



CONSTRUIAMOS FUTURO



Escuela de Ingenierías Eléctrica,  
Electrónica  
y de Telecomunicaciones

Prof. Gabriel Ordóñez Plata

[gaby@uis.edu.co](mailto:gaby@uis.edu.co)

Prof. César A. Duarte G.

[cedagua@uis.edu.co](mailto:cedagua@uis.edu.co)

# Especialización en Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica

Agosto de 2015

# Programación del curso



CONSTRUIAMOS FUTURO

Día	Tema	Horas
<b>Viernes, agosto 14</b>	- Recapitulación - Presentaciones de estudiantes (4)	2
	Sistemas de Automatización de la Distribución	2
<b>Sábado, agosto 15</b>	Experiencias y estudios de casos de Automatización de la distribución.	2
	Medición Inteligente (Smart Metering). Experiencia y estudio de caso. - Presentaciones de estudiantes (4)	3
	SCADA y Dispositivos Electrónicos Inteligentes (IEDs)	2
	Protocolos de Comunicación, normatividad.	1

# Programación del curso



CONSTRUIAMOS FUTURO

## Evaluación:

- Síntesis y resumen escrito de lecturas en clase.
- Presentación de lecturas
- Informe visitas

# Smart Grids



CONSTRUIAMOS FUTURO

## Agenda:

- **Motivación**
- Aproximación a la definición de Smart Grid: Conceptos, categorías tecnológicas, visión *smart*
- Retos
- Nuevos componentes y conceptos.
- Proyectos a nivel mundial

# Motivación



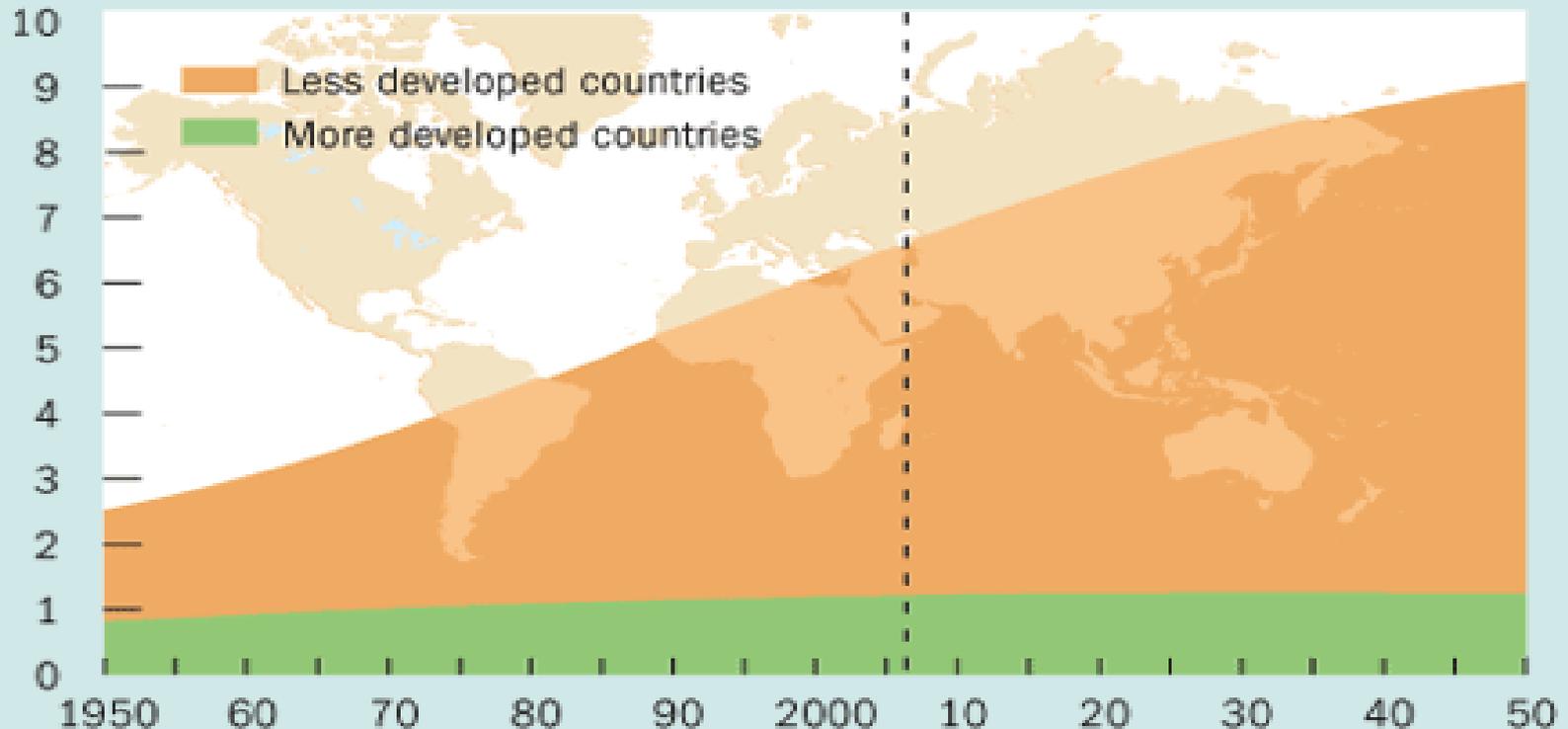
Universidad  
Industrial de  
Santander



CONSTRUYAMOS FUTURO

**The world's population is expected to reach 9.1 billion by 2050, with virtually all population growth occurring in less developed countries.**

(population, billions)



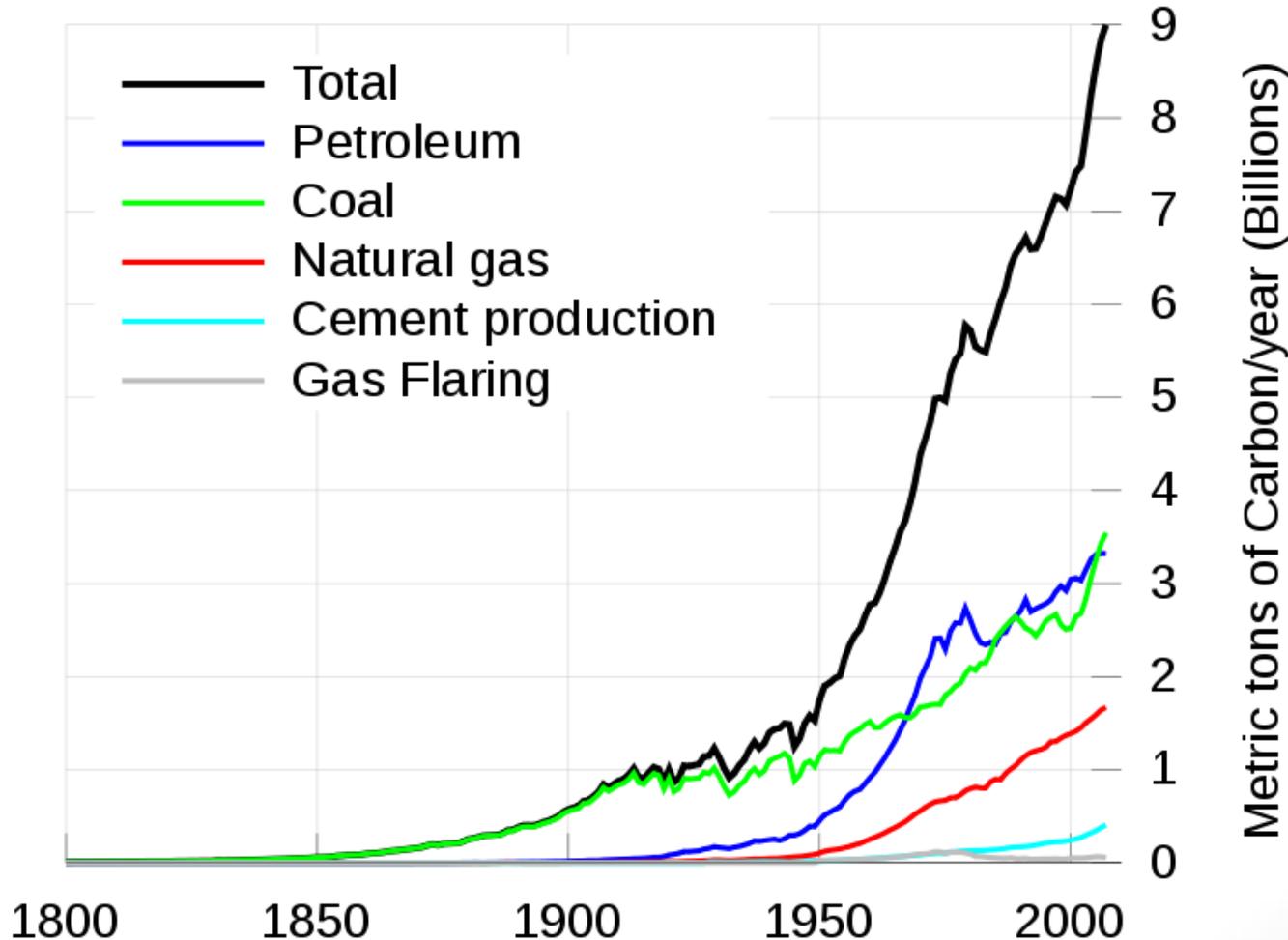
# Motivación



Universidad  
Industrial de  
Santander



CONSTRUIMOS FUTURO



# Motivación



CONSTRUIAMOS FUTURO

## ¿Cuáles son los problemas que debemos resolver?

### Modelo actual: insostenible

- Agotamiento de reservas fósiles
- Impacto medio-ambiental
- Precios crecientes de la energía



### Necesidad de un nuevo escenario energético

- Nuevas tecnologías y sistemas
- Nuevas formas de transar energía y mercados
- Recursos energéticos distribuidos

# Motivación



CONSTRUIMOS FUTURO

## Panorama de consumo de electricidad

### Energy Information Administration (US): EIA

<http://www.eia.gov/>

<http://www.eia.gov/countries/country-data.cfm?fips=CO&trk=m>

### International Energy Agency: IEA

<http://www.iea.org/>

<http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?&country=COLOMBIA&year=2011&product=Indicators>

# Motivación



CONSTRUIMOS FUTURO

## Panorama de consumo de electricidad

País	Población (millones)	Consumo (Twh)	Consumo per cápita (kWh)
Colombia	46,93	52,86	1.126,36
USA	312,04	4127,31	13.226,86
China	1344,13	4432,90	3.297,97
Brasil	196,66	480,12	2.441,37
Dinamarca	5,57	34,10	6.122,08

## Datos Banco Mundial

# Motivación



CONSTRUIAMOS FUTURO

## Smart Grid: Sistemas eléctricos del futuro

Liberación

Energía renovable

Innovación y  
competitividad

Confiabilidad y  
calidad

Bajos precios y  
eficiencia

Capacidad

**Mercados de energía**

**Seguridad y calidad**

**Medio ambiente**

Preservación de los  
recursos naturales

Cambio  
climático

Contaminación

# Definición Int. Energy Ag.



CONSTRUIMOS FUTURO

Red de electricidad que utiliza tecnología digital para controlar y gestionar el transporte de la energía desde todas las fuentes de generación disponibles con el propósito de satisfacer la demanda de electricidad de los usuarios finales.

Tienen capacidad de coordinar las necesidades y capacidades de todos los generadores, operadores de red, las instituciones involucradas en los mercados energéticos y los usuarios finales, de tal forma que se pueda optimizar la utilización de activos, la operación de los sistemas, los procesos, reducir los costos y los impactos ambientales bajo condiciones de confiabilidad y estabilidad.

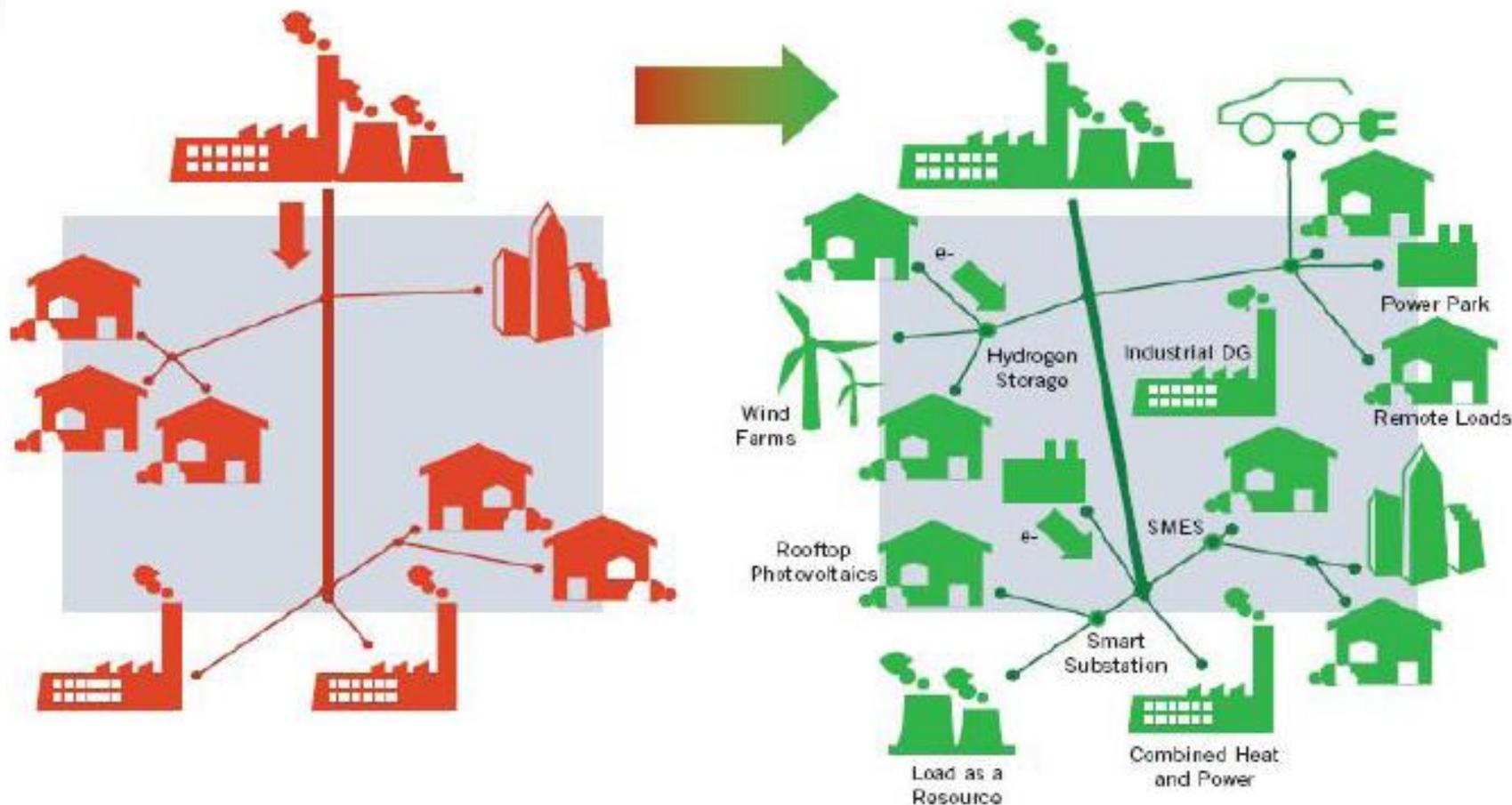
# Smart Grid



Universidad  
Industrial de  
Santander



CONSTRUIMOS FUTURO

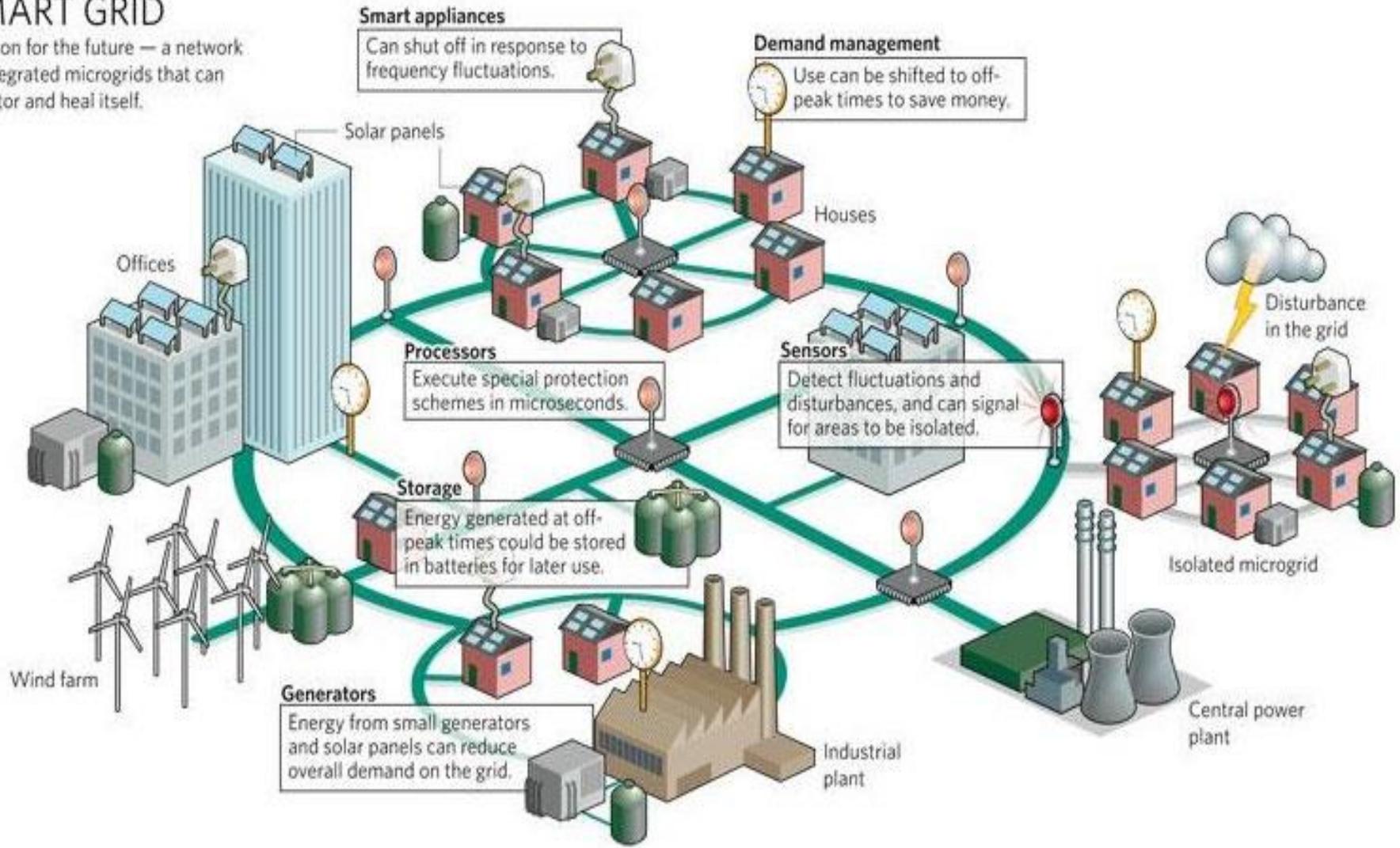


# Esquemáticos de Smart Grid



## SMART GRID

A vision for the future — a network of integrated microgrids that can monitor and heal itself.

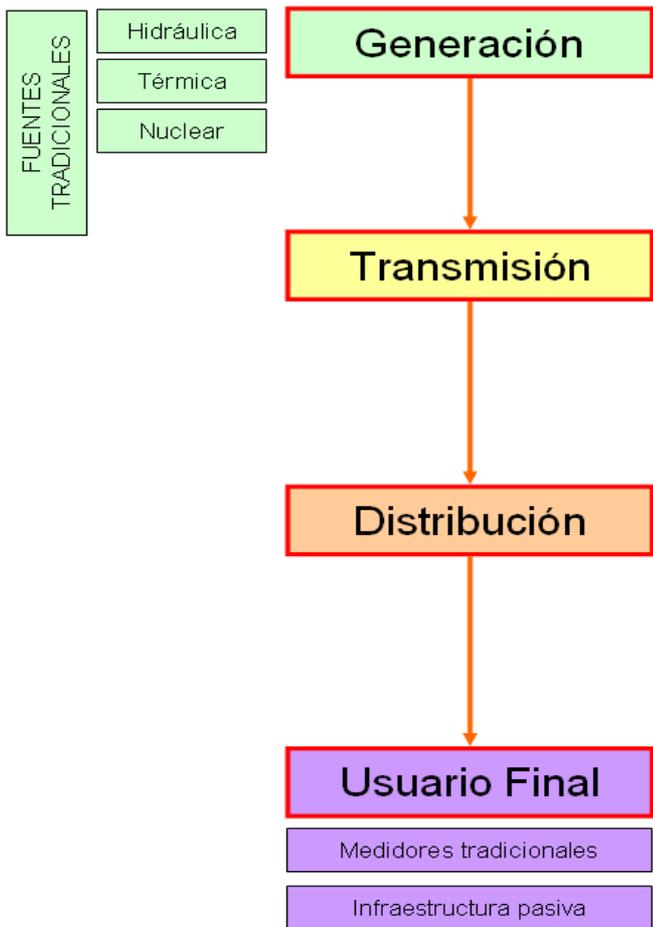


# Categorías tecnológicas



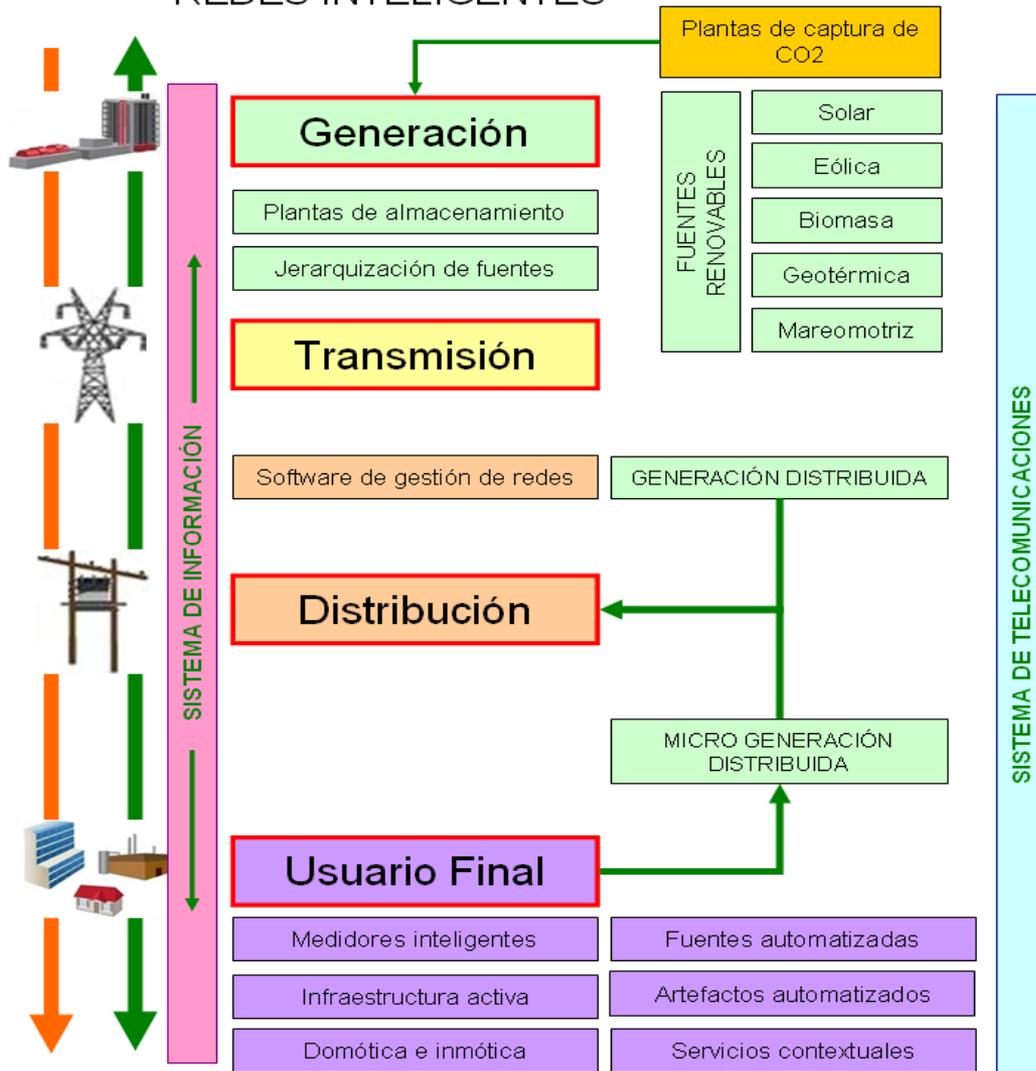
CONSTRUIMOS FUTURO

## SISTEMAS TRADICIONALES



INTEGRACIÓN VERTICAL UNIDIRECCIONAL

## REDES INTELIGENTES



INTEGRACIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL MULTIDIRECCIONAL

# Visión Smart



CONSTRUIMOS FUTURO

- Concepto *Smart Grid* en Dinamarca :

<https://www.youtube.com/watch?v=QqfMwEQ2pbc>

# Visión Smart



CONSTRUIMOS FUTURO

## SMART GRIDS: Inteligencia en Acción



# Visión Smart



CONSTRUIMOS FUTURO

- **Integración de las fuentes de energías renovables (Fotovoltaica, Eólica, Biomasa, Geotérmica, ....)**
- **Modificar los mercados energéticos para ajustarlos a las nuevas realidades y necesidades.**
- **Preservar el medio ambiente: promoviendo el uso eficiente de la energía.**
- **Involucrar a los usuarios de la energía en este nuevo esquema.**
- **Integración de los recursos energéticos distribuidos.**

# Visión Smart



CONSTRUIMOS FUTURO

- **Operación segura y económica.**
- **Gestión individual de los consumos.**
- **Flexibilidad, accesibilidad y confiabilidad.**
- **Optimización de los procesos y la demanda.**
- **Mejora la gestión de los activos.**
- **Minimizar el impacto de las interrupciones.**
- **Integración del transporte en las redes eléctricas**

# Visión Smart



CONSTRUIMOS FUTURO

## Red existente

Flujo de potencia unidireccional

Comunicación unidireccional

Sensores limitados

Monitoreo limitado

Restauración manual

Supervisión semiautomática o manual

Control limitado

Consumidor pasivo

## Red futura

Flujo de potencia bidireccional

Comunicación bidireccional

Sensores en todo el sistema

Amplio monitoreo

Auto-reparación

Supervisión remota

Control avanzado

Bastantes opciones del consumidor

# Retos...



CONSTRUIMOS FUTURO

- Desarrollo e integración de sistemas de almacenamiento de electricidad y “peak shaving” incluyendo vehículos eléctricos e híbridos y almacenamiento térmico
- Opciones de control e información a los consumidores
- Desarrollo de normas para comunicación e interoperatividad entre los equipos de la red
- <http://www.youtube.com/watch?v=N8jqbKd8hVg&feature=related>
- <http://www.youtube.com/watch?v=uBdO7N88o98&feature=related>

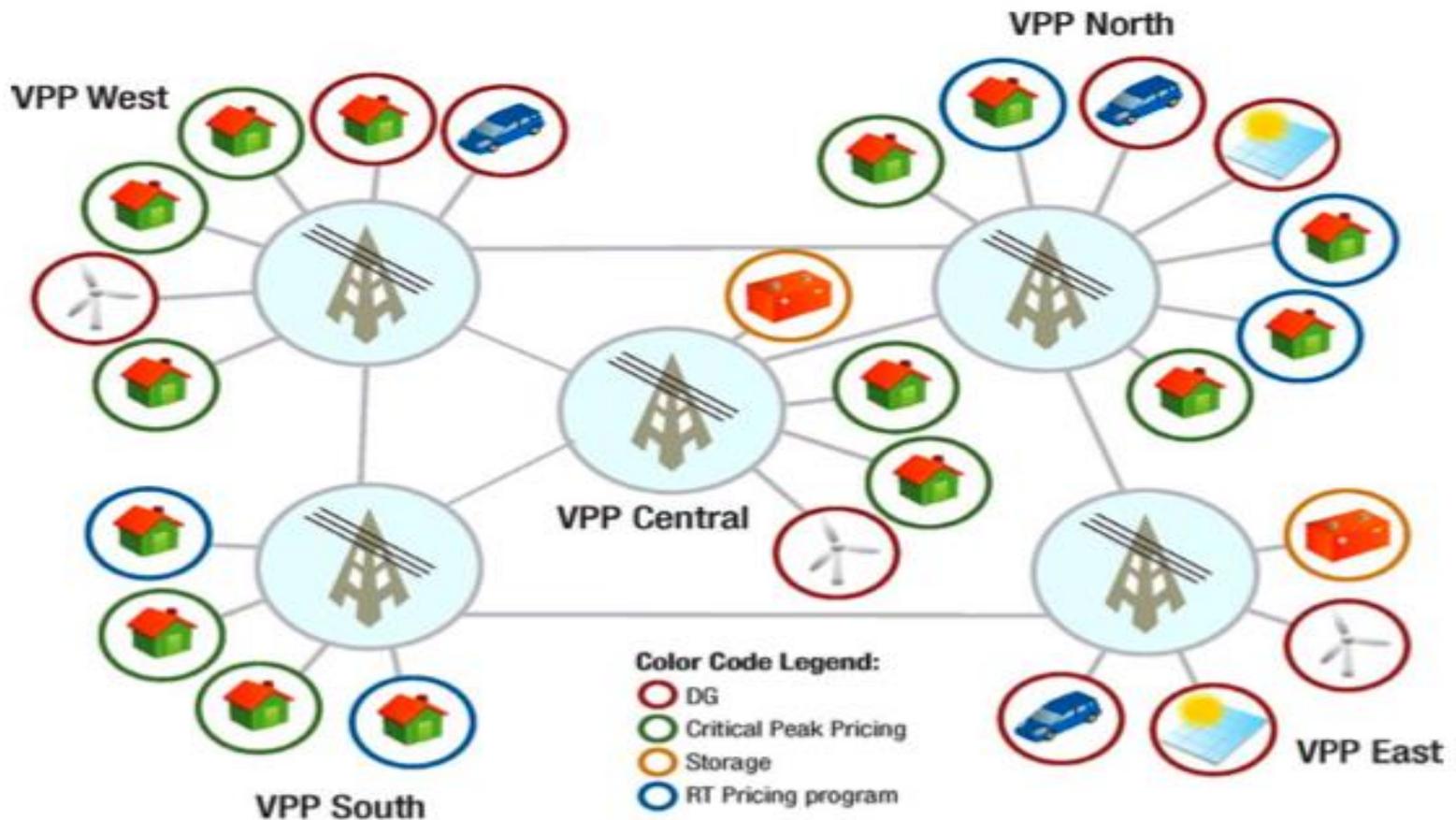
# Lo nuevo...



CONSTRUIMOS FUTURO

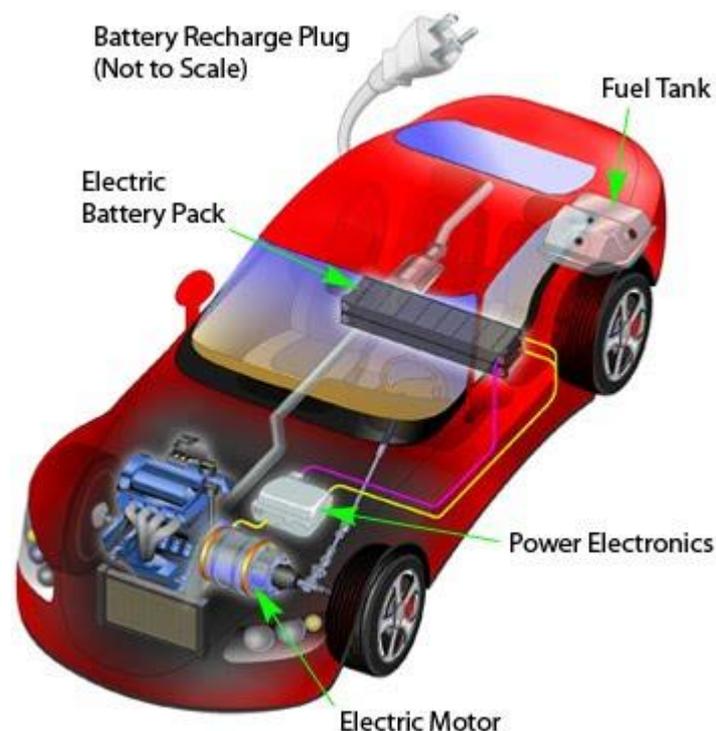
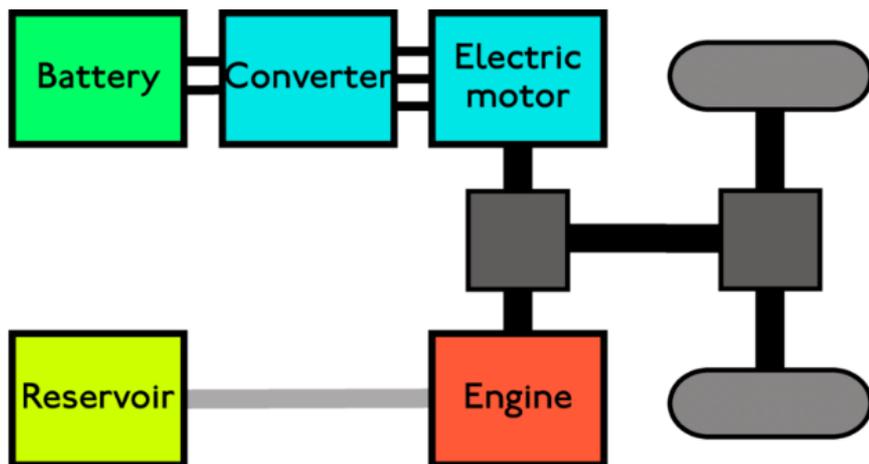
## • Virtual power plants (VPP)

### Aggregations of Demand Response & Distributed Generation



# Lo nuevo...

- Vehículos eléctricos
- Baterías
- Celdas de combustible
- Híbridos



Universidad  
Industrial de  
Santander



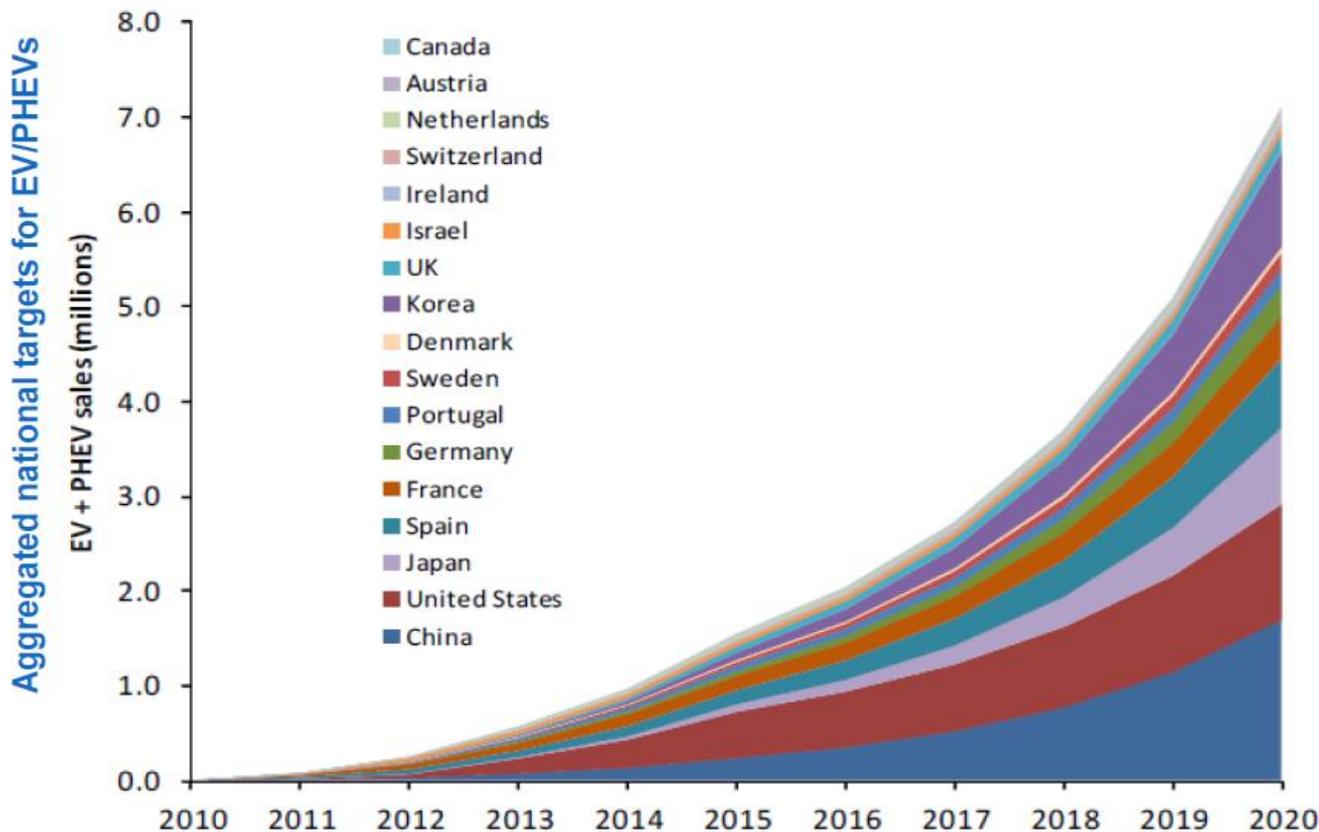
CONSTRUIMOS FUTURO

# Lo nuevo...



CONSTRUIMOS FUTURO

## • Vehículos eléctricos



En 2011 llegaron al mercado cerca 40 modelos distintos y se espera otro tanto en el 2012

Clean Energy Progress Report,  
IEA input to the Clean Energy Ministerial - Update June 2011

# Lo nuevo...



Universidad  
Industrial de  
Santander



CONSTRUIMOS FUTURO

- Vehículos eléctricos



# Lo nuevo...

- Vehículos eléctricos



CONSTRUIAMOS FUTURO

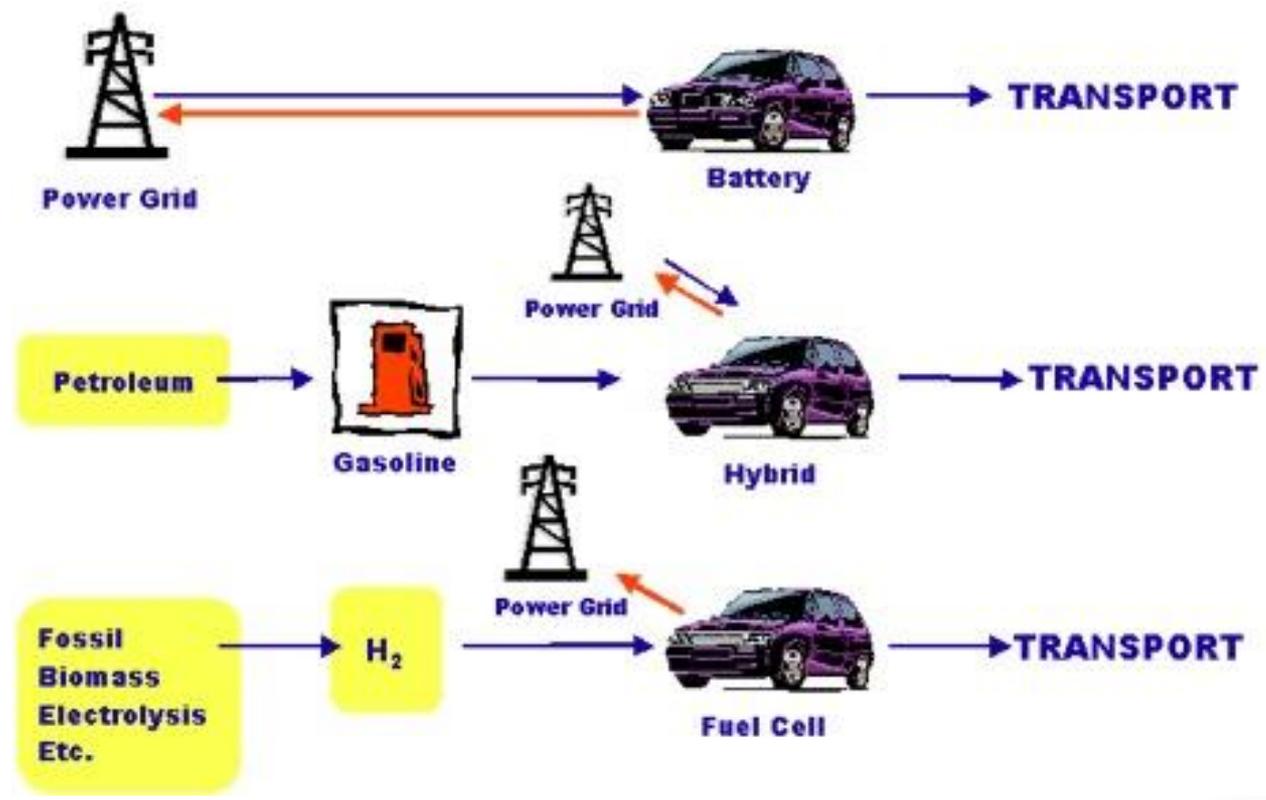


# Lo nuevo...



CONSTRUIAMOS FUTURO

- Vehículos eléctricos



# Lo nuevo...

- Edificios Verdes



Universidad  
Industrial de  
Santander



CONSTRUIMOS FUTURO



# Lo nuevo...

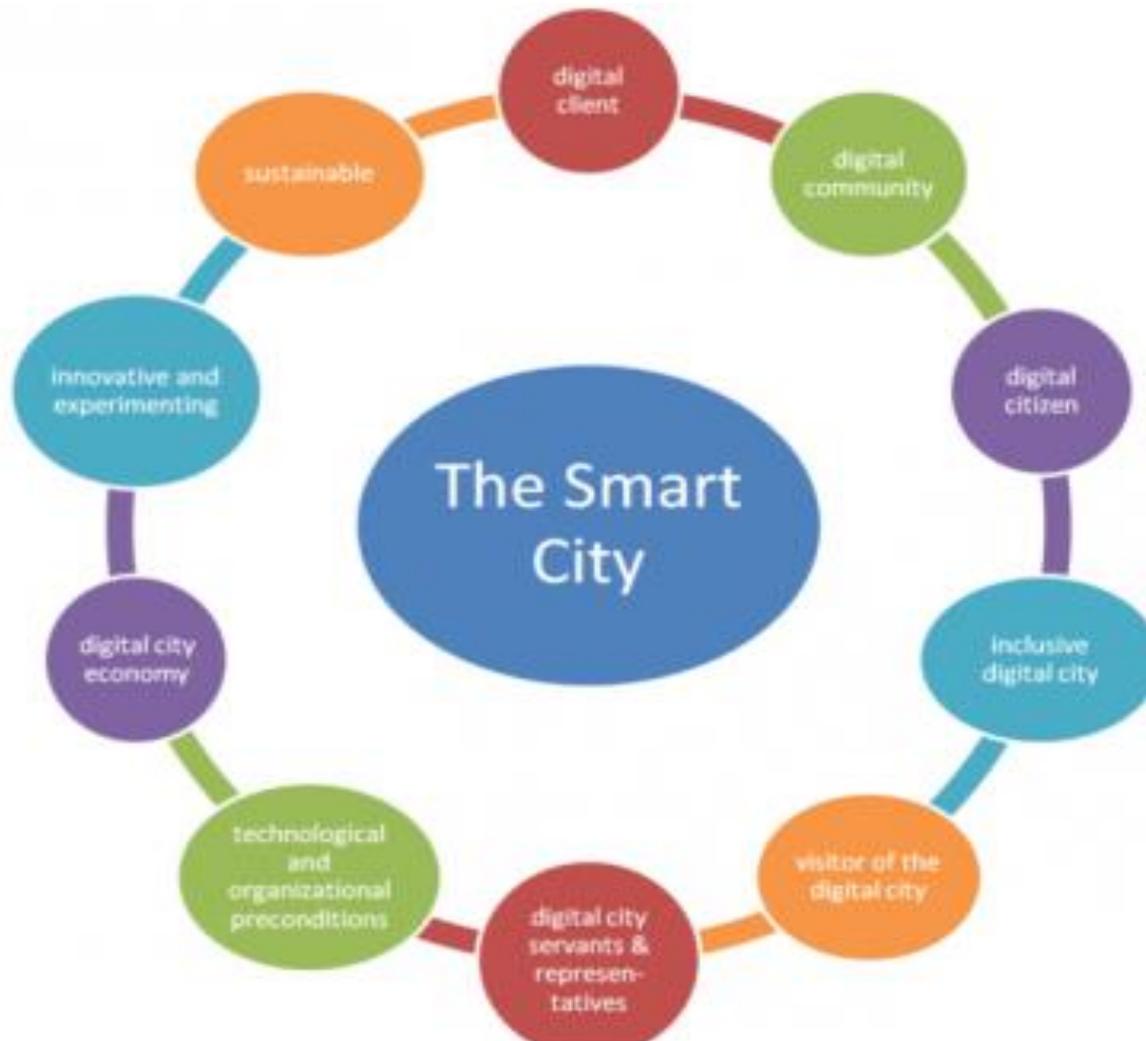


Universidad  
Industrial de  
Santander



CONSTRUIMOS FUTURO

- Smart Cities



# Lo nuevo...



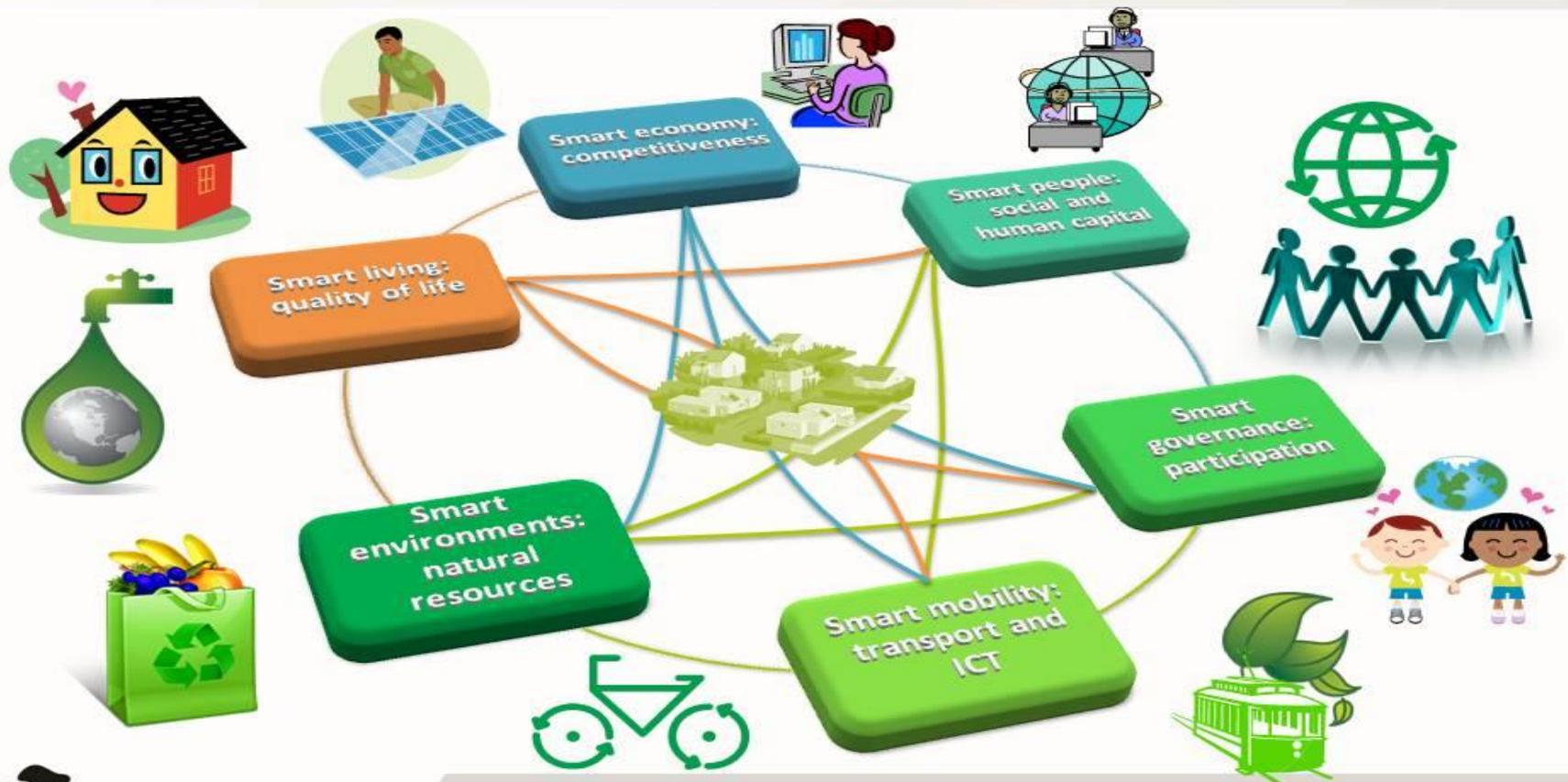
Universidad  
Industrial de  
Santander



CONSTRUIMOS FUTURO

## • Smart Cities

### Network of European Smart Cities: an Holistic View by Vienna University of Technology



# Smart Grid



CONSTRUIMOS FUTURO

## Agenda:

- Motivación
- Aproximación a la definición de Smart Grid: Conceptos, Categorías Tecnológicas, Visión Smart
- Retos
- Nuevos Componentes y Conceptos.
- **Proyectos a nivel mundial**

# USA (DOE)



CONSTRUIMOS FUTURO

<http://www.sgclearinghouse.org/ProjectMap>



-  **IG** Proyectos de inversión Smart Grids, apoyo ARRA (SGIG)
-  **DP** Proyectos de demostración Smart Grids, apoyo ARRA (SGDP)
-  **OP** Otros proyectos

# Europa

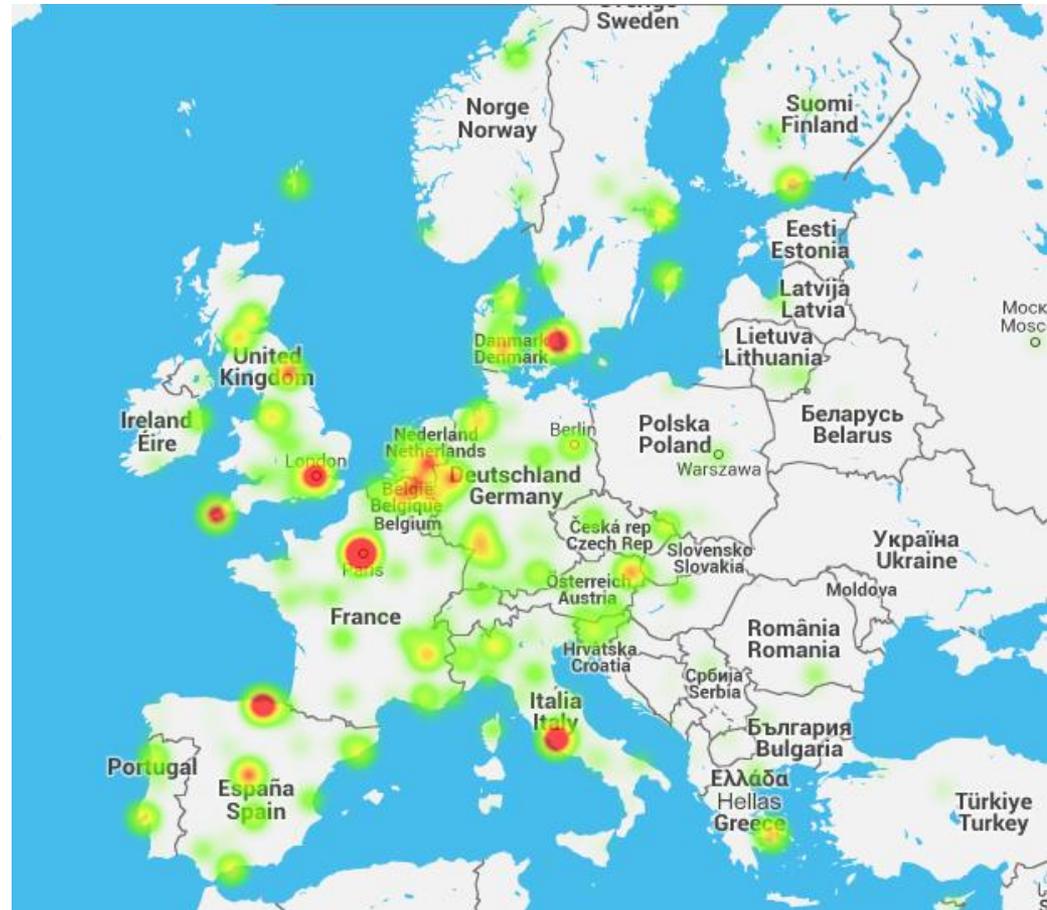


Universidad  
Industrial de  
Santander



CONSTRUIMOS FUTURO

- European Commission
- Grid4Europe



# Irlanda



Universidad  
Industrial de  
Santander



CONSTRUIMOS FUTURO

- País pequeño
- Red eléctrica requiere una actualización
- Una red , un mercado
- Red de comunicaciones avanzada
- Geografía
- Energía convencional y renovable viento mar



<http://www.youtube.com/watch?v=6OarIImDgrs>

# Irlanda



CONSTRUIAMOS FUTURO

- Para 2020

RENEWABLE ELECTRICITY



40%

TRANSPORT ENERGY



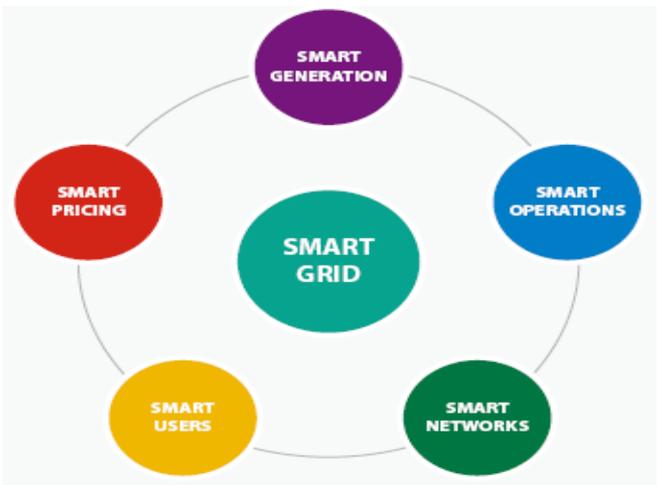
10%

ENERGY EFFICIENCY

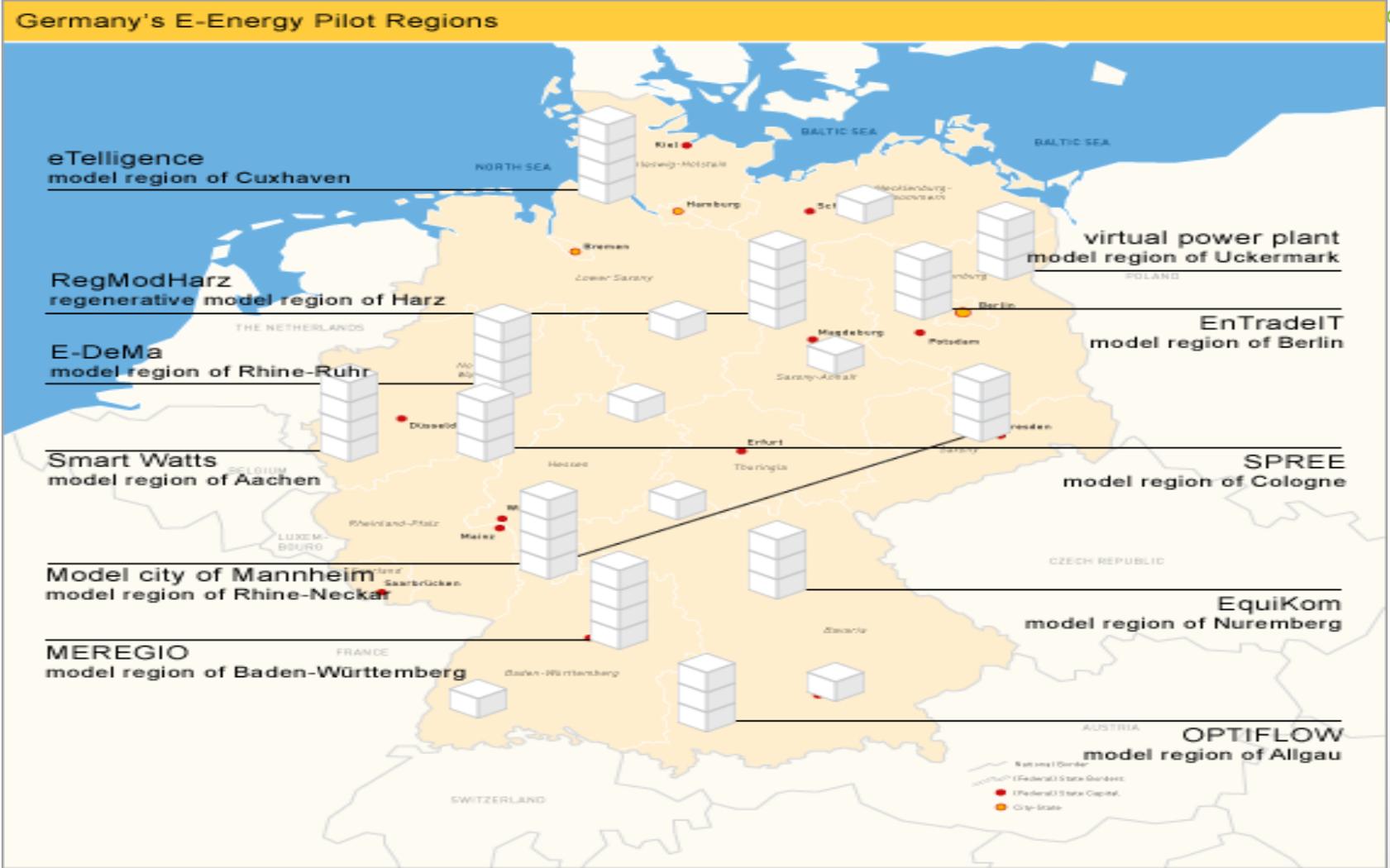


20%

- Actividades



# Alemania



# Italia



Universidad  
Industrial de  
Santander



CONSTRUIMOS FUTURO



- <http://www.youtube.com/watch?v=qg-MDWkjTTg&feature=relmfu>

# España



Universidad  
Industrial de  
Santander



CONSTRUIMOS FUTURO

- Málaga



smartcity  
málaga



<http://www.youtube.com/watch?v=xZPSe5DoBf0>

# Korea roadmap



Universidad  
Industrial de  
Santander



CONSTRUIMOS FUTURO



Implementation Directions by Phase	First Stage (2010~2012) 'Construction and operation of the Smart Grid Test-bed' (Technical validation)	Second Stage (2012~2020) 'Expansion into metropolitan areas' (Intelligent consumers)	Third Stage (2021~2030) 'Completion of a nationwide power grid' (Intelligent power grid)
<b>Smart Power Grid</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Real-time power grid monitoring</li> <li>- Digital power transmission</li> <li>- Operate optimal distribution system</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Predict possible failures in power grids</li> <li>- Connect the power system with that of other countries</li> <li>- Connect the power delivery system with distributed generation and power storage devices</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Self-recovery of power grids</li> <li>- Operate an integrated energy Smart Grid</li> </ul>
<b>Smart Consumer</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Power management of intelligent homes</li> <li>- Various choices for consumers including rates</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Smart power management of buildings/factories</li> <li>- Encourage consumers' power production</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zero energy homes/buildings</li> </ul>
<b>Smart Transportation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Build &amp; test electric vehicle charging facilities</li> <li>- Operate electric vehicles as a pilot project</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Expand electric vehicle charging facilities across the nation</li> <li>- Effective maintenance and management of electric vehicles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Make the presence of charging facilities commonly available</li> <li>- Diversify charging methods</li> <li>- Utilize portable power storage devices</li> </ul>
<b>Smart Renewable</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Operate microgrids by connecting distributed generation, power storage devices and electric vehicles</li> <li>- Expanded utilization of power storage devices and distributed generation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Optimal operation of the power system with microgrids</li> <li>- Expand the application of power storage devices</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Make renewable energy universally available</li> </ul>
<b>Smart Electricity Service</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Consumers' choice of electricity rates</li> <li>- Consumers' selling of renewable energy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Promote transactions of electrical power derivatives</li> <li>- Implement real-time pricing system nationwide</li> <li>- Emergence of voluntary market participants</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Promote various types of electrical power transactions</li> <li>- Promote convergence for the market of electricity-based sectors</li> <li>- Lead the power market in Northeast Asia</li> </ul>

# Korea



IRO

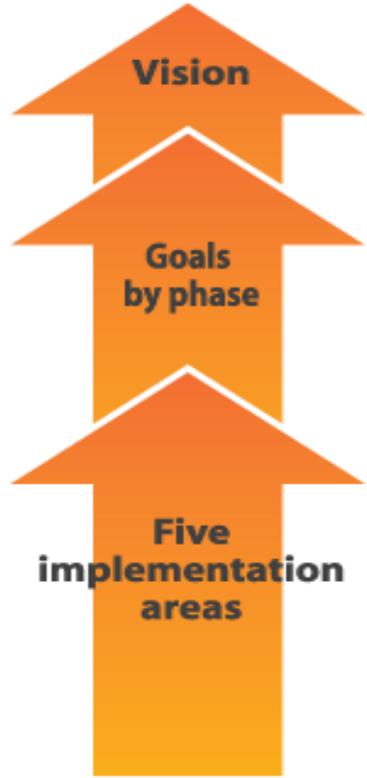
**Vision**

Build the world's best nationwide Smart Electricity Grid → Realize a low carbon, green growth society

**Opportunity Elements**

Highly Populated Land    World's Best Broadband Internet Networks    Single Power Transmission & Distribution Company

## Vision and Goals of Korea's Smart Grid



### Pave the way for low carbon, green growth through a Smart Grid



Smart Power Grid	- Build a monitoring & control system of the power grid - Build a failure prediction & automatic recovery system of the power grid
Smart Place	- Distribute nationwide smart meters - Build an automated energy management system
Smart Transportation	- Build a nationwide charging infrastructure - Build an ICT-based electric vehicle operating system
Smart Renewable	- Create a large-scale renewable energy generation complex - Develop large capacity energy storage devices
Smart Electricity Service	- Develop a various pricing system - Develop consumers' electricity trading system

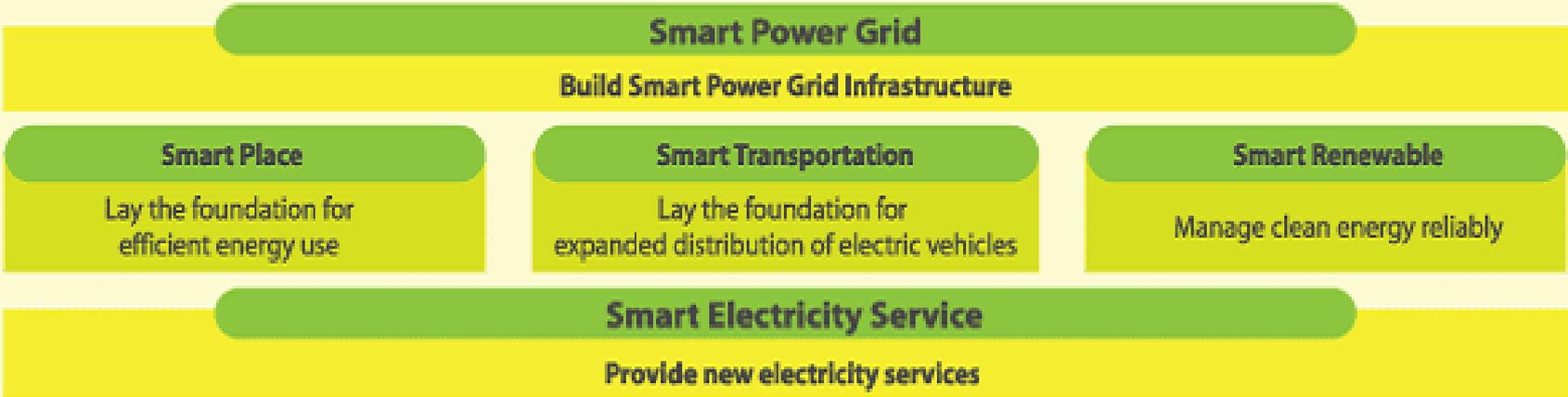
# Korea



CONSTRUIMOS FUTURO

## Overview of Implementation Plans of the Jeju Smart Grid Test-bed

### Five Areas of the Test-bed



### Phase-by-Phase Implementation Plans

Phases	Period	Key focus areas	Key contents
Basic stage (Infrastructure building)	2010-2011	Smart Power Grid, Smart Place, Smart Transportation	- Linking grid networks and consumers, grid networks and electric vehicles
Expansion stage (Integrated operation)	2012-2013	Smart Renewable, Smart Electricity Service	- Provide new power services - Accommodate renewable energy sources to the power grid