



# Smart Grid

## Desafíos y Beneficios

Ponente: **Prof. Agnelo Marotta Cassula**



Congreso Internacional de Energía 2021

## HISTORIA



Si Alexander Graham Bell venía al siglo XXI, él no reconocería la telefonía moderna - celulares, mensajes de texto, torres de celular, PDAs, etc.



Mientras Thomas Edison, uno de los principales arquitectos del sistema de electricidad, estaría totalmente familiarizado con la red eléctrica actual.



© Agnelo Marotta Cassula

2

## SMART GRID

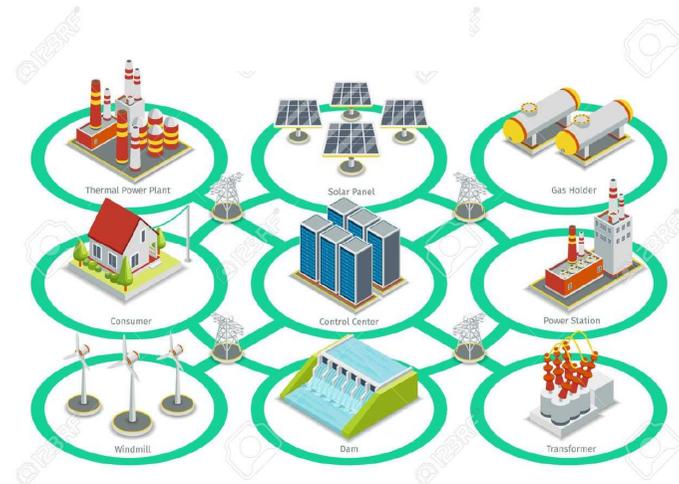


La expresión Smart Grid debe entenderse como un concepto y no como una tecnología o un equipo específico. Se basa en la utilización intensiva de tecnología de la información, automatización y comunicaciones para monitoreo y control de la red eléctrica.

© Agnelo Marotta Cassula

3

## DIVERSIFICACIÓN DE LA MATRIZ ENERGÉTICA



© Agnelo Marotta Cassula

4

## CONCEPTO DE "PROSUMER"

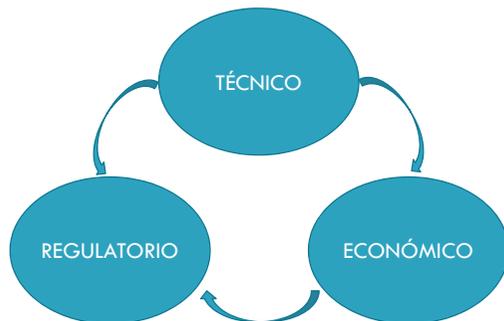


El Smart Grid posibilita la inserción de diversos puntos de generación de energía junto a los puntos de consumo (generación distribuida). Se trata de una revolución con potencial para cambiar completamente el mercado de la energía. En esta modalidad, el consumidor deja de ser pasivo, sujeto a cualquier tipo de política gubernamental que impacte el precio de la tarifa de energía, y obligado a comprar la energía de la empresa concesionaria del servicio de distribución en su región, para ser más un actor del sistema eléctrico. Para denominar ese nuevo tipo de consumidor se acuñó el término "prosumidor", mezclando las palabras productor y consumidor.

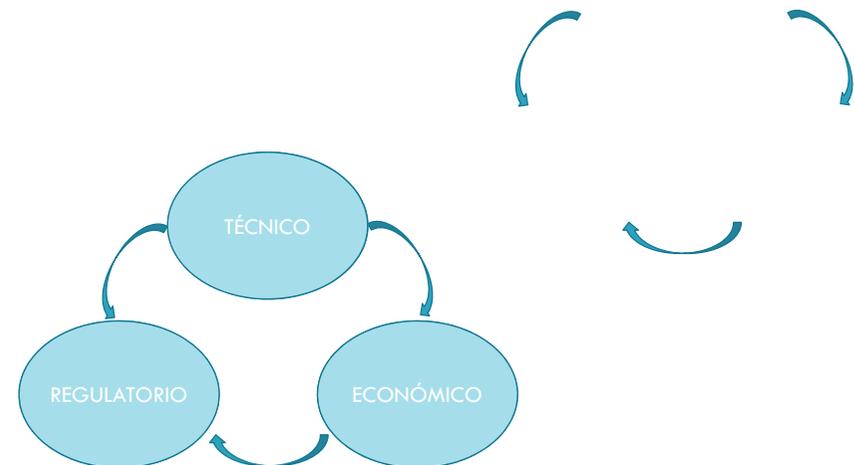
## CONCEPTO DE "PROSUMER"



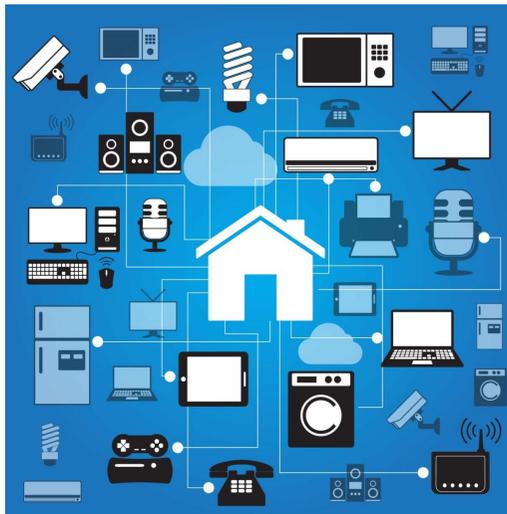
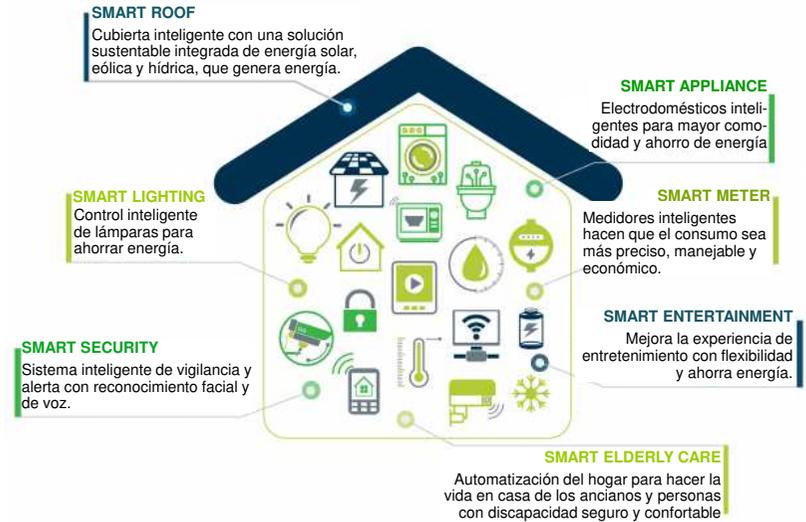
## PRINCIPALES PILARES DE SMART GRID



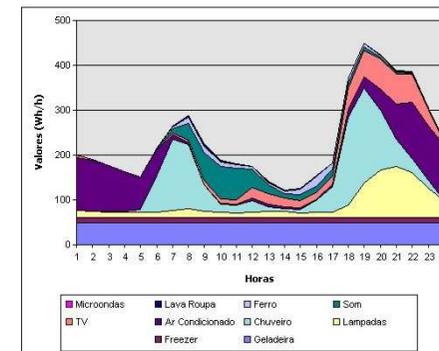
## PRINCIPALES PILARES DE SMART GRID

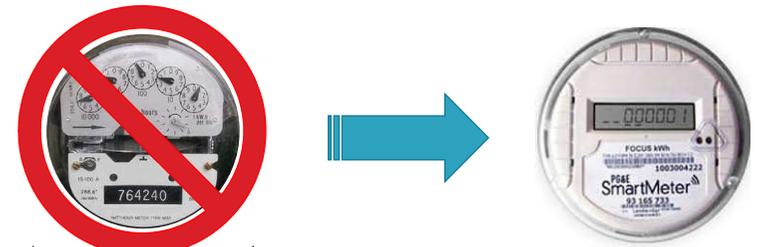


## Usina de energia em casa



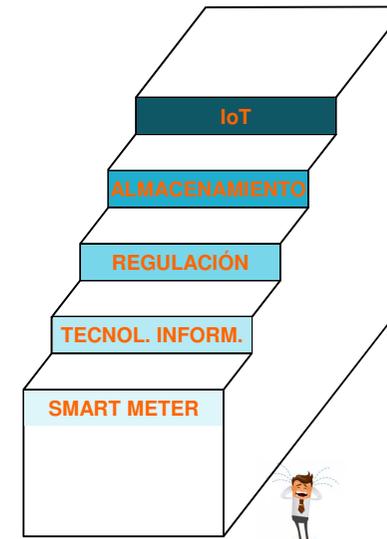
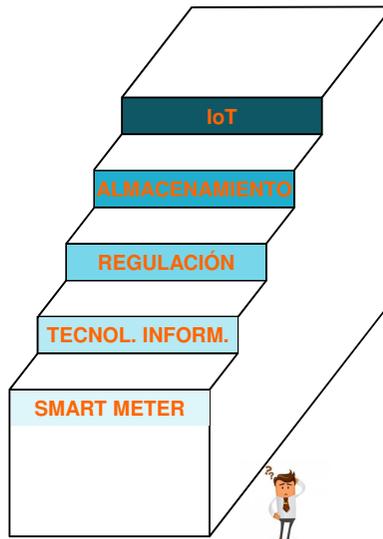
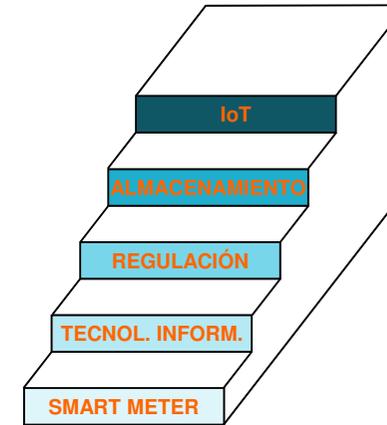
Los prosumidores negociarán directamente en el mercado a través de plataformas de negociación y comercialización de energía casi en tiempo real.

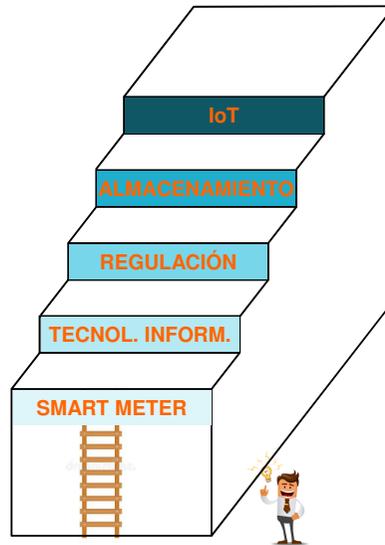




- 63 millones de medidores con funciones analógicas
- Costo medio de un Smart Meter: US\$ 200.

**US\$ 12,6 mil millones**

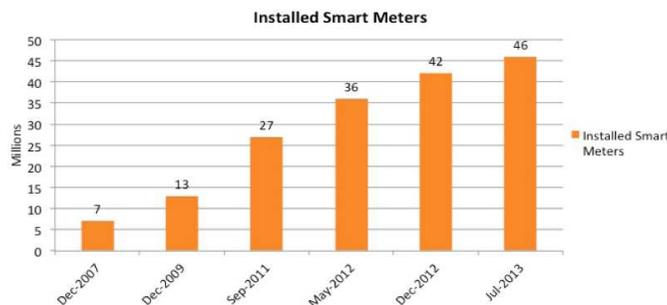




- La inversión en acciones que busquen el desarrollo de Smart Grids debe ser un programa de gobierno, ya que las ventajas proporcionadas favorecen a toda la sociedad.
- Desde 2002 hasta 2014, la Comisión Europea invirtió 3,15 mil millones de euros en Smart Grid, según el Joint Research Centre (JRC).

El gobierno de Estados Unidos aprobó un paquete de 4,5 mil millones de dólares en gastos directos para modernizar la red de electricidad con tecnologías Smart Grid.

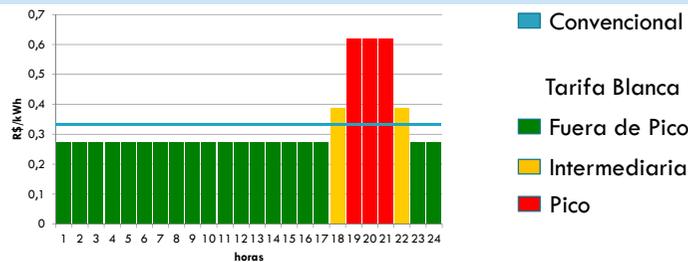
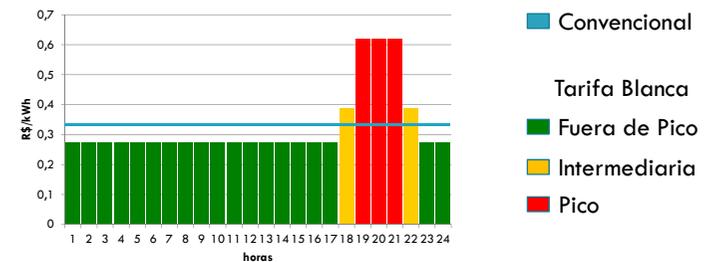
Figure 1. Smart Meter Installations in the U.S. Top 45 Million



- Ya ha recibido R\$ 1,5 mil millones, según ABDI.
- En los próximos seis años se estima que aporta 36,6 mil millones de dólares, siendo casi la mitad para la compra e instalación de medidores inteligentes (Northeast).
- Economía con la reducción del hurto de energía eléctrica, que generó, sólo en 2010, un perjuicio de R\$ 8 mil millones.

Se debe iniciar una discusión sobre las dimensiones de un marco socioeconómico, político e institucional que viabilice inversiones en energía (solar distribuida) con la finalidad de atender poblaciones socialmente vulnerables, insertándolas de manera socioproductiva en el combate a la pobreza y proporcionándoles fuente alternativa a los programas asistenciales de protección social.

- Resolución 502/2012 - Consumidores residenciales
- Introducción de la Tarifa Blanca, definición de 4 horarios con diferente modalidad de tarifa
- Adhesión voluntaria por parte del consumidor
- Necesidad de instalar un medidor inteligente



Consumidor A

TARIFA CONVENCIONAL			TARIFA BLANCA				
Consumo (kWh)	Tarifa	Valor (R\$)	Consumo (kWh)	Tarifa	Valor (R\$)		
<b>Energía</b>	303	0,333536	<b>R\$ 101,61</b>	<b>Fuera Pico</b>	267	0,27273	R\$ 72,82
			<b>Intermediaria</b>	12	0,38932	R\$ 4,67	
			<b>Pico</b>	24	0,61828	R\$ 14,84	
						<b>R\$ 92,33</b>	
<b>Tributos</b>			<b>Tributos</b>				
<b>Alícuota</b>	25%	Total	<b>Alícuota</b>	25%	Total		
<b>Valor</b>	R\$ 33,87	<b>R\$ 135,48</b>	<b>Valor</b>	R\$ 30,78	<b>R\$ 123,11</b>		

- Para la aplicación de la Tarifa Blanca se consideró un consumo de  $\approx 8\%$  en Pico y  $\approx 4\%$  en Intermediaria.
- Hay una reducción mensual de R\$ 12,37 (9,13%)

**IMPLICA NA MUDANÇA DOS HÁBITOS DE CONSUMO**

- Cambio del consumo de cargas para el hora Fuera de Pico

### MODELO ACTUAL

- Consumidores de Baja Renta subsidiados por un descuento de tarifas.
- Para no afectar el equilibrio económico-financiero de la concesionaria privada, es necesario prever un aumento en la tarifa aplicada a los demás usuarios.
- Medición mensual y telecomunicación unidireccional: no permite la supervisión del consumo.
- Sistema de cobro: pospago.
- Modelo no sostenible a largo plazo: endeudamiento.

### MODELO SMART GRID

- Subsidiar la compra de generadores de energía renovables: paneles solares.
- Crear valor social estimulando proactivamente a los consumidores de Baja Renta a asumir el papel de emprendedores: vender el excedente de energía.
- Medición horaria y telecomunicación bidireccional: permite la supervisión del consumo.
- Sistema de cobro: pospago o prepago.
- Modelo sostenible a largo plazo: aumento de la renta.

## ELECTRICIDAD Y DESIGUALDAD SOCIAL

- Más de mil millones de personas todavía viven diariamente sin acceso a la energía eléctrica (Global Tracking Framework - Banco Mundial).
- La electricidad es el factor determinante, y limitante, en el desarrollo de una sociedad.
- En Brasil 90% de las familias sin acceso a la energía tienen renta familiares inferiores a tres salarios mínimos.
- La electricidad acaba aumentando la desigualdad social, pues su utilización trae oportunidades de desarrollo que sólo benefician a aquellos con acceso a la energía eléctrica.

## BENEFICIOS DE LA ELECTRICIDAD

La implantación de la electricidad en una comunidad promueve un brote de desarrollo humano considerable:

- mejoras en los procesos de producción, por el aumento de la capacidad productiva en las más diversas áreas;
- la extensión del acceso a la educación, por el surgimiento de vacantes en las escuelas en el período nocturno;
- mejora en la alimentación, en cuanto al almacenamiento de alimentos en ambiente refrigerado, anteriormente aplicada a la técnica de "salazón";
- posibilidad de acceso al agua en el grifo, mediado por la utilización de bombeadores movidos por energía;
- mayor acceso a la información, con la compra de equipos electroelectrónicos, que aumentó las posibilidades de conocimiento y entretenimiento.

- El acceso a la energía es uno de los factores fundamentales en la evolución de la calidad de vida de la sociedad, pues viabiliza mejoras en la expectativa de vida, en la escolaridad y en la renta de la población.
- El Smart Grid proporciona un cambio de paradigma en el desarrollo de las políticas públicas, donde se debe priorizar acciones socioproductivas, como oportunidades de emprendimiento e inclusión de agentes de mercado, en detrimento de políticas asistencialistas.
- Se propone la inserción socioproductiva como prioridad en la pauta de las discusiones de políticas públicas.

Para discutir este importante tema, que introduce una quiebra de paradigma en los sistemas eléctricos, fue creado por la Portaria No 440, de 15 de abril de 2010, un Grupo de Trabajo - GT - con el objetivo de analizar e identificar acciones necesarias para subsidiar el establecimiento de políticas públicas para la implantación del Programa Brasileño de Red Eléctrica Inteligente - *Smart Grid*.

Siguiendo lo dispuesto en la Portaria, el GT abordó los siguientes aspectos:

- El estado del arte en Brasil y en otros países;
- Propuestas de adecuación de las reglamentaciones y de las normas generales de los servicios públicos de distribución;
- Identificación de fuentes de recursos para financiamientos e incentivos a la producción de equipamientos en el país;
- Regulación de nuevas posibilidades de actuación de accesos en el mercado, con posibilidad de usuarios operar tanto como generadores o consumidores de energía eléctrica.

En virtud de la gran diversidad de los asuntos involucrados, y de manera a permitir una profundización de los estudios, alcanzando un abordaje mayor de los temas involucrados, se crearon subgrupos:

- Subgrupo de Tecnología de la Información;
- Subgrupo de Medición y Mercado;
- Subgrupo de Estudios Económicos;
- Subgrupo de Estudios de Legislación.

**Subgrupo de Tecnología de la Información:** se enfocó en el análisis de la arquitectura de transmisión de datos para implantación de las redes inteligentes;

**Subgrupo de Medición y Mercado:** se enfocó en la evaluación de la posible flexibilización de los requisitos técnicos para implantación del sistema de medición para facturación de pequeños agentes. Adicionalmente, este subgrupo estudió soluciones de mercado para viabilizar la entrada de agentes de pequeño porte y atender a una ampliación de la apertura de mercado en el Sector Eléctrico Brasileño;

**Subgrupo de Estudios Económicos:** se enfocó en el análisis del costo-beneficio de la implantación de sistemas de redes inteligentes y evaluó fuentes de financiamiento para la creación de un Programa Brasileño sobre el tema;

**Subgrupo de Estudios de Legislación:** hubo la necesidad de profundizar en los estudios del estado del arte, para tener la exacta amplitud de las modificaciones que serían necesarias en el marco legal. Dado el exiguo plazo de duración del GT, ese tema debería tener su profundización en una posible segunda fase.

Muchos de los cambios surgidos de las redes inteligentes encontrarán obstáculos en la legislación vigente. Se deben flexibilizar los requisitos técnicos para la implantación del sistema de medición de consumidores especiales y generación de pequeño porte. Estudiar soluciones de mercado para viabilizar la entrada de agentes pequeños y atender una futura apertura de mercado en el Sector Eléctrico Brasileño.

- **Ley nº 9991/00:** Las concesionarias de distribución de energía eléctrica están obligadas a invertir, anualmente, 0,75% de sus ingresos operativos netos en investigación y desarrollo del sector eléctrico y, al menos, 0,25% en programas de eficiencia energética.

Proyectos Pilotos en Smart Grid son proyectos de demostración para estudiar la aplicación de conceptos, automatización, medición, interacción con el consumidor, almacenamiento de energía y movilidad eléctrica.

- **Ley del bien:** Ley 11.196/05, que crea la concesión de incentivos fiscales a las personas jurídicas que realicen investigación y desarrollo de innovación tecnológica. Deducción del 20,4% al 34% del IRPJ y del 50% del IPI en la compra de maquinaria y equipos.
- **Ley de Informática:** Ley 8.248/91 y sus actualizaciones, otorga incentivos fiscales a empresas del sector tecnológico (áreas de hardware y automatización), que tienen la práctica de invertir en Investigación y Desarrollo. Estos incentivos fiscales se refieren a la reducción del impuesto IPI sobre productos habilitados/incentivados.

- **Portaria MCT nº 950:** Los organismos de la Unión darán preferencia, en la adquisición de bienes y servicios de informática y automatización, a bienes o productos de tecnología de la información desarrollados en el país.
- **Plan Inova Energía:** Recursos proporcionados por Finep, BNDES y ANEEL básicamente para apoyar la implementación de Smart Grids y fuentes renovables en Brasil. El subsidio económico será de hasta R \$ 10 millones por empresa participante, respetando el límite presupuestario de R \$ 120 millones.

Hasta 2012, para una persona física, era posible generar energía para su propio consumo y vender solo el excedente. Sin embargo, el concesionario no tenía la obligación de comprar la energía generada por el Auto Productor (AP).

Después de Resolución Normativa ANEEL No. 482/2012, si bien las concesionarias no están obligadas a pagar un monto monetario por el exceso de energía de los generadores distribuidos, se generan créditos de energía equivalente para ser consumidos en un período de hasta 36 meses.

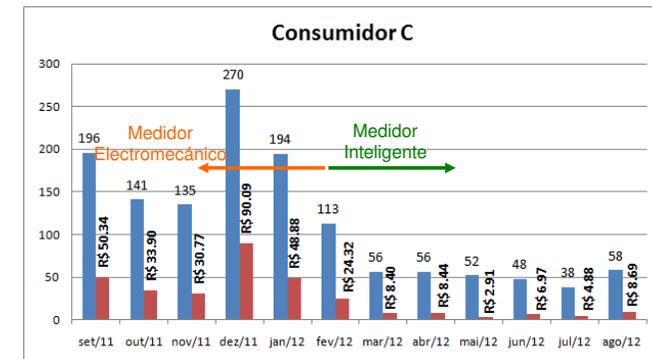
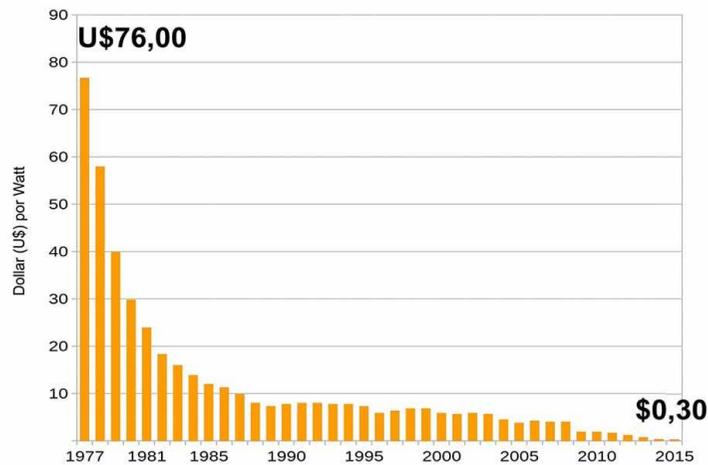
- Inovcity Aparecida
- Aparecida: 121 km<sup>2</sup>, 36.000 habitantes
- Medidor inteligente: Ecil (Brasil)
- Instalados 15,4 mil medidores inteligentes.
- Inversión de R\$ 10 millones



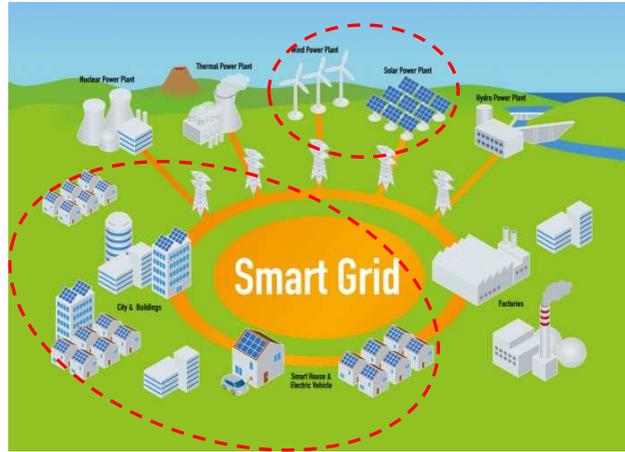
- 1ª Fase (12/2011): 2.200 medidores monofásicos
- 2ª Fase (12/2012): 12.600 medidores bifásicos
- 3ª Fase (06/2013): 600 medidores trifásicos

La instalación de los medidores se realizó junto con políticas de Eficiencia Energética

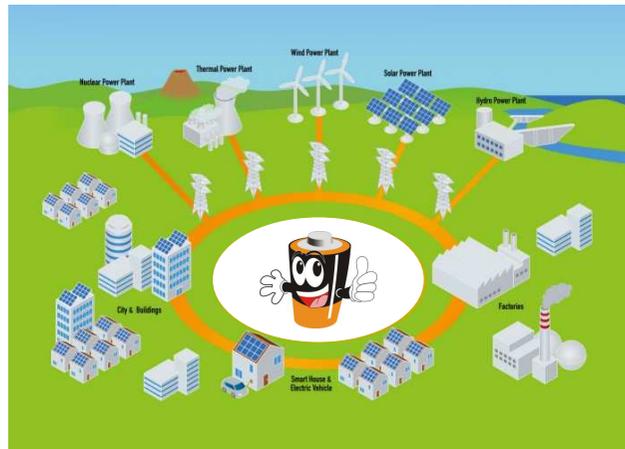
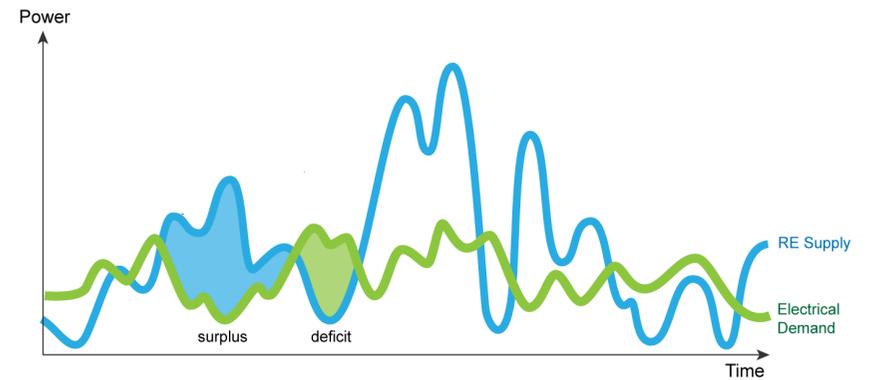
- Microgeneración: se instalarán 24 kWp de paneles fotovoltaicos en viviendas seleccionadas con el fin de producir energía para consumo propio y vender el excedente a la distribuidora.



- Antes del panel solar: promedio de 175 kWh y R\$ 46,38
- Después del panel solar: promedio de 51 kWh y R\$ 6,72
- El consumo medio mensual se redujo en 71%.



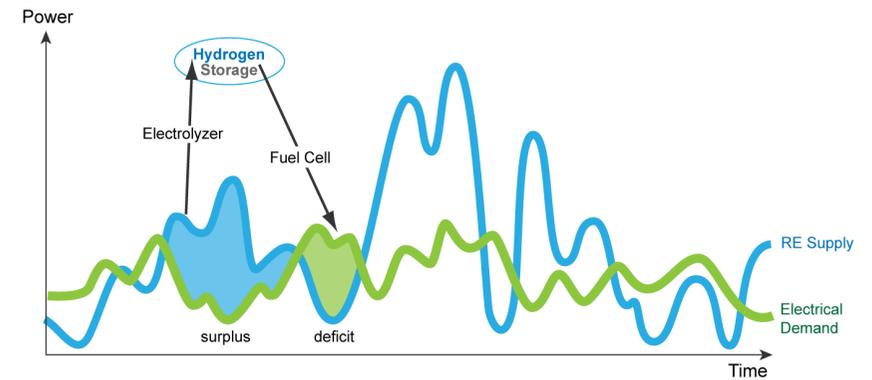
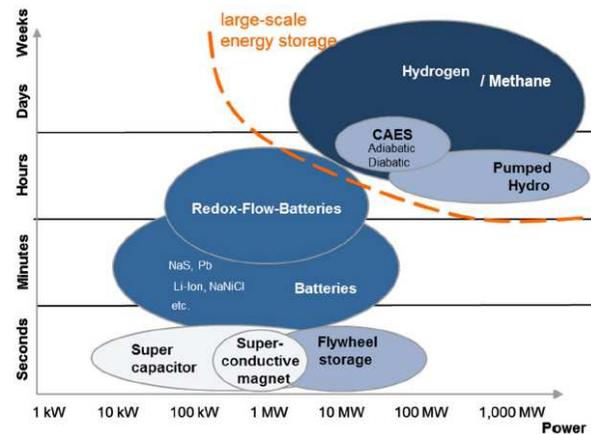
Fuentes intermitentes ⇒ Almacenamiento



Las técnicas de almacenamiento de energía eléctrica a gran escala son limitadas:

- Bombeo Hidráulico: o plantas reversibles, capacidad de expansión limitada (agotamiento de recursos).
- Aire comprimido (CAES): limitaciones de flexibilidad operativa y capacidad.
- Hidrógeno: se presenta como el más prometedor para el almacenamiento por encima de los 10 GWh.

Segmentation of electrical energy storage



## MEDIOS DE USO DE HIDRÓGENO

- Transformarse en electricidad, mediante pilas de combustible, e inyectarse a la red eléctrica.
- Como combustible para automóviles: vehículos eléctricos de pila de combustible (FCEV).
- En la producción de fertilizantes y fibras sintéticas como el nailon, entre otros productos.
- En el proceso de hidrogenación, transforma los aceites vegetales en grasas sólidas para la fabricación de margarinas y grasas para cocinar.

El almacenamiento de energía a través del hidrógeno desempeñará un papel fundamental en las redes inteligentes, ya que aporta estabilidad y fiabilidad al sistema, permitiendo almacenar cuando la demanda es baja y suministrar energía en periodos de mayor demanda.

## CONCLUSIÓN

Existen numerosos desafíos a ser vencidos: mejora de la red, cuestiones ambientales, seguridad energética, garantía de aprovisionamiento, calidad del producto y del servicio, fuentes intermitentes de generación, entre otros. El concepto de Smart Grid se presenta como una importante herramienta en el enfrentamiento de estos desafíos.

El momento todavía es de búsqueda de certezas, prueba de conceptos y la adecuación de modelos y pruebas para esta revolución en la estructura del negocio de energía.

- El acceso a la energía es uno de los factores fundamentales en la evolución de la calidad de vida de la sociedad, pues viabiliza mejoras en la expectativa de vida, en la escolaridad y en la renta de la población.
- El Smart Grid proporciona un cambio de paradigma en el desarrollo de las políticas públicas, donde se debe priorizar acciones socioproductivas, como oportunidades de emprendimiento e inclusión de agentes de mercado, en detrimento de políticas asistencialistas.
- Se propone la inserción socioproductiva como prioridad en la pauta de las discusiones de políticas públicas.

Sobre el futuro de la energía, Rupert Gammon dice que no habrá una única solución milagrosa, sino un "ecosistema tecnológico" de "especies" complementarias que estará dominado por la asociación simbiótica de electricidad y combustible.



# GRACIAS !!!

Agnelo Marotta Cassula



E-mail

[agnelo.cassula@unesp.br](mailto:agnelo.cassula@unesp.br)

