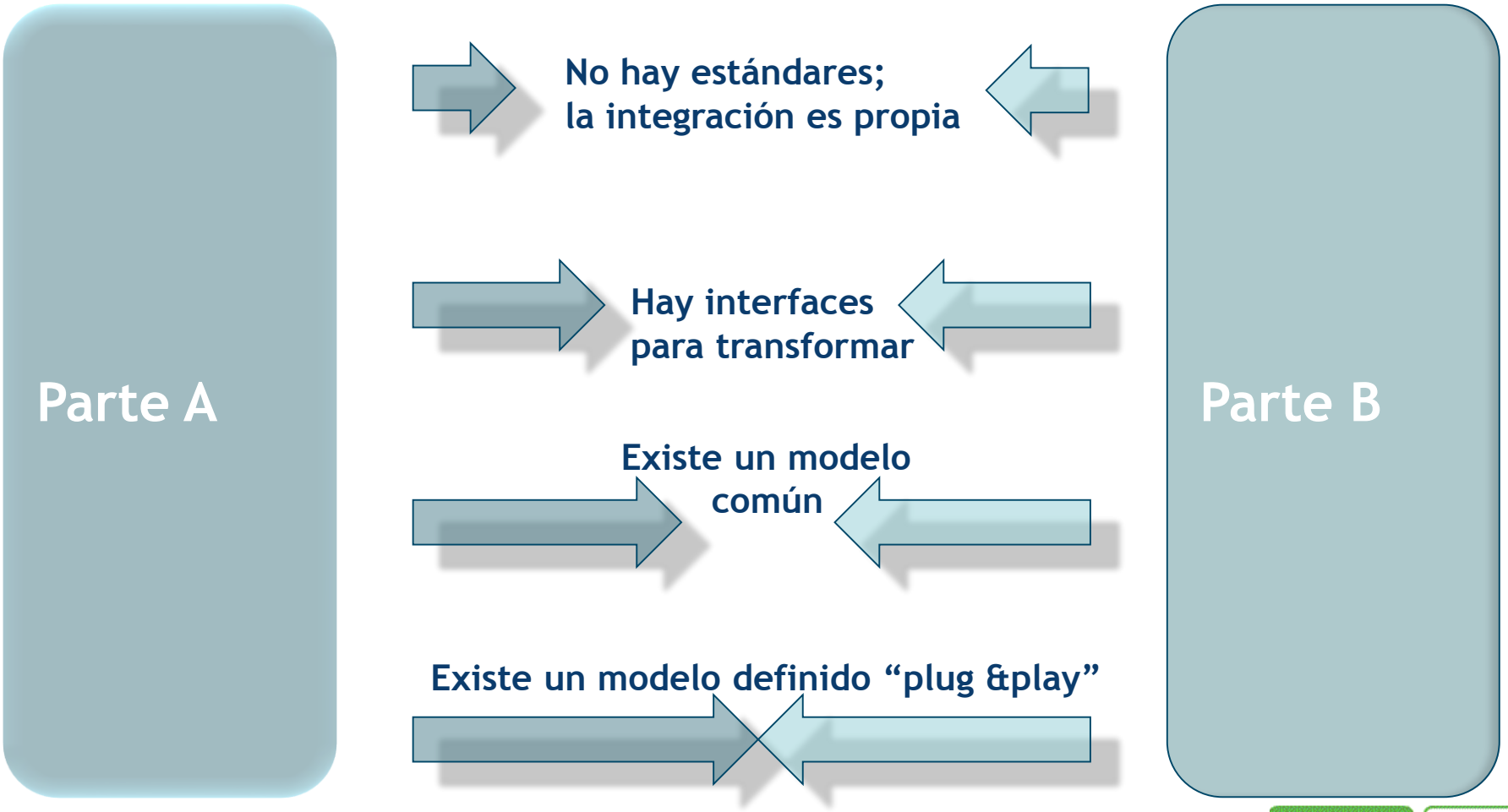
A Jumble of Interfaces
Result In Complex Construction

$ → $

Standard Interfaces
Permit Easy Construction

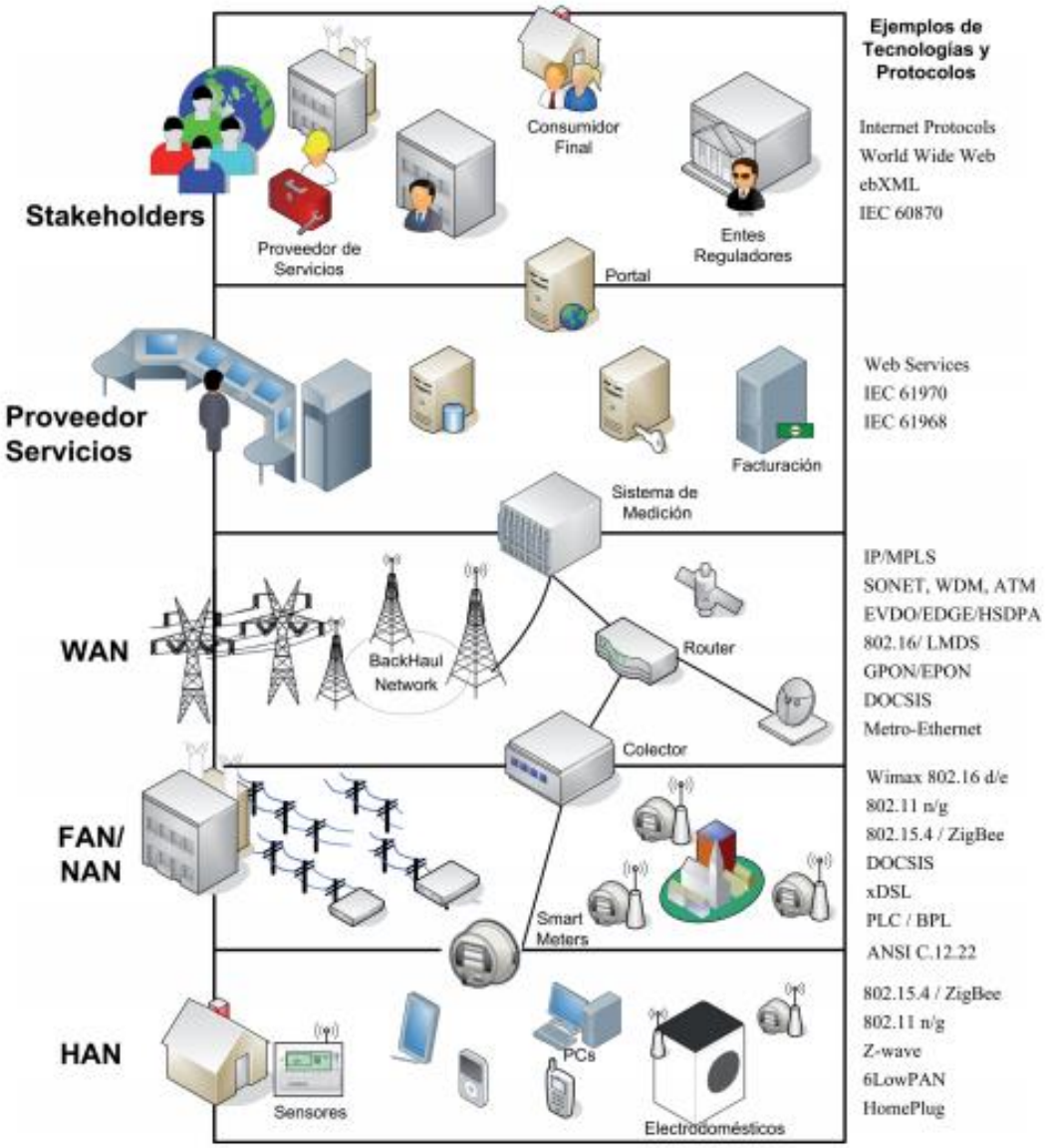
$ → $

Distancia en la integración



Universidad
Industrial de
Santander

Mapeo de estándares y tecnologías



Smart Grid: Las TICs y la modernización de las redes de energía eléctrica – Estado del Arte. Diaz, Hernandez

Universidad Industrial de Santander

Algunas definiciones

EPRI - Smart Grid Resource Center

Una red inteligente es aquella que incorpora información y las comunicaciones en todos los aspectos de la generación, suministro y consumo de electricidad, con el fin de minimizar el impacto ambiental, ampliar los mercados, incrementar la confiabilidad, reducir los costos y mejorar la eficiencia.

IEEE Std 2030™-2011

La Red Inteligente abarca la integración de las tecnologías de energía, comunicaciones, e información para una mejora de la infraestructura de energía eléctrica que atiende a los consumidores y al mismo tiempo que permite una evolución constante de las aplicaciones de uso final.

Redes Inteligentes según IEA

Una red inteligente es una red eléctrica que:
utiliza tecnologías digitales y otras tecnologías avanzadas para monitorear, controlar y gestionar el transporte de electricidad desde todas las fuentes de generación hasta los usuarios finales para satisfacer sus demandas de electricidad.

Las redes inteligentes coordinan las necesidades y las capacidades de generadores, operadores de red, usuarios finales y grupos de interés del mercado eléctrico, para operar todas las partes del sistema:

- tan eficientemente como sea posible,
- minimizando los costos y los impactos ambientales, al tiempo que maximiza
- la confiabilidad del sistema,
- la estabilidad y
- la resillencia.

Redes Inteligentes

- Mayor uso de tecnología digital para aumentar la confiabilidad, seguridad y eficiencia
- Optimización dinámica de las operaciones de la red y de sus recursos
- Uso de recursos y generación distribuida (incluyendo renovables)
- Uso de la gestión de la demanda y de energía - eficiencia
- Diseminación de tecnologías tipo ‘‘*smart*’’para:
  - Medición
  - Comunicaciones y condiciones de la red
  - Automatización de la Distribución
- Uso de almacenamiento avanzado de electricidad y tecnología para aplanar la curva de carga, incluyendo:
  - Vehículos eléctricos híbridos
  - Almacenamiento térmico para aire acondicionado
- Reporte oportuno y opciones de control al consumidor
- Definición de estándares de comunicación e interoperabilidad de equipos a ser conectados a la red
- Reducir o eliminar barreras relacionadas con tecnologías, prácticas y servicios de las *Smart Grids*

EISA 2007: Title XIII - Smart Grid

Universidad Industrial de Santander

Redes Inteligentes - GD

Características de las redes inteligentes :

- Permitir la participación activa de los consumidores
- Acomodar todas las generaciones y las opciones de almacenamiento
- Habilitar nuevos productos, servicios y mercados
- Proporcionar calidad de la energía para la economía digital
- Optimizar la utilización de activos y operar de manera eficiente
- Anticipar y responder a las perturbaciones del sistema (auto-curación)
- Resiliencia - “Resistir - soportar “ ataques o desastres naturales

http://www.netl.doe.gov/smartgrid/

Redes Inteligentes
Síntesis

Red existente	Red futura
Flujo de potencia unidireccional	Flujo de potencia bidireccional
Comunicación unidireccional	Comunicación bidireccional
Sensores limitados	Sensores en todo el sistema
Monitoreo limitado	Amplio monitoreo
Restauración manual	Auto-reparación
Supervisión semiautomática o manual	Supervisión remota
Control limitado	Control avanzado
Consumidor pasivo	Bastantes opciones del consumidor

Contenido

- Introducción
- Redes Inteligentes
- Microrredes
- Ciudades inteligentes
- Generación Distribuida
- Casos de estudio
- Comentarios Finales

Universidad Industrial de Santander

Motivación:

- desarrollar tecnologías y técnicas adecuadas para la explotación segura y económica de las fuentes de energía renovables incluidos elementos de almacenamiento (DER) y su integración al sistema.
- problemas técnicos en el proceso de control y la gestión de las fuentes no renovables de energía no asignables, como la eólica y la energía solar (comportamiento impredecible)
- Atención de la demanda con niveles apropiados de seguridad, eficiencia y economía usando DER
- impacto de nuevas fuentes en la seguridad de la red global y la confiabilidad
- Modificaciones a los sistemas de protección y control

MICRORREDES

Universidad Industrial de Santander

Microrred*

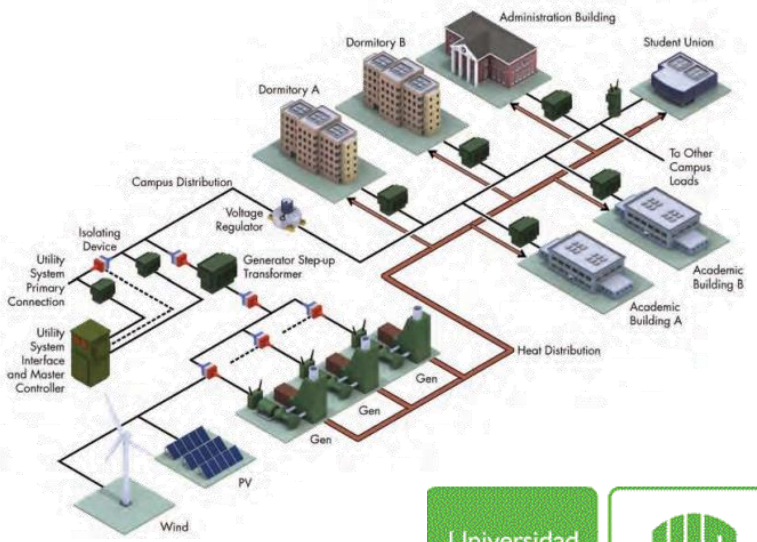
Una microrred es un grupo de cargas interconectadas y recursos distribuidos dentro de límites bien definidos que actúan como una única entidad controlable con respecto al sistema.

Una microrred puede conectarse y desconectarse del sistema de potencia y funciona correctamente tanto conectada a la red o en modo isla

"Microrred es una versión moderna, o versión a pequeña escala del sistema eléctrico centralizado. Logra metas específicas locales, relacionadas con confiabilidad, reducción de emisiones de carbono, diversificación de las fuentes de energía y reducción de costos, establecidas por la comunidad a la que sirve "

Consumer Microgrid

Community Microgrid



* NELT - Power System Optimization Smart Grid, Demand Dispatch and Microgrids, Sep,2011
http://www.netl.doe.gov/smartgrid/

Universidad Industrial de Santander

Microrred*

Una microrred es una red inteligente:

- Gestión de generación, consumos y sistemas de almacenamiento
- El controlador central de la microrred da una respuesta única:
  - Equilibrio entre generación y demanda internas
  - Coordinación eficiente de los elementos para dar una respuesta agregada y transparente a la red externa
- El operador ve a la microrred como un único consumidor/generador agregado.
- Habilita el incremento de la penetración de renovables. Se mejora su gestión y su visibilidad
- El concepto de microrred permite una transición clara y transparente del paradigma actual hacia redes inteligentes de mayor tamaño.
  - Funcionan como elementos integrantes en las mismas
  - Resultados y experiencias útiles

La **microrred** es una agregación de cargas y microgeneradores operando como un sistema único que provee tanto energía eléctrica como térmica.

* Centro de Energías Renovables - CENER
http://www.cener.com/es/index.asp

Universidad Industrial de Santander

Microrred - Clasificación

Por tipo de tensión:

- **AC.** Todos los elementos se conectan a un mismo bus AC para llevar intercambio de energía entre ellos. Este bus se conecta en un único eléctrica lo que permite la interacción con la misma. Dentro de la microrred una distribución de energía eléctrica en AC
- **DC.** La distribución de la energía dentro de la microrred se hace en elementos de la microrred se conectan a un mismo bus DC y este se eléctrica a través de un convertidor DC/AC. Las cargas AC se alimentarían un convertidor
- **Mixta.** En este caso coexisten dos buses: uno DC unido a la red eléctrica convertidor AC/DC y otro AC que seria la propia red eléctrica. Los diferentes se pueden conectar en función de sus características al bus DC o AC

http://www.cener.com/es/index.asp

Microrred - Clasificación

Por su distribución:

- Sistemas centralizados:

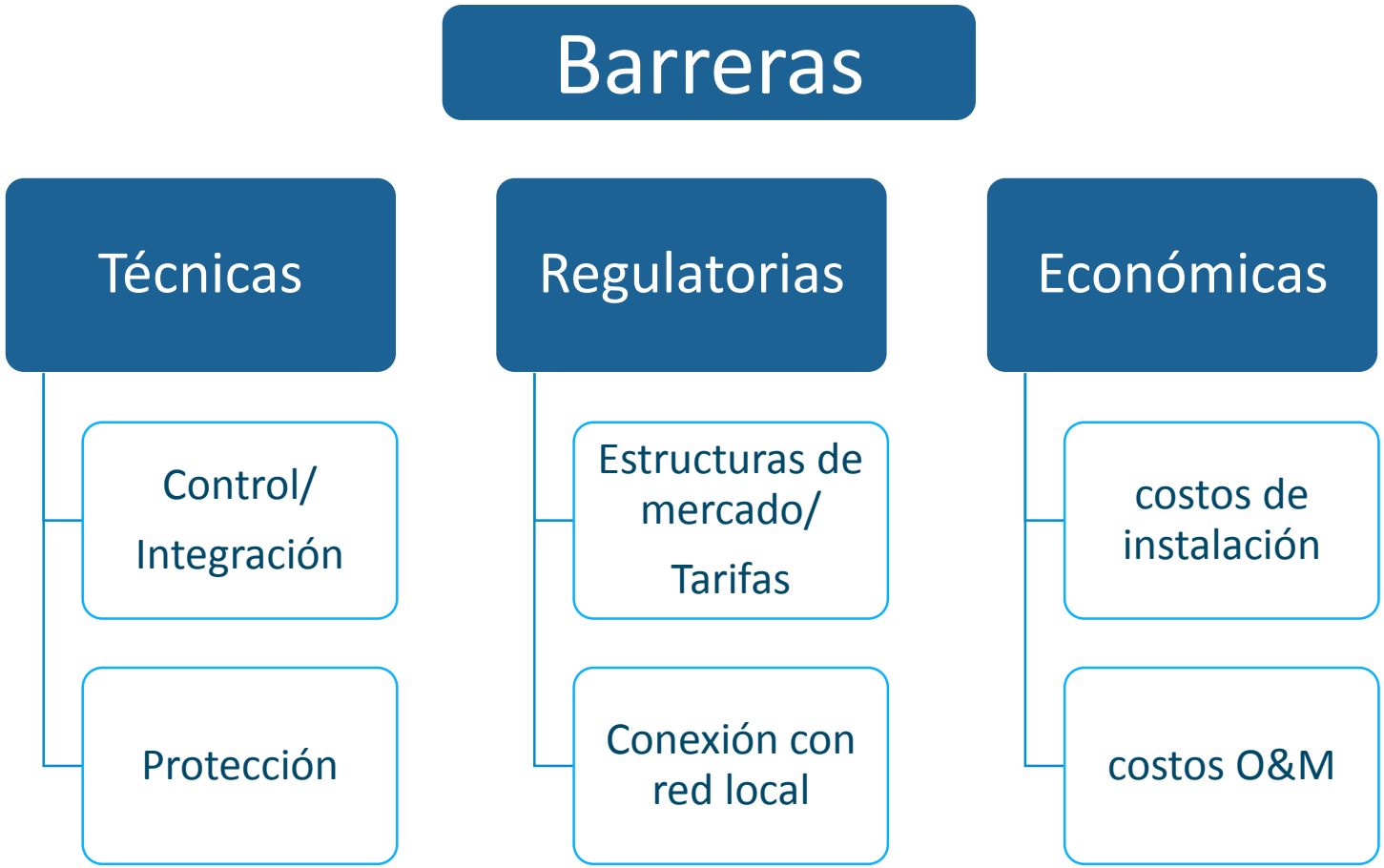
  Un sistema está centralizado cuando todos son controlados por una unidad central a partir de la cual se inyecta la energía a la red. La comunicación entre los distintos componentes es mucho más fácil si están localizados en un mismo punto.

- Sistemas descentralizados:

  Los sistemas de generación no se encuentran conectados al mismo punto, sino que comparten una infraestructura distribución común en donde se conectan el resto de elementos de la microrred (almacenamiento, cargas, etc.)

http://www.cener.com/es/index.asp

Microrred


Barreras
Técnicas
Control/
Integración
Protección
Regulatorias
Estructuras de mercado/
Tarifas
Conexión con red local
Económicas
costos de instalación
costos O&M

Microrredes: Características (1)

- Flexibilidad
  - Conexión voluntaria/emergencia a red interconectada
  - Incorporación de nuevas fuentes
  - Incorporación de almacenamiento
  - Ajuste de acuerdo con la disponibilidad de las fuentes
  - Ajuste de acuerdo con el modelo de “mercado” (tarifas)
  - Ajuste de acuerdo con la participación del consumidor (nuevos servicios)
- Sostenibilidad
  - Operativa
    - Condiciones normales operación con recursos locales (capacitación básica)
    - Condiciones Planificación/emergencia con soporte remoto (pronóstico condiciones ambientales, fallas de equipos)
  - Mantenimiento
    - Rutinario con recursos locales
    - Proactivo/Emergencia con soporte remoto (gestión de activos en bloque con otras micro-redes, mant. remoto de fallas/versiones de software, etc.)

Microrredes: Características (2)

Micro-redes con horas de suministro de acuerdo con las fuentes disponibles y consumidores activos de la comunidad (autonomía depende tanto de generación como del consumo)

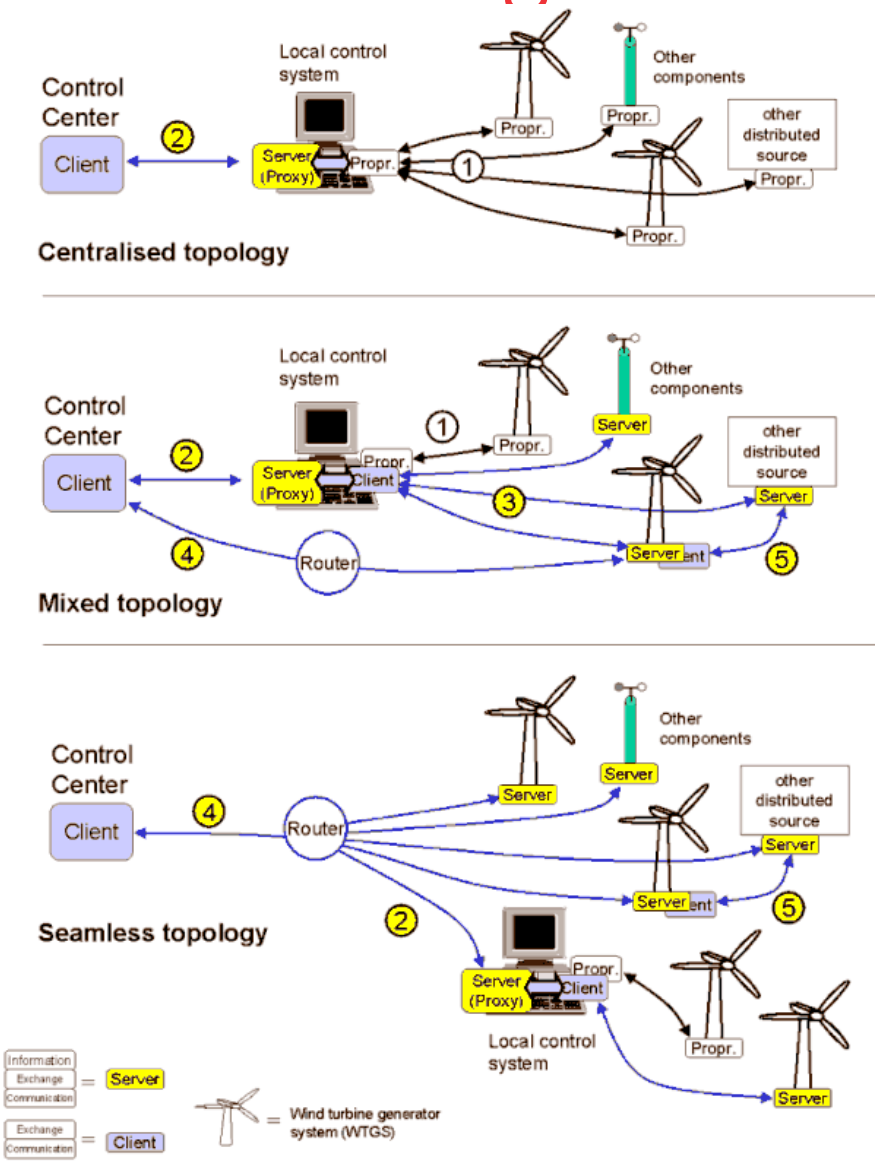
- Supervisión y soporte centralizado distribuyendo costos comunes entre varias micro-redes:
  - Atención remota para planificación/coordinación/emergencias
  - Repuestos
  - Compras en bloque

- Participación activa de la comunidad en la operación y mantenimiento básicos

Si una microrred no puede operar en isla, entonces no es una microrred.

Universidad Industrial de Santander

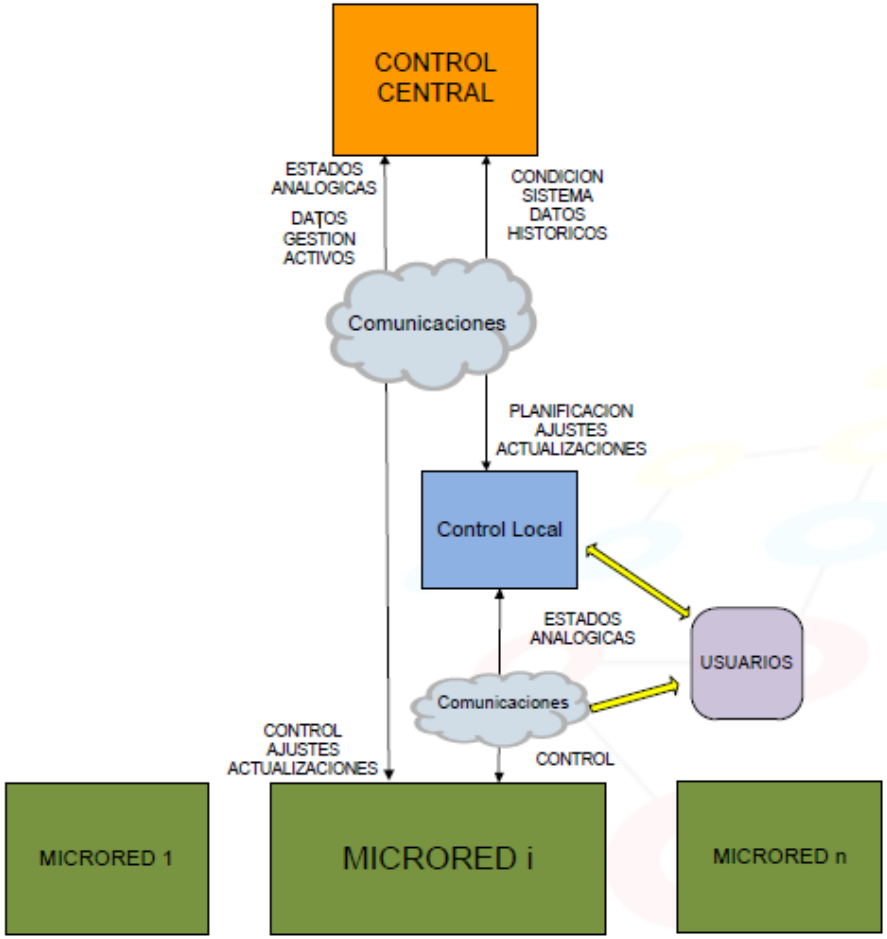
Microrredes: Configuración



http://www.scc-online.de/std/61400/wd1.html

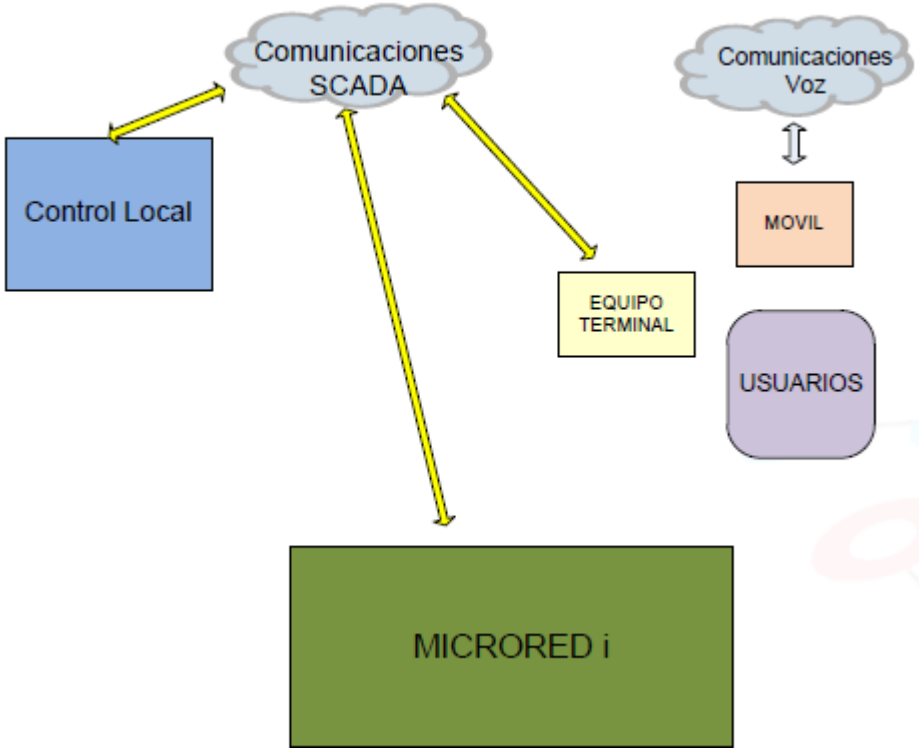
Universidad Industrial de Santander

Microrredes

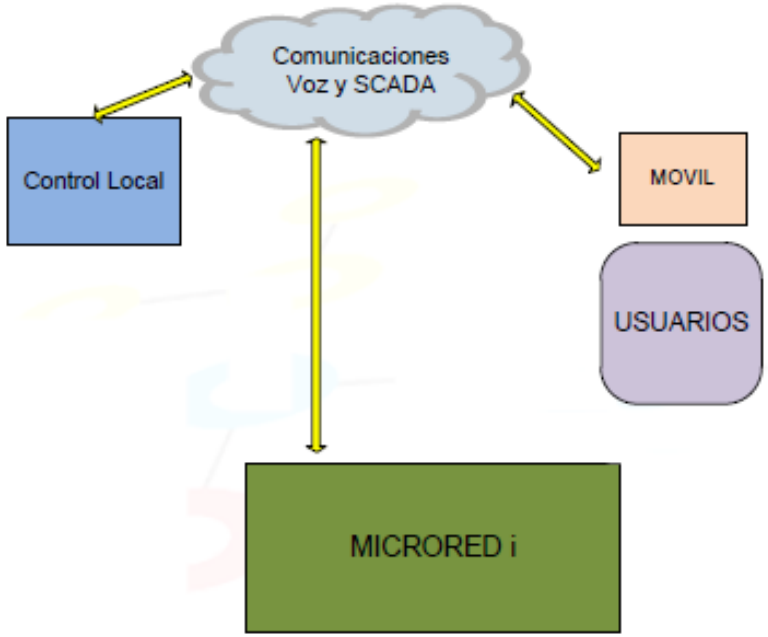


Universidad Industrial de Santander

Microrredes: Configuración

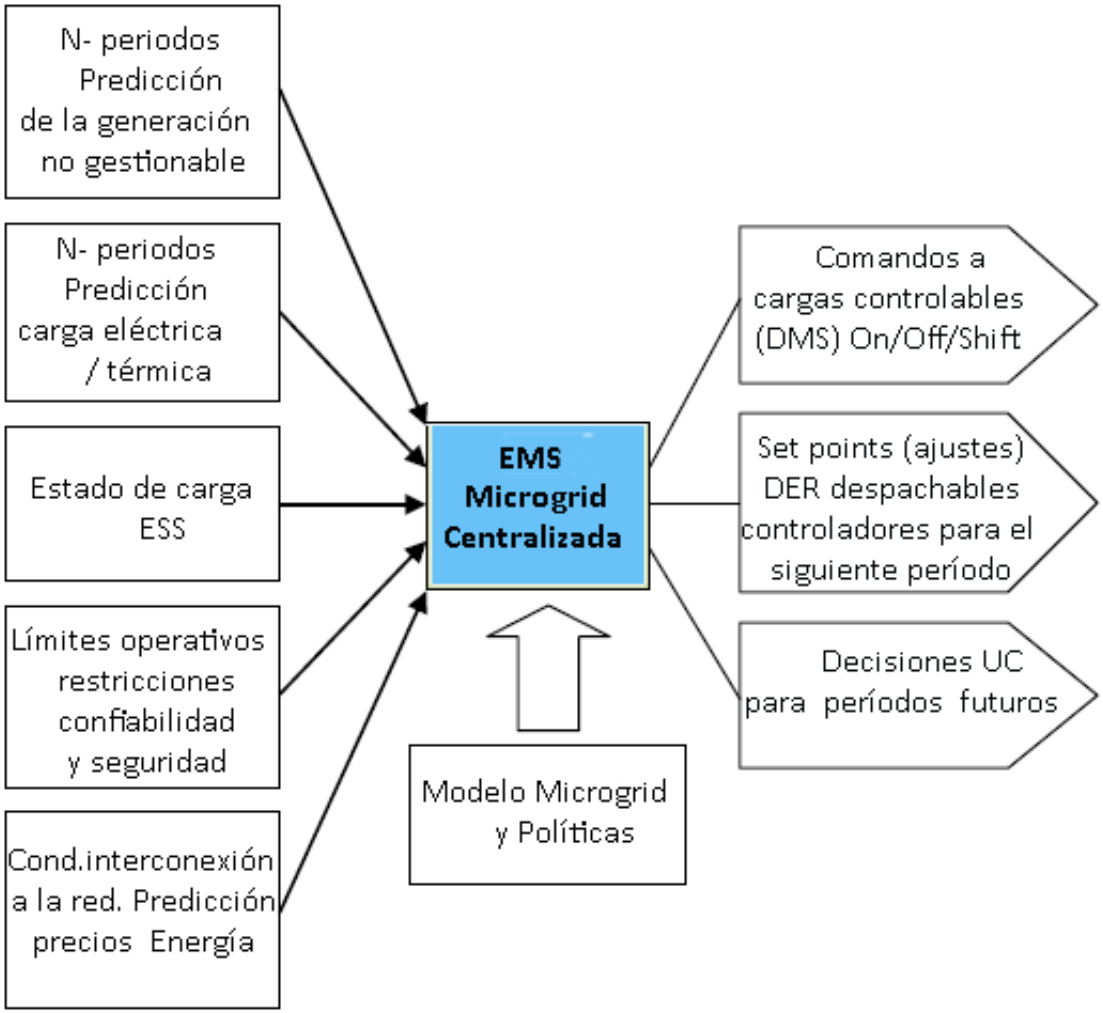


Comunicaciones Separadas



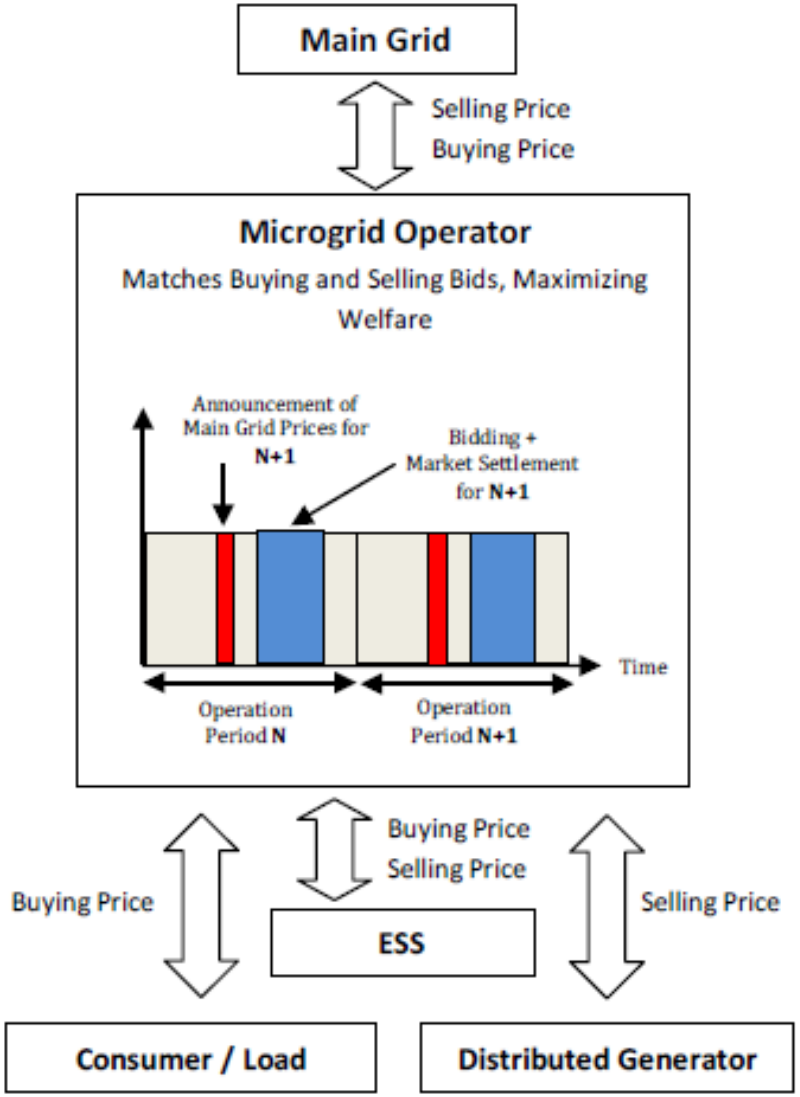
Comunicaciones Integradas

Control central



Universidad Industrial de Santander

Microrred: Control Centralizado



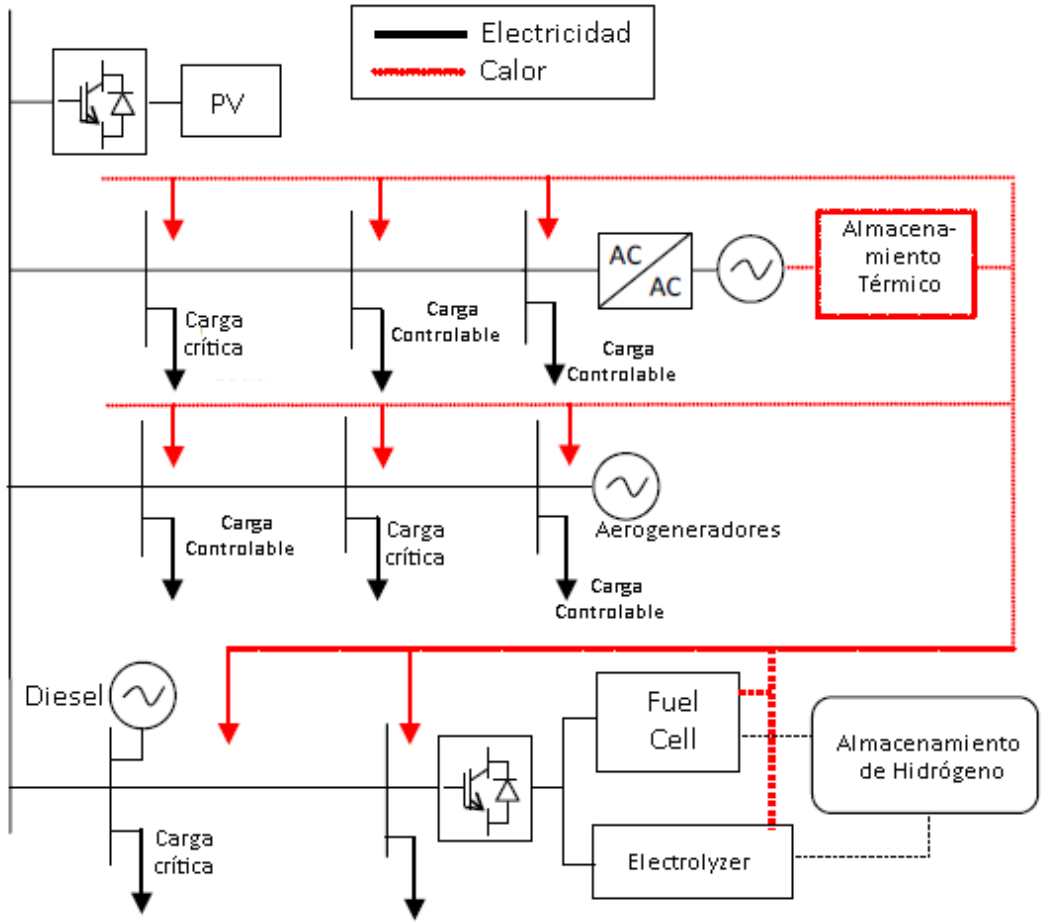
DEMS Multiagente
Dynamic
Energy
Management
System

ESS Energy Storage System

IEEE PES General Meeting, July 2011
A Centralized Optimal Energy Management System for Microgrids
Claudio Cañizares et al.

Universidad Industrial de Santander

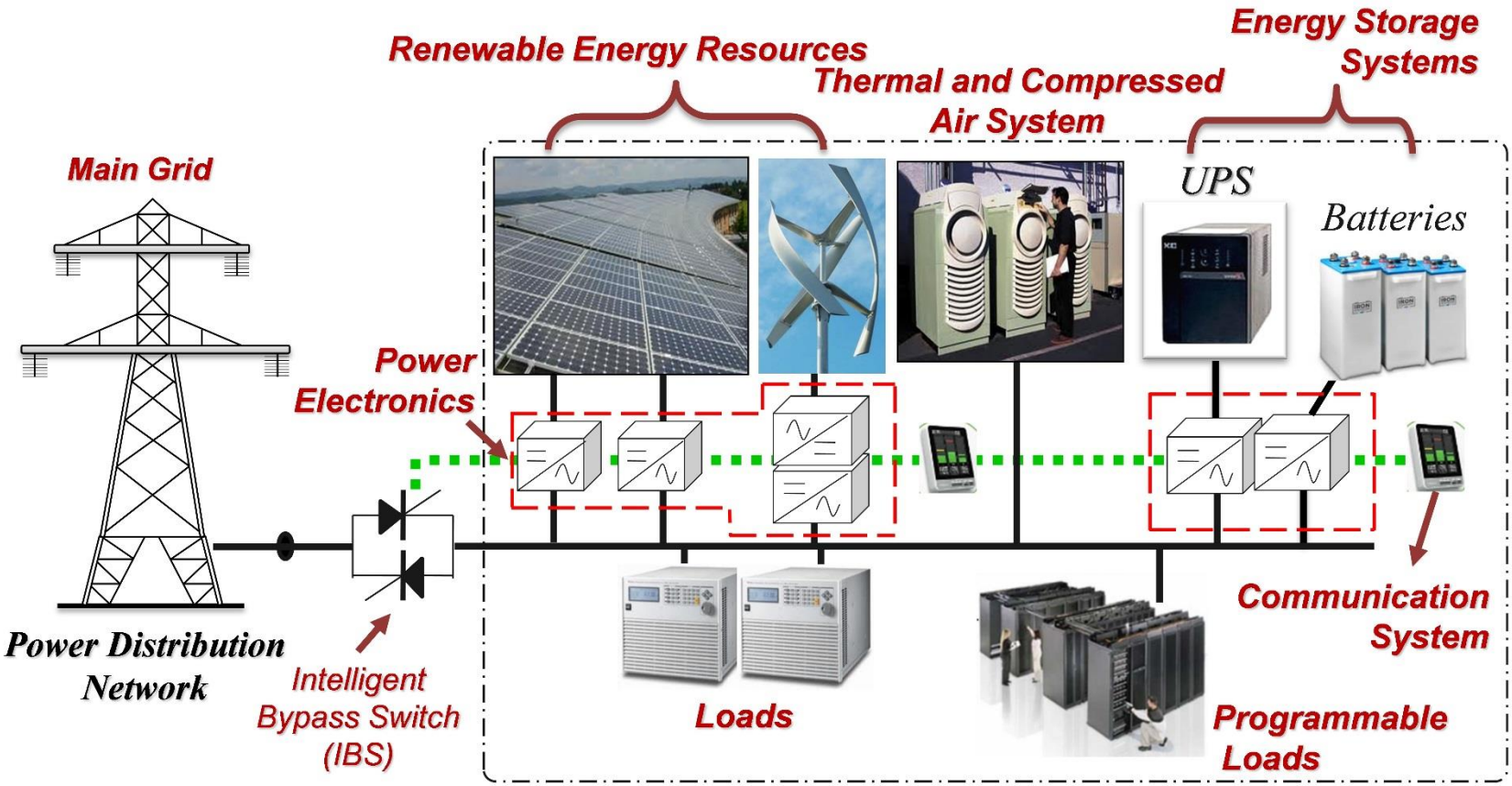
Configuración Microrred - 1



IEEE PES General Meeting, July 2011
A Centralized Optimal Energy Management System for Microgrids
Claudio Cañizares et al.

Universidad Industrial de Santander

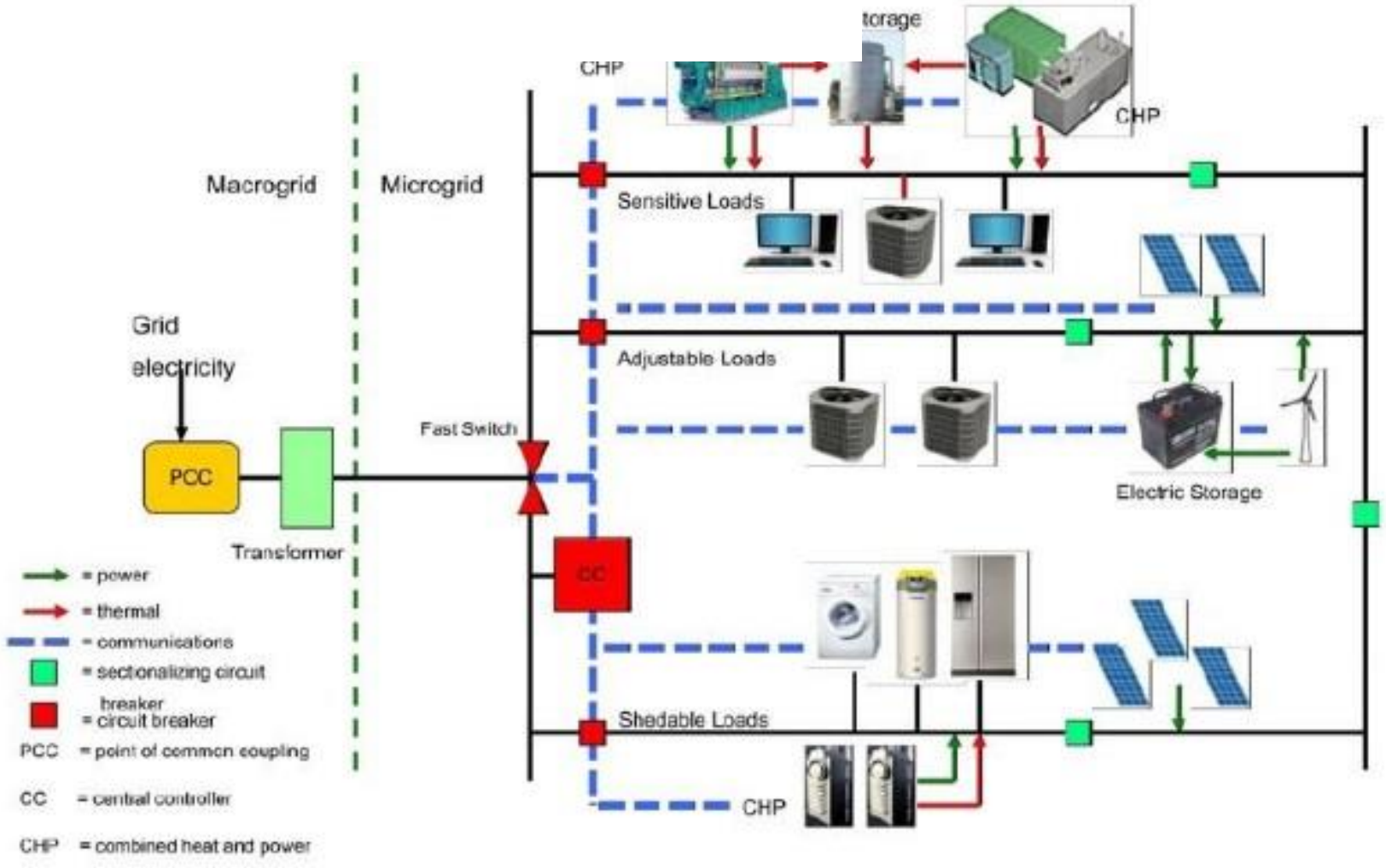
Configuración Microrred - 2



http://www.et.aau.dk/research-programmes/microgrids/

Universidad Industrial de Santander

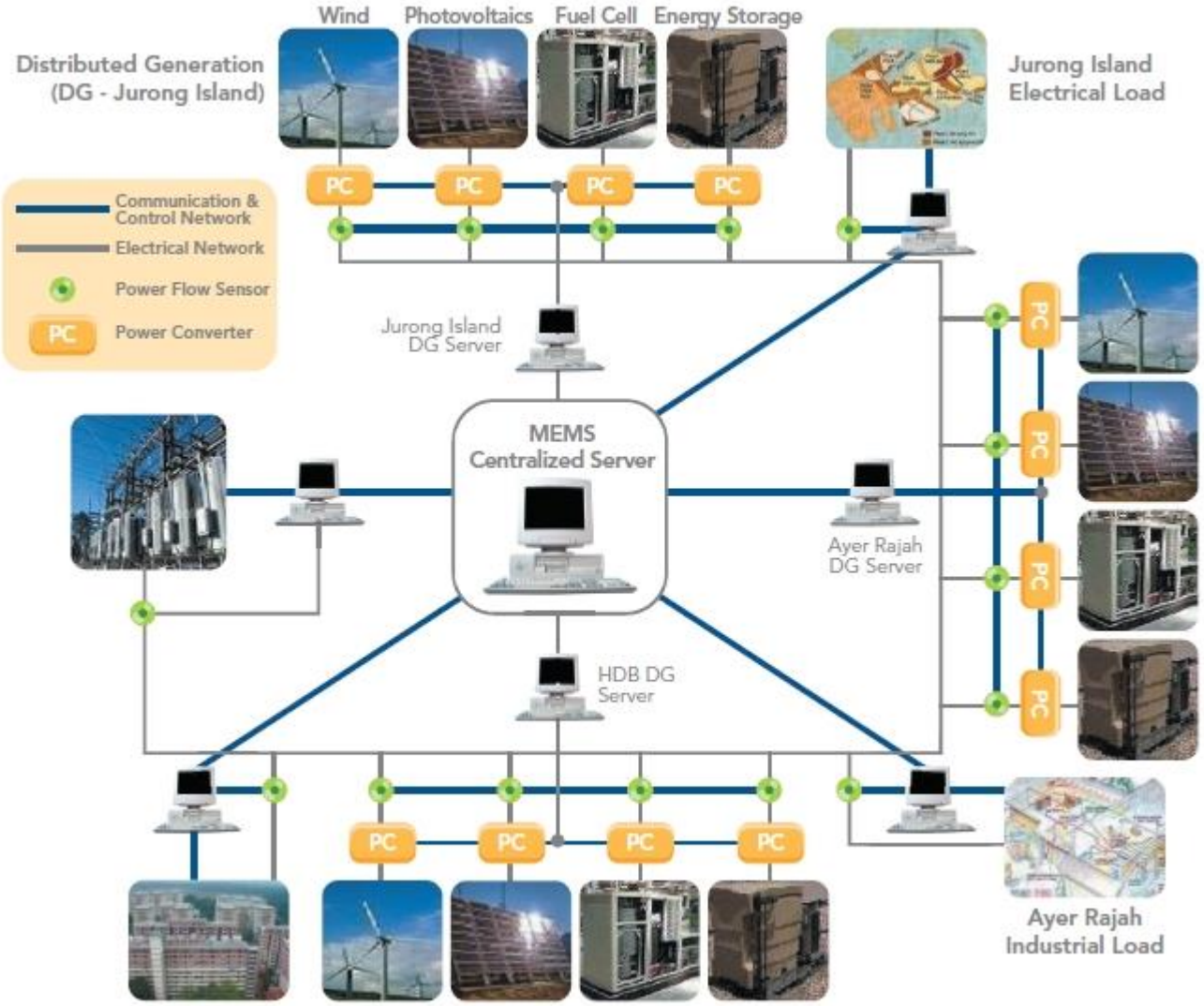
Configuración Microrred - 3



http://innovationtrail.org/post/energy-future-micro-grids-explained

Universidad Industrial de Santander

Configuración Microrred - 4



http://eeeweba.ntu.edu.sg/power_projects/mg-ems/introduction.asp

ersidad
Industrial de
Santander

Estudio de caso : ESUSCON - Chile

Criterios de evaluación:

- Impacto: comprende el análisis de los impactos socioeconómicos y ambientales generados por el proyecto

- Sustentabilidad: es el análisis del funcionamiento del proyecto a largo plazo, cuando no exista ayuda externa.

Impactos y variables ambientales	Variable
Reducción de emisiones de CO2	Emisiones de CO2
Daño a la fauna	Mortalidad de fauna
Contaminación acústica	Emisiones de ruido
Contaminación visual	Cambio sobre el Paisaje

J.P. Inostroza, "Propuesta metodológica para la evaluación socioeconómica y ambiental de proyectos de micro-redes con fuentes de energía renovable en comunidades rurales del norte de Chile' Tesis, U. de Chile

Universidad Industrial de Santander

Estudio de caso : ESUSCON - Chile

Ámbito	Variables de sustentabilidad
Participación e involucramiento	Participación en el proceso
	Toma de decisiones
	Aporte mano de obra
	Aporte financiero
	Operación por parte de la comunidad
	Conocimiento del sistema
Aceptación	Satisfacción con respecto al sistema
	Distribución de los impactos
	Acción de organismos externos

http://ingenieria.uchile.cl/videos/89707/proyecto-de-generacion-electrica-de-la-fcfm-en-huatacondo

Estudio de caso : Prov. Aisladas - Ontario

Antecedentes

- En Canadá , hay más de 175 comunidades aisladas de la red que generan electricidad mediante generadores locales ; 140 de estas comunidades se basan únicamente en diésel
- Aprox. 100 000 personas viven en estas comunidades , donde el precio promedio sin subsidio $ 1.3/kWh (incluido Nunavut)
- Ontario tiene una población aprox. de 15 000 personas repartidas en más de 31 comunidades remotas, donde los rangos de costo de electricidad de $ 0.4 a $ 1.2/kWh .
- la capacidad instalada de generación es una limitante que impide el crecimiento de servicio y el desarrollo económico
- Problemas asociados con emisiones de carbono, y la fuerte dependencia de los precios del combustible (sin considerar cuest. políticas y sociales)
- Existen experiencias en Canadá del uso de energía proveniente de fuentes renovables

Universidad Industrial de Santander

Gracias

Especialización Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica

Julio de 2016