

# Introducción a los Mercados de Energía Eléctrica

## INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES

Dr. Ing. Mario Vignolo



INSTITUTO DE INGENIERIA ELECTRICA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA



# CONTENIDO DEL CURSO

- Introducción y generalidades
- Fundamentos económicos de los mercados eléctricos
- Ejemplos de Mercado eléctricos mayoristas: Uruguay, Brasil, PJM, Reino Unido
- Regulación de la transmisión
- Regulación de la distribución

# CONTENIDO DEL CURSO

- Modelo de comprador único y tendencias
- Mercado de energías renovables
- Desafíos regulatorios para las nuevas tecnologías, almacenamiento e hidrógeno

# BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA

- [1] Poder Legislativo de Uruguay, Ley N° 16.832 de Marco Regulatorio, 1997
- [2] Poder Ejecutivo de Uruguay, Decreto N° 276/002, Reglamento General del Marco Regulatorio del Sector Eléctrico Nacional, 2002.
- [3] Poder Ejecutivo de Uruguay, Decreto N° 277/002, Reglamento de Distribución de Energía Eléctrica, 2002.
- [4] Poder Ejecutivo de Uruguay, Decreto N° 278/002, Reglamento de Transmisión de Energía Eléctrica, 2002.
- [5] Poder Ejecutivo de Uruguay, Decreto N° 360/002, Reglamento del Mercado Mayorista de Energía Eléctrica, 2002.

# BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA

- [6] Hunt S. and Shuttleworth, G., “Competition and choice in electricity”, Ed. John Wiley & Sons, England, 1996. ISBN 0-471-98201-6.
- [7] Hunt S., “Making competition work in electricity”, Ed. John Wiley & Sons, New York, 2002. ISBN 0-471-22098-1.
- [8] Harris, Chris., “Electricity markets. Pricing Structures and Economics”, Ed. John Wiley & Sons, New York, 2006. ISBN 0-470-01158-0.
- [9] Mario Vignolo, “Uruguay: modelo regulatorio actual de la industria eléctrica y su grado de aplicación real”, en el Libro, “Una aplicación metodológica para el desarrollo eléctrico del Uruguay. La función eléctrica y el análisis multidimensional”, UCU, Montevideo, 2011. ISBN: 978-9974-631-36-6.

# BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA

- [10] Mario Vignolo, “Uruguay: escenarios probables de regulación energética”, en el Libro, “Una aplicación metodológica para el desarrollo eléctrico del Uruguay. La función eléctrica y el análisis multidimensional”, UCU, Montevideo, 2011. ISBN: 978-9974-631-36-6.
- Página Web del curso:

<https://eva.fing.edu.uy/>

# HISTORIA DE LA ESTRUCTURA DEL SECTOR ELÉCTRICO...Edison

- 1879: Edison y Tesla muestran el uso de la electricidad



# HISTORIA DE LA ESTRUCTURA DEL SECTOR ELÉCTRICO...Edison

- 1879: Edison muestra el uso de la electricidad en Nueva York
- Rápidamente se implementa el uso de la electricidad en varias ciudades a través de la instalación de generadores y redes eléctricas locales (**generación distribuida**)
- Las plantas de generación eran construidas por las propias industrias para abastecer sus necesidades (autoproducción) o por empresas privadas o municipios para abastecer una ciudad



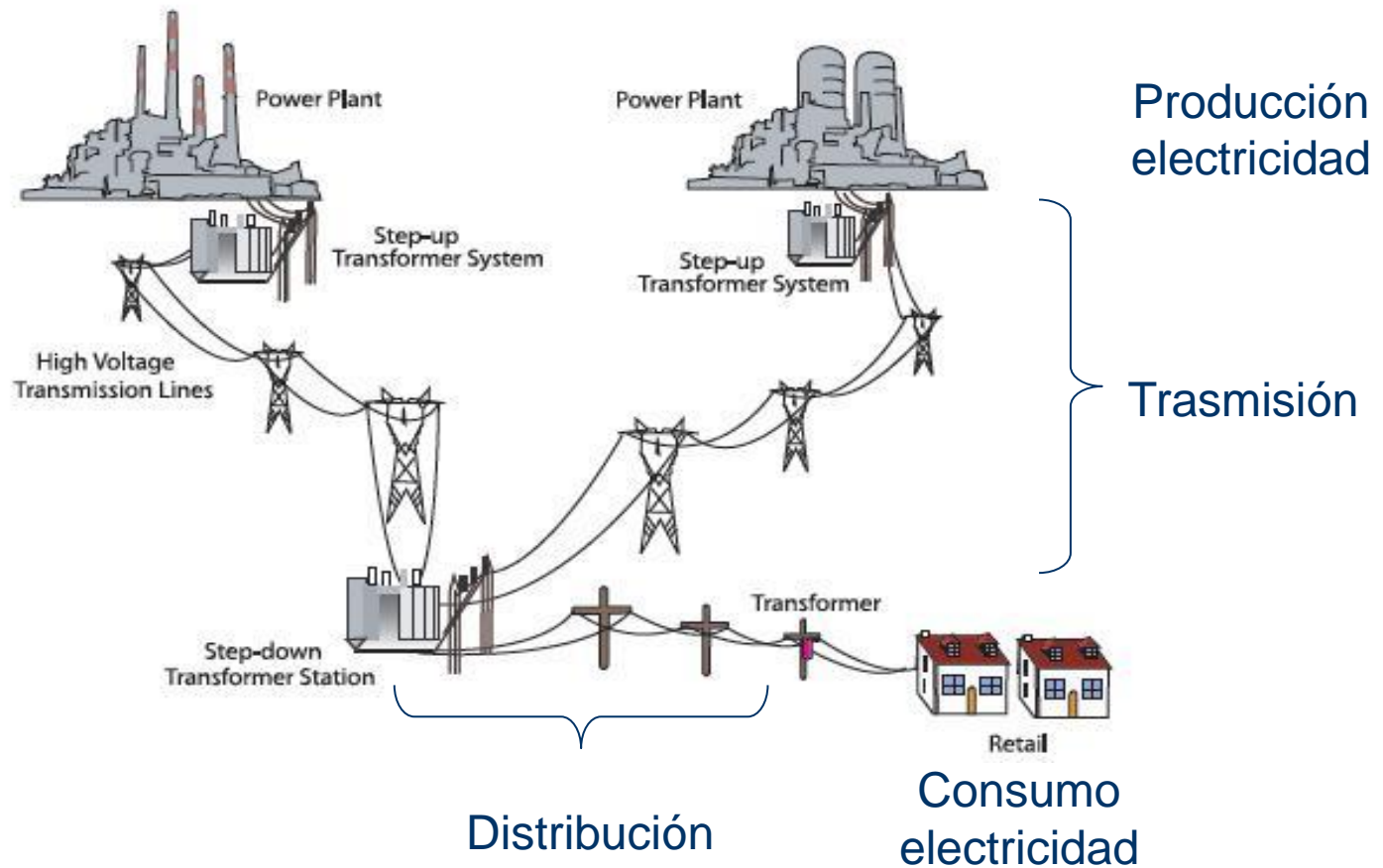
# HISTORIA DE LA ESTRUCTURA DEL SECTOR ELÉCTRICO...1930 GD

- No existía regulación, solo **concesiones con creación de servidumbres**
- En EEUU se comenzaron a desarrollar los sistemas interconectados a través de los holdings de empresas
- 1930: La Gran Depresión. En América Latina las empresas enfrentan dificultades y el Estado se comienza a hacer cargo del sector eléctrico, creando las **empresas eléctricas nacionales**.

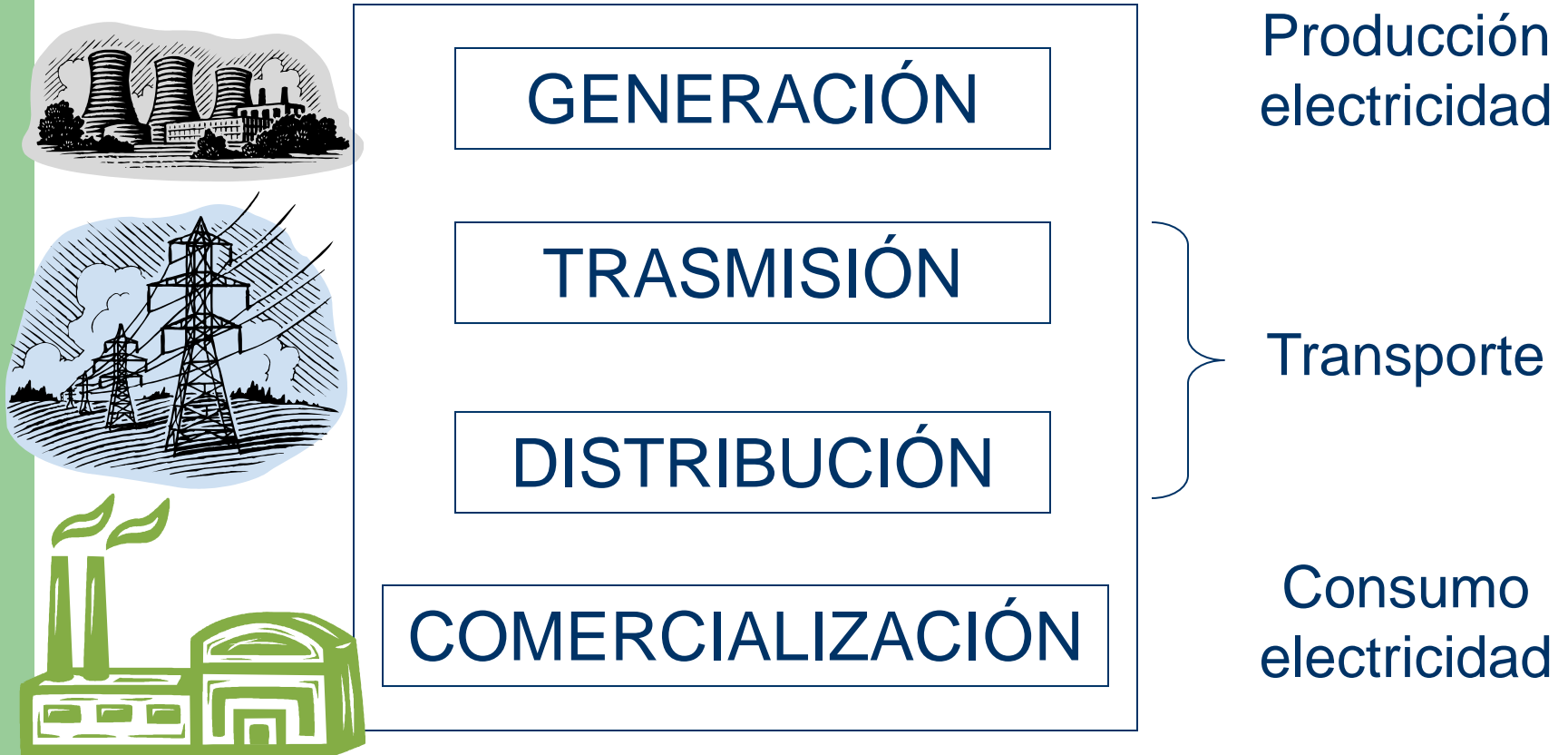
# HISTORIA DE LA ESTRUCTURA DEL SECTOR ELÉCTRICO....1940-1980

- En EEUU el sector eléctrico sigue en manos privadas pero **aumenta la regulación** en el sector
- En el Reino Unido se mantiene el CEB (Central Electricity Board), creado en 1920, inicialmente en manos de algunas empresas privadas y municipios y luego nacionalizado.
- Los sistemas eléctricos crecen, se desarrollan proyectos de generación, transmisión y distribución.
- Se interconectan los sistemas

# EL SECTOR ELÉCTRICO DEL SIGLO XX



# EL SECTOR ELÉCTRICO DEL SIGLO XX



# LOS PROBLEMAS AL FINAL DEL SIGLO XX.....America Latina y Reino Unido

- En **América Latina** la política energética y el desarrollo de la infraestructura fueron dejadas en manos de las **empresas estatales**
- Funcionamiento ineficiente, con dificultades de las autoridades públicas para gerenciarlas
- Tarifas distorsionadas: subsidios para mantenerlas bajas, financiadas desde impuestos
- Necesidad de inversión en infraestructura
- **Reino Unido:** el CEB tenía un funcionamiento ineficiente, debían bajarse los costos

# LOS PROBLEMAS AL FINAL DEL SIGLO..... EEUU

- **En EEUU** debido a las políticas federales medioambientales, las empresas eléctricas convirtieron su generación pasando de carbón a petróleo
- Con la crisis de 1973 los precios de la energía eléctrica subieron más que la inflación

# LA REFORMA DEL SECTOR ELÉCTRICO

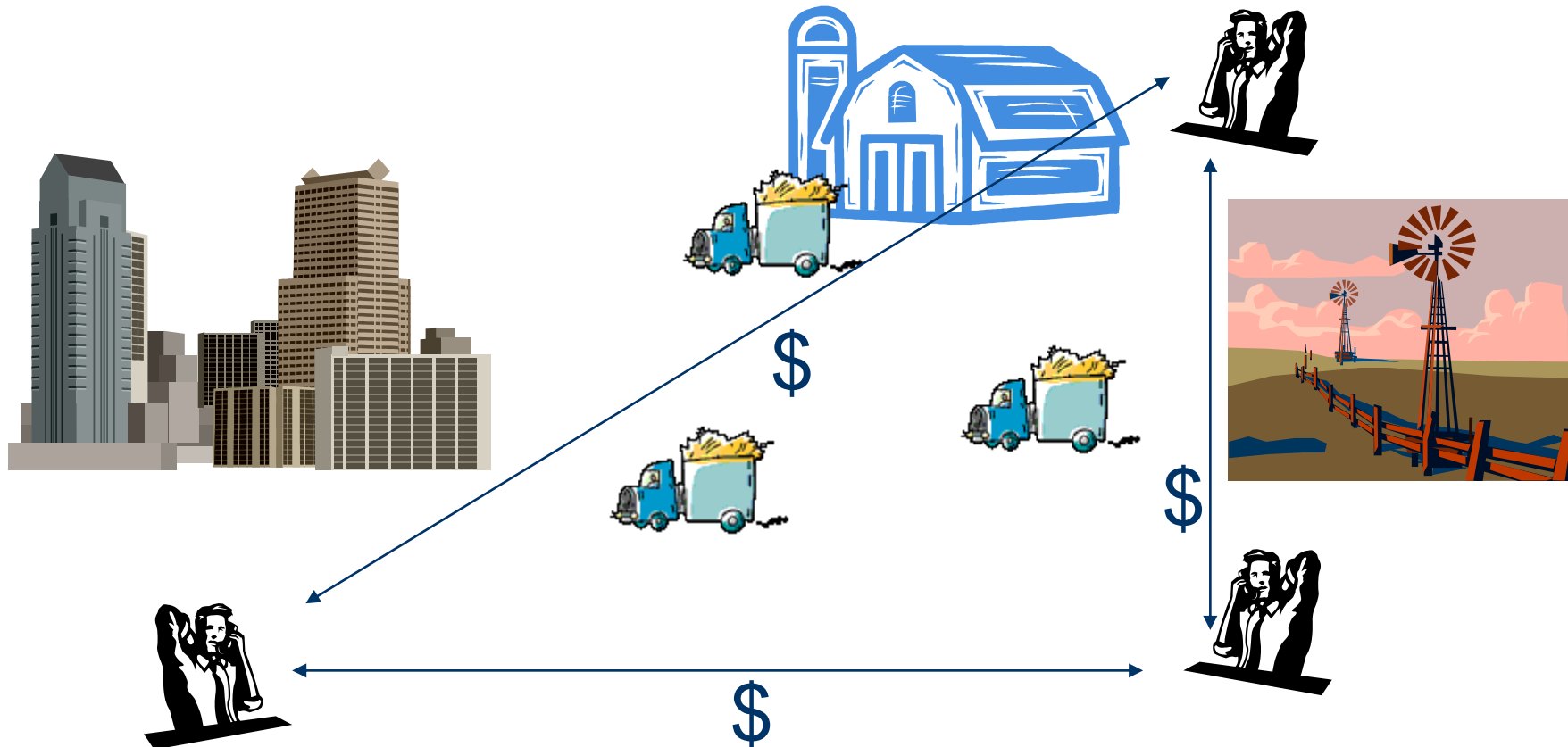
- La reforma surge como respuesta a los problemas del sector
- Las características de la reforma en América Latina y Europa fueron distintas a las de EEUU (en EEUU la industria eléctrica nació y siguió en manos privadas)
- Se da en una coyuntura en donde se había impuesto el **modelo de libre mercado**

# LA REFORMA DEL SECTOR ELÉCTRICO

- **Modelo de libre mercado:** reducción de la intervención del Gobierno en la economía y aumento de la participación privada
- Nigel Lawson, Secretary of State for Energy, 1982: *“UK energy policy is to have no policy, markets will deliver”*
- **Base conceptual:** Las decisiones descentralizadas tomadas por productores y consumidores llevan a la eficiencia económica del sistema



# EL MERCADO DEL TRIGO



# ¿PUEDE SEPARARSE LA ELECTRICIDAD DE SU TRANSPORTE?

GENERACIÓN

TRASMISIÓN

DISTRIBUCIÓN

COMERCIALIZACIÓN

# ¿PUEDE SEPARARSE LA ELECTRICIDAD DE SU TRANSPORTE?

- IDEA FUNDAMENTAL:

**LA ENERGÍA ELÉCTRICA COMO PRODUCTO PUEDE SEPARARSE COMERCIALMENTE DE SU TRANSPORTE COMO SERVICIO**



# LOS COSTOS DE TRANSACCIÓN

- Joskow y otros (1983) plantearon que era teóricamente posible reemplazar las **relaciones de comando y control dentro de una empresa** por **relaciones contractuales entre empresas**
- Pero especificar todos los términos del contrato para cubrir todas las posibilidades, negociarlo y ejecutarlo, podría resultar en **costos de transacción** demasiado elevados

# LOS COSTOS DE TRANSACCIÓN

¿QUÉ ES LO MÍNIMO NECESARIO PARA QUE FUNCIONE EL MERCADO?

- un sistema de redes (transporte) donde exista libre acceso
- un mecanismo de despacho económico que a su vez mantenga el control del sistema instante a instante

# LOS COSTOS DE TRANSACCIÓN

- un método para coordinar los mantenimientos
- un mecanismo que asegure que el sistema mantenga una adecuada capacidad de generación
- un mecanismo para tratar los estados de emergencia del sistema
- un mecanismo para la fijación de precios en las etapas no competitivas (transmisión y distribución)

# LOS COSTOS DE TRANSACCIÓN

- Además de los agentes que naturalmente participan en el mercado se necesita:

## **OPERADOR DEL SISTEMA**

Coordinación, balance instantáneo de energía, despacho económico

## **ADMINISTRADOR DEL MERCADO**

Transacciones, liquidación de pagos

## **REGULADOR**

Dictar reglamentaciones, supervisar el funcionamiento del mercado

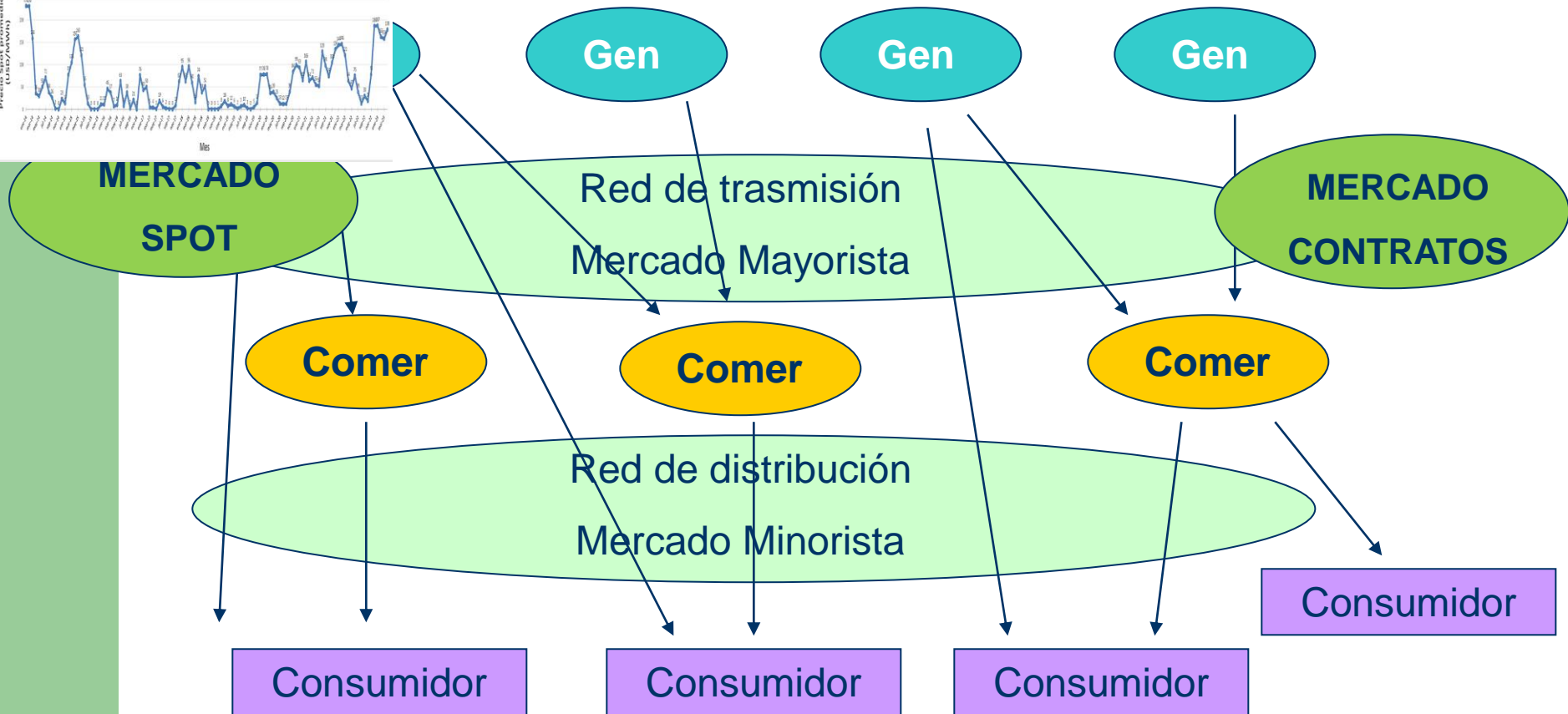
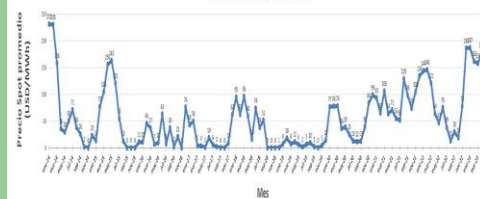
# EL MERCADO ELÉCTRICO

- Aparece un mercado para la energía eléctrica
- Este mercado está abierto a nuevos generadores y consumidores
- El análisis económico para este modelo es el de análisis de las transacciones:
  - ¿cuál es el producto vendido y comprado?
  - ¿a qué hora, en qué lugar?
  - ¿quién es el comprador, quién es el vendedor?
  - ¿cuál es el precio, cómo es determinado?



# EL MERCADO ELÉCTRICO

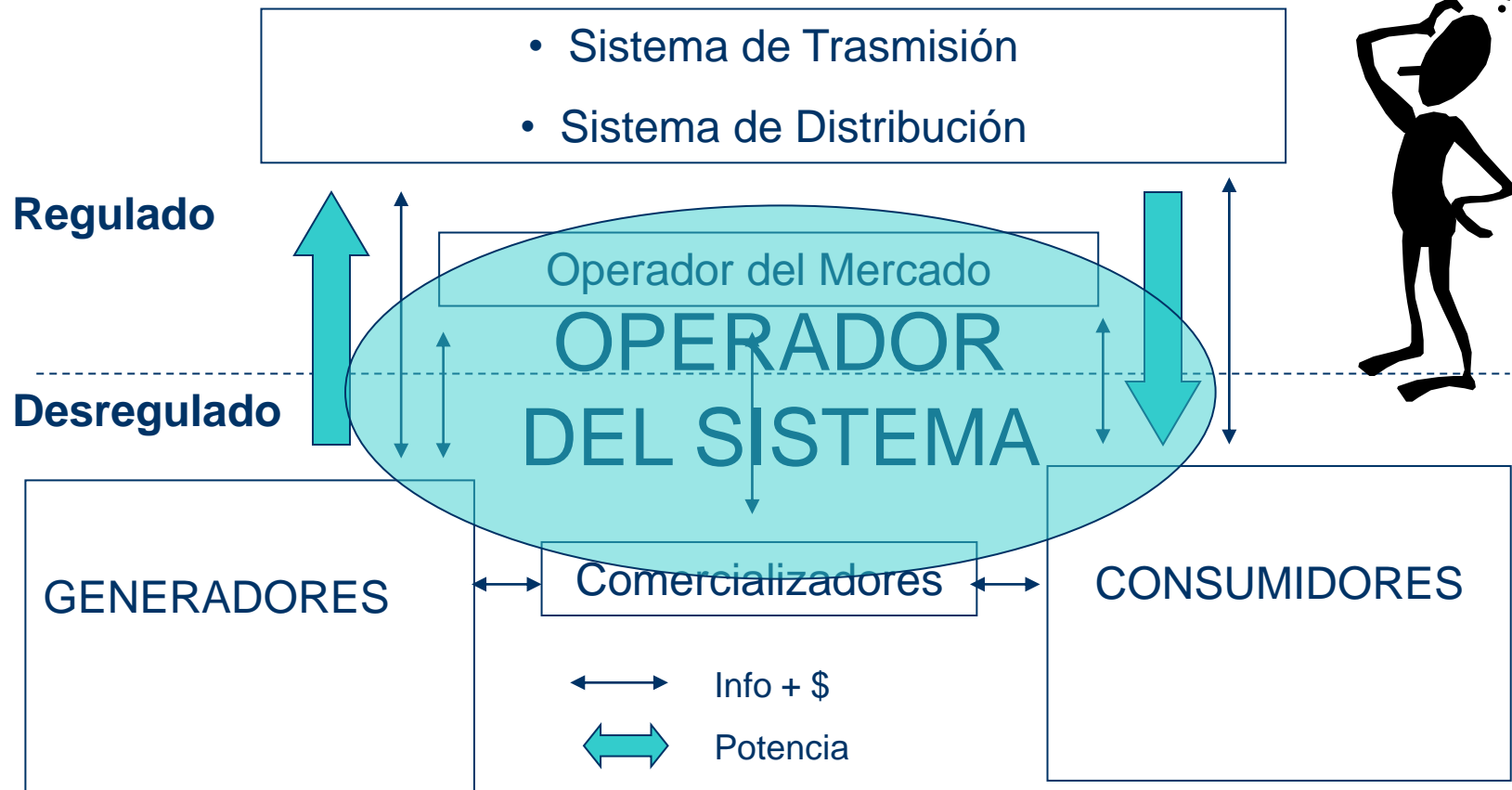
Evolución Precio Spot Mensual



# EL MERCADO ELÉCTRICO

- Necesita balance instantáneo entre oferta y demanda
  - Limitada capacidad de almacenamiento
  - Sin un sustituto en el corto plazo
- Muy alto valor de la continuidad del suministro
  - Una discontinuidad en el funcionamiento del mercado es intolerable
  - La demanda es inelástica

# EL MERCADO ELÉCTRICO



# EL PRECIO DE LA ENERGÍA

$$P_s = P_m + CTras + CDist$$

- *CTras* y *CDist*: tarifas reguladas (transmisión y distribución)
- *Pm* : Precio de compra de la energía en el mercado mayorista

# LOS NUEVOS MERCADOS ELÉCTRICOS

- Chile (1982), Inglaterra (1988), Argentina (1992), Peru (1993), Bolivia y Colombia (1994), América Central (1994 y 1995), Brasil (1996)
- En la mayor parte de los casos la reestructuración del sector fue acompañada de privatizaciones

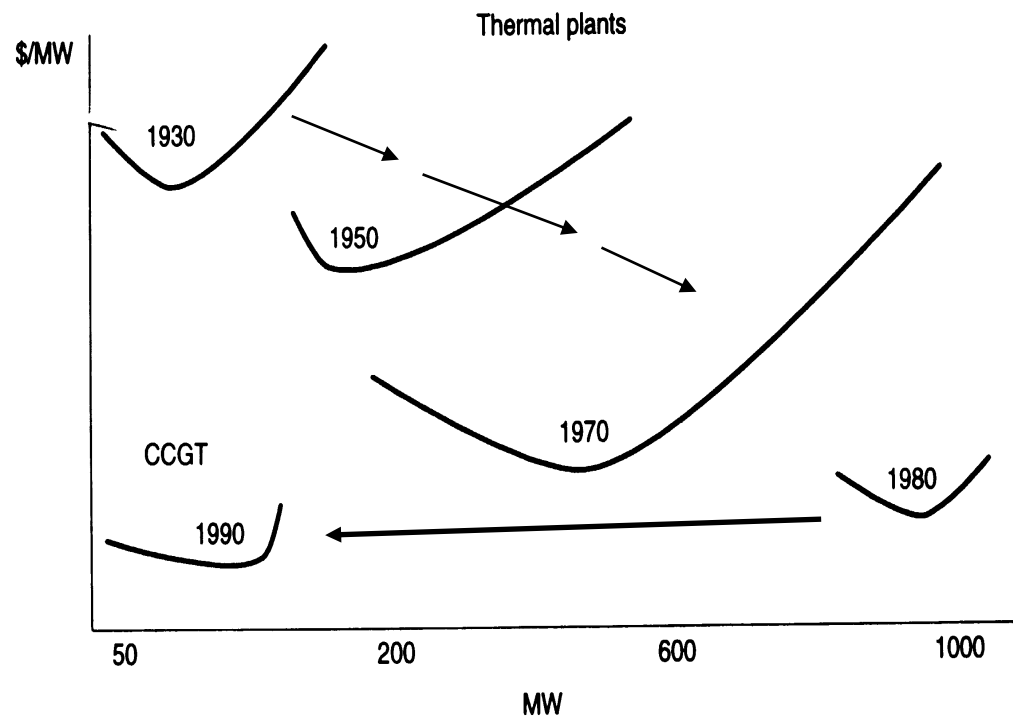
# LOS NUEVOS MERCADOS ELÉCTRICOS.....EEUU

- En 1978 a través de PURPA (Public Utility Regulatory Policies Act) se introduce la idea de competencia en generación: las *utilities* debían comprar energía de los generadores independientes (IPP) a un precio igual al costo evitado
- En 1992 el Energy Policy Act permite a grandes consumidores elegir su proveedor y obliga a las *utilities* a dar el servicio de transporte.

# LOS CAMBIOS TECNOLÓGICOS Y LOS MERCADOS

- Hasta los 80' el tamaño óptimo de una planta de generación fue en aumento
- Existían economías de escala construyendo generadores de mayor tamaño (monopolio natural)
- Luego de 1980 la situación cambió (nuevas tecnologías provenientes de los programas espaciales, baja de los precios de gas)
- Más barato construir una central nueva que pagar los costos hundidos de las viejas

# LOS CAMBIOS TECNOLÓGICOS Y LOS MERCADOS





# LOS CAMBIOS TECNOLÓGICOS Y LOS MERCADOS

- Los consumidores comenzaron a pensar en construir su propio generador
- Se preguntaban además por qué no podían cambiar de proveedor comprando energía más barata

# LAS DIMENSIONES DE LOS CAMBIOS

- DOS DIMENSIONES DIFERENTES QUE DEBEN SER TRATADAS EN FORMA INDEPENDIENTE:
  - REESTRUCTURA PROPIAMENTE DICHA
  - CAMBIOS EN LA PROPIEDAD DE LOS ACTIVOS

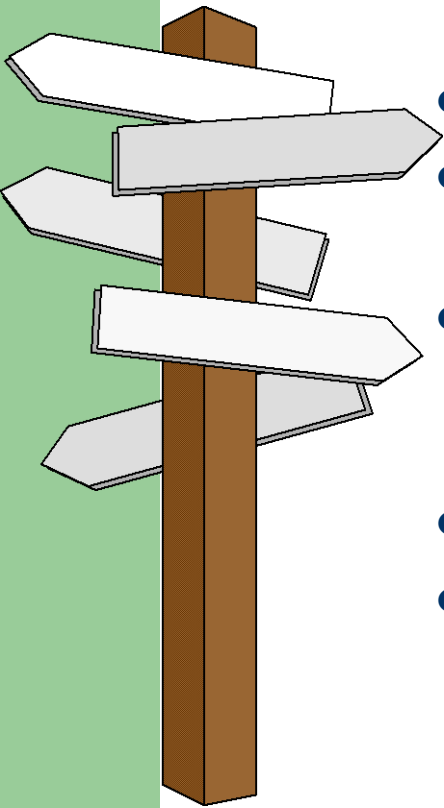
# REESTRUCTURA

- Se refiere a los cambios a la forma de articulación entre las etapas, independizándolas en su gestión e introduciendo competencia donde sea posible de acuerdo a la evolución actual de la tecnología.
- Se refiere además a gran parte de los nuevos diseños regulatorios que necesariamente deben ser externos a cualquiera de los agentes participantes.

# CAMBIOS EN LA PROPIEDAD

- Obedecen a visiones de orden económico, político y social pudiendo adoptar múltiples soluciones

# EN EL CURSO VEREMOS...



- **LA REESTRUCTURA PROPIAMENTE DICHA**
- EN CUALES ETAPAS PUEDE O NO SER VIABLE LA INTRODUCCIÓN DE COMPETENCIA
- QUE CARACTERÍSTICA DEBE TENER EL MERCADO PARA COORDINAR TANTO LOS AGENTES DE UNA ETAPA COMO ENTRE ETAPAS (REGULACIÓN)
- COMO SE FORMA EL PRECIO EN EL MERCADO
- COMO SE FIJAN LOS PRECIOS DE LAS ETAPAS DONDE NO ES VIABLE LA COMPETENCIA (MONOPOLIOS NATURALES)

# DINÁMICA ACTUAL DE LAS ESTRUCTURAS DE LA INDUSTRIA

- **PROPIEDAD**

- (I) DEL ESTADO CON GESTIÓN DEL EJECUTIVO
- (II) DEL ESTADO CON GESTIÓN INDEPENDIENTE (EMPRESA)
- (III) PRIVADA

# DINÁMICA ACTUAL DE LAS ESTRUCTURAS DE LA INDUSTRIA

- **ESTRUCTURA**

- (I) NO EXISTE COMPETENCIA
- (II) COMPETENCIA EN GENERACIÓN SOLAMENTE
- (III) COMPETENCIA EN GENERACIÓN Y MAS DE UN AGENTE DEMANDANTE INDEPENDIENTE LIMITADO POR LA ESCALA DISPUESTA POR EL REGULADOR.
- (IV) MULTIPLICIDAD DE AGENTES OFERENTES Y DEMANDANTES SIN LÍMITES DE ESCALA. COMPETENCIA PLENA

# LA MATRIZ ESTRUCTURA/PROPIEDAD

P  
R  
O  
P  
/  
G  
E  
S  
T  
I  
O  
N

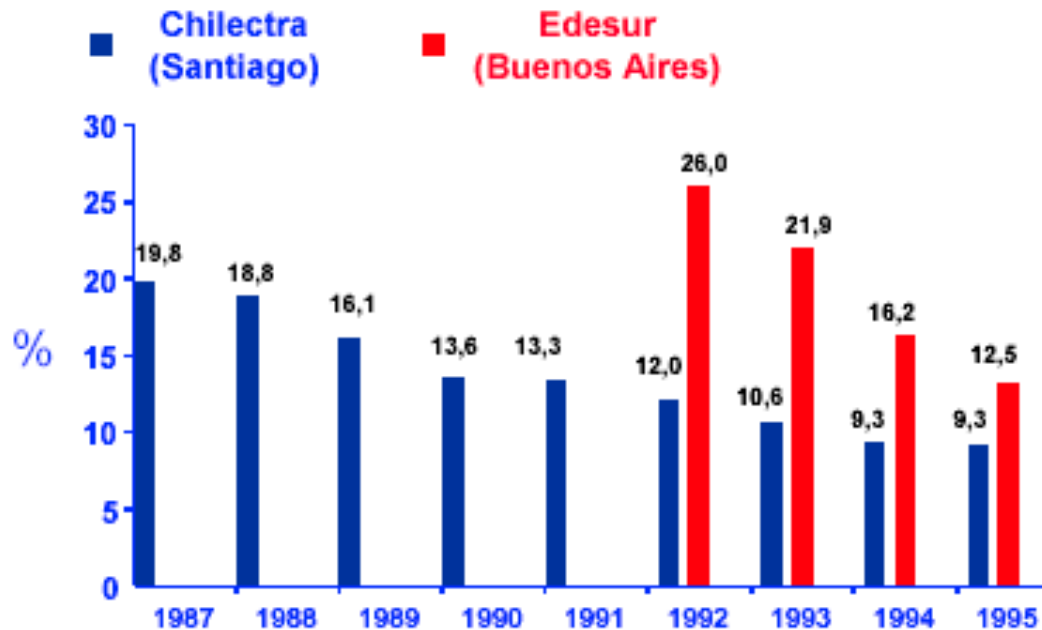
## ESTRUCTURA

	<i>Modelo 1</i>	<i>Modelo 2</i>	<i>Modelo 3</i>	<i>Modelo 4</i>
<i>Repartición del Gobierno</i>				
<i>Corporación Pública</i>	Reino Unido Brasil Chile	URU	URU	
<i>Corporación Privada</i>			URU Brasil Chile	Reino Unido

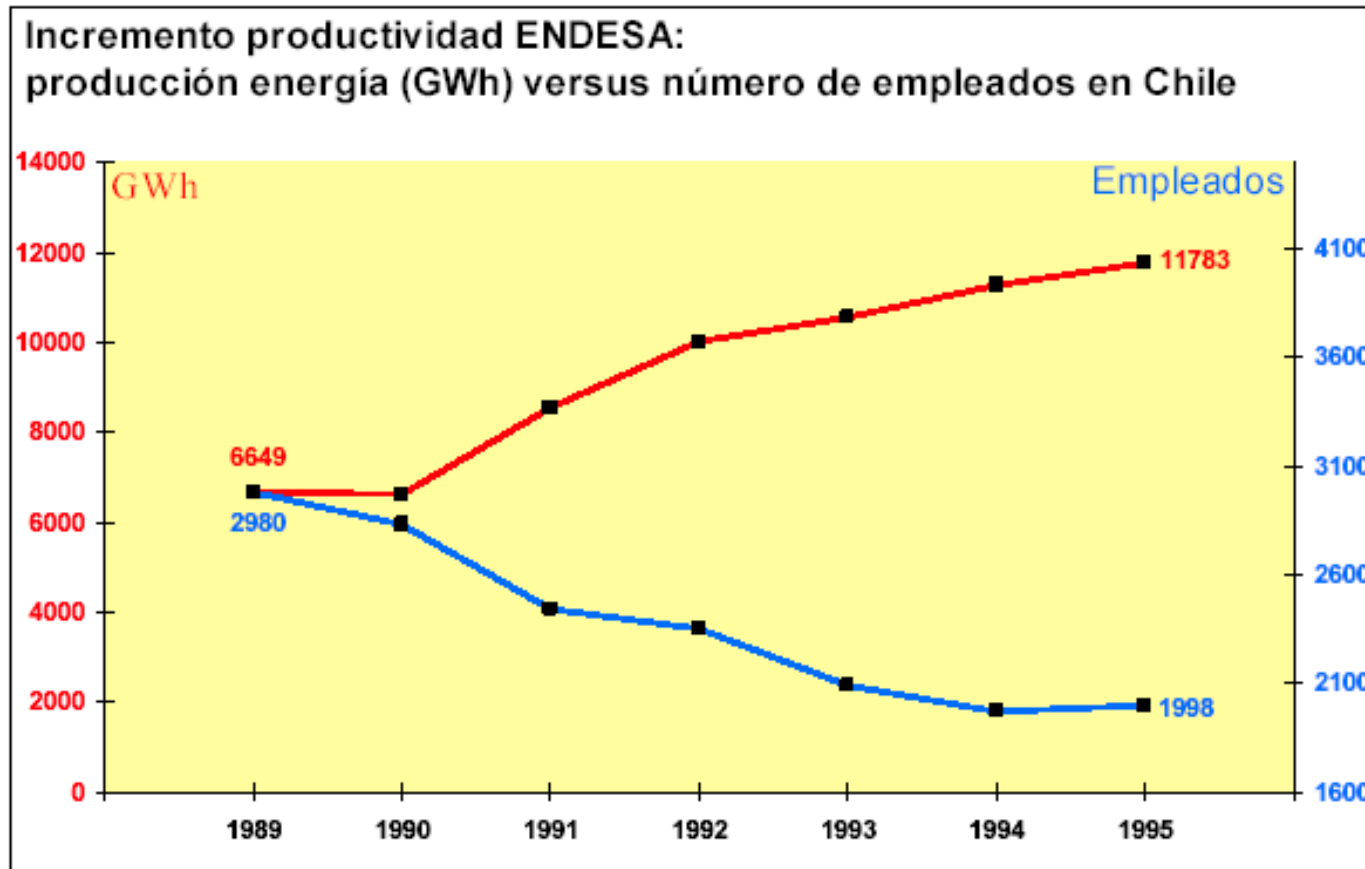


# ALGUNOS RESULTADOS PRIMARIOS (Década 90´)

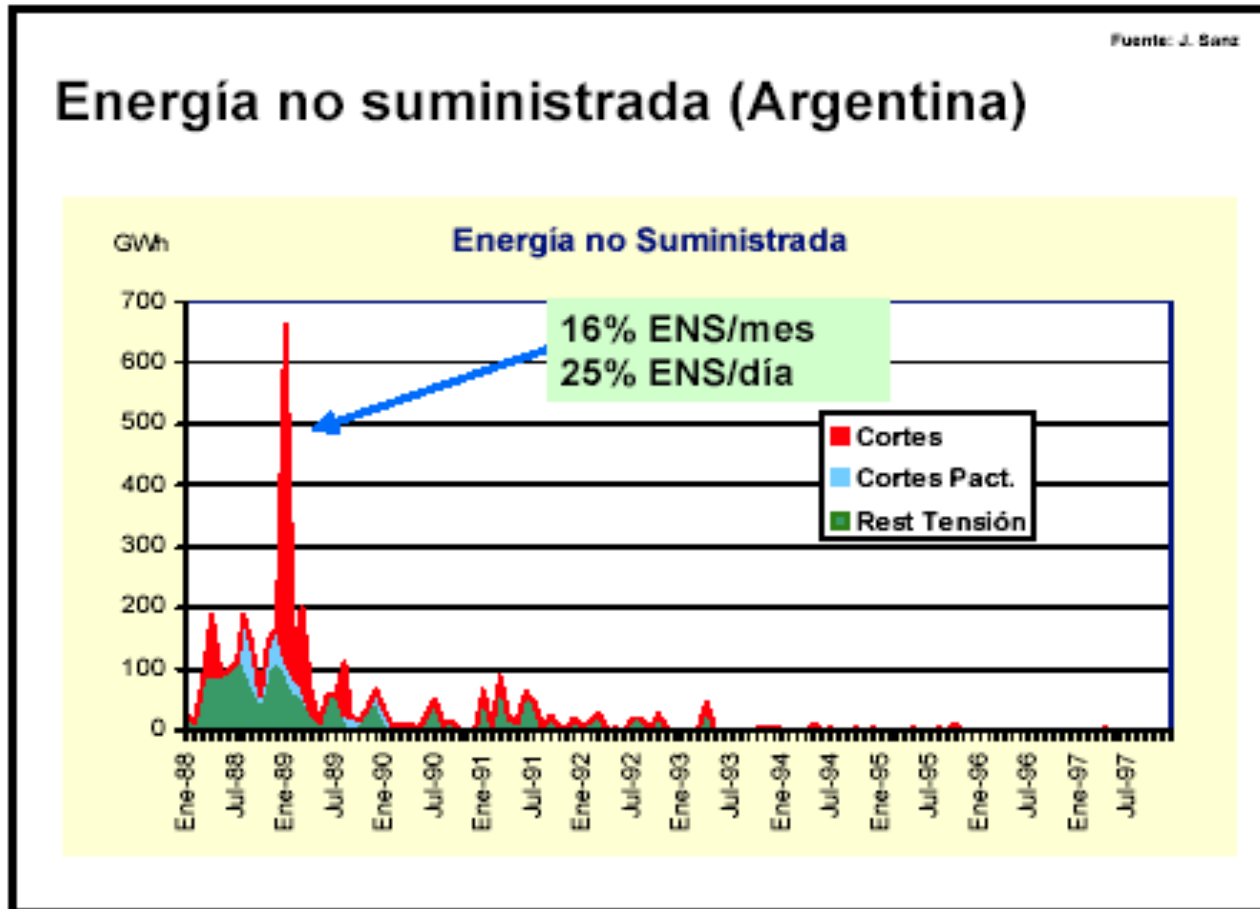
Reducción pérdidas (técnicas y no técnicas)



# ALGUNOS RESULTADOS PRIMARIOS (Década 90´)



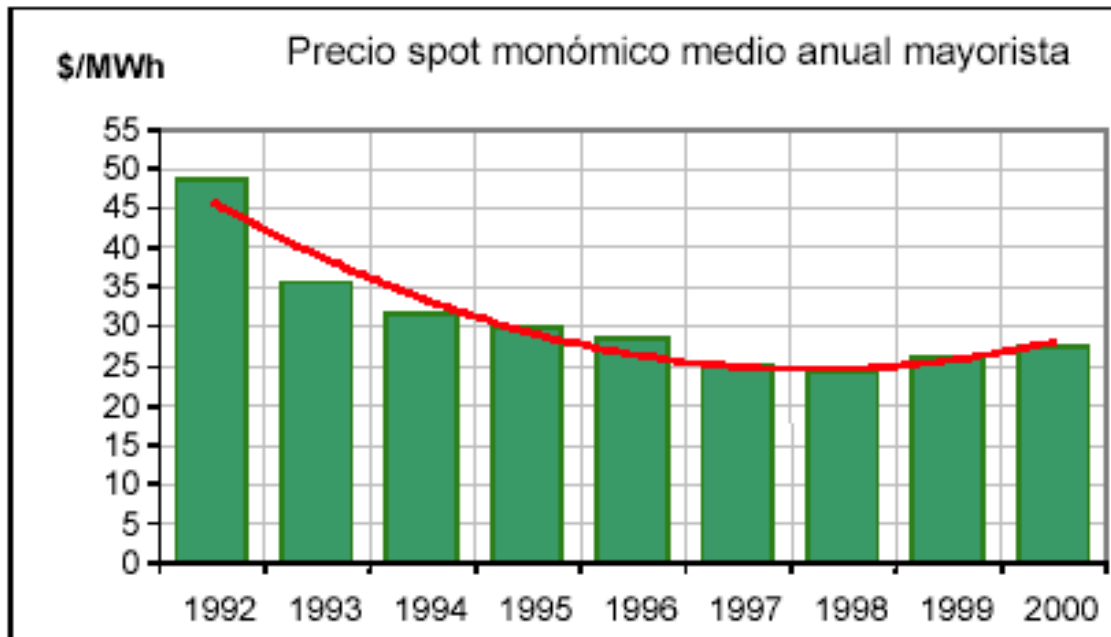
# ALGUNOS RESULTADOS PRIMARIOS (Década 90´)



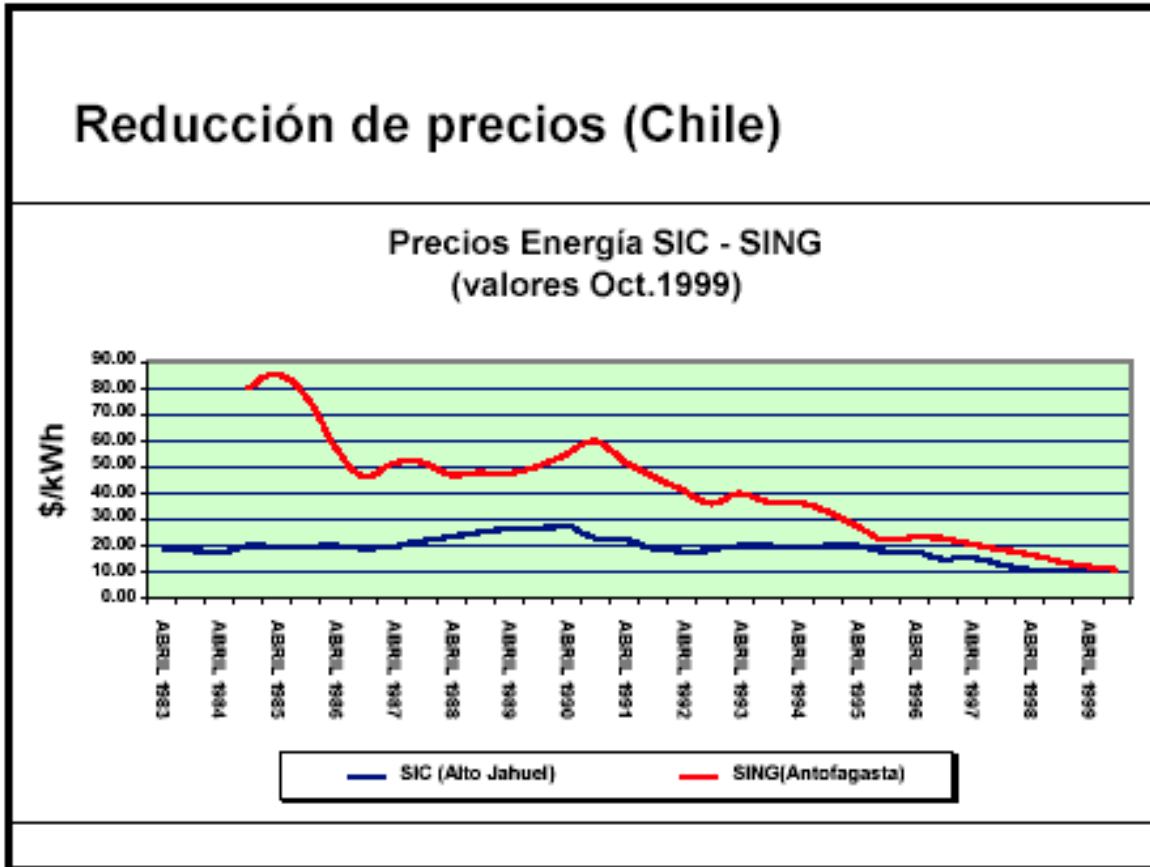
# ALGUNOS RESULTADOS PRIMARIOS (Década 90´)

Fuente: J. Sanz

## Reducción de precios (Argentina)



# ALGUNOS RESULTADOS PRIMARIOS (Década 90´)



# LOS DESAFÍOS DEL SIGLO XXI

- Las crisis de suministro frenaron el proceso de cambios a nivel mundial
- Chile: 1999, peor sequía del siglo
- Brasil: 2001, sequía, 20 % de restricciones durante 9 meses consecutivos en 2001 y 2002
- Argentina: Fines de 2001, estado de emergencia, crisis económica y política
- En EEUU: caso California

# LOS DESAFÍOS DEL SIGLO XXI

- No solo es importante la eficiencia y los precios sino tener la electricidad cuando se necesita!
- Necesidad de presencia del Estado:
  - Chile: plantas de regasificación, creación del Ministerio de Energía
  - Brasil y Chile (2004 y 2005): **Introducción de las licitaciones para la compra de energía**
  - Argentina: crea ENARSA

# LA MATRIZ ESTRUCTURA-PROPIEDAD

	<i>Modelo 1</i>	<i>Modelo 2</i>	<i>Modelo 3</i>	<i>Modelo 4</i>
<i>Repartición del</i>				
<i>Corporación Pública</i>				
<i>Corporación Privada</i>				

## ¿Qué modelo?

**DETERMINANTES POLÍTICOS:**

**¿QUÉ SE BUSCA?**

**ESTRUCTURA Y CARACTERÍSTICAS PREVIAS  
DEL SECTOR**



# SECTOR ELÉCTRICO EN EL URUGUAY – 1997-2002

	<i>Modelo 1</i>	<i>Modelo 2</i>	<i>Modelo 3</i>	<i>Modelo 4</i>
<i>Repartición del</i>				
<i>Corporación Pública</i>				
<i>Corporación Privada</i>				

## ¿Qué modelo?

Los motores del cambio...

# SECTOR ELÉCTRICO EN EL URUGUAY – OBJETIVOS ECON-SOC.

- Mejora de eficiencia
- Atracción de capitales privados

# SECTOR ELÉCTRICO EN EL URUGUAY - POLÍTICOS

- Participación en el mercado regional
- Alineamiento con objetivos internacionales

# SECTOR ELÉCTRICO EN EL URUGUAY - EL MODELO

- La ley N° 16832 de 1997 divide el Sector Eléctrico en tres etapas: generación, transmisión y distribución
- Los Reglamentos General, de MMEE, de Transmisión y de Distribución reglamentan la Ley (Decretos del PE)
- Competencia en generación
- Transmisión y Distribución reguladas (monopolios naturales)

# SECTOR ELÉCTRICO EN EL URUGUAY - EL MODELO

- Distribuidoras operan como monopolios geográficos
- Acceso abierto a las redes
- Participante predominante: empresa pública verticalmente integrada (UTE)

# SECTOR ELÉCTRICO EN EL URUGUAY - EL MODELO

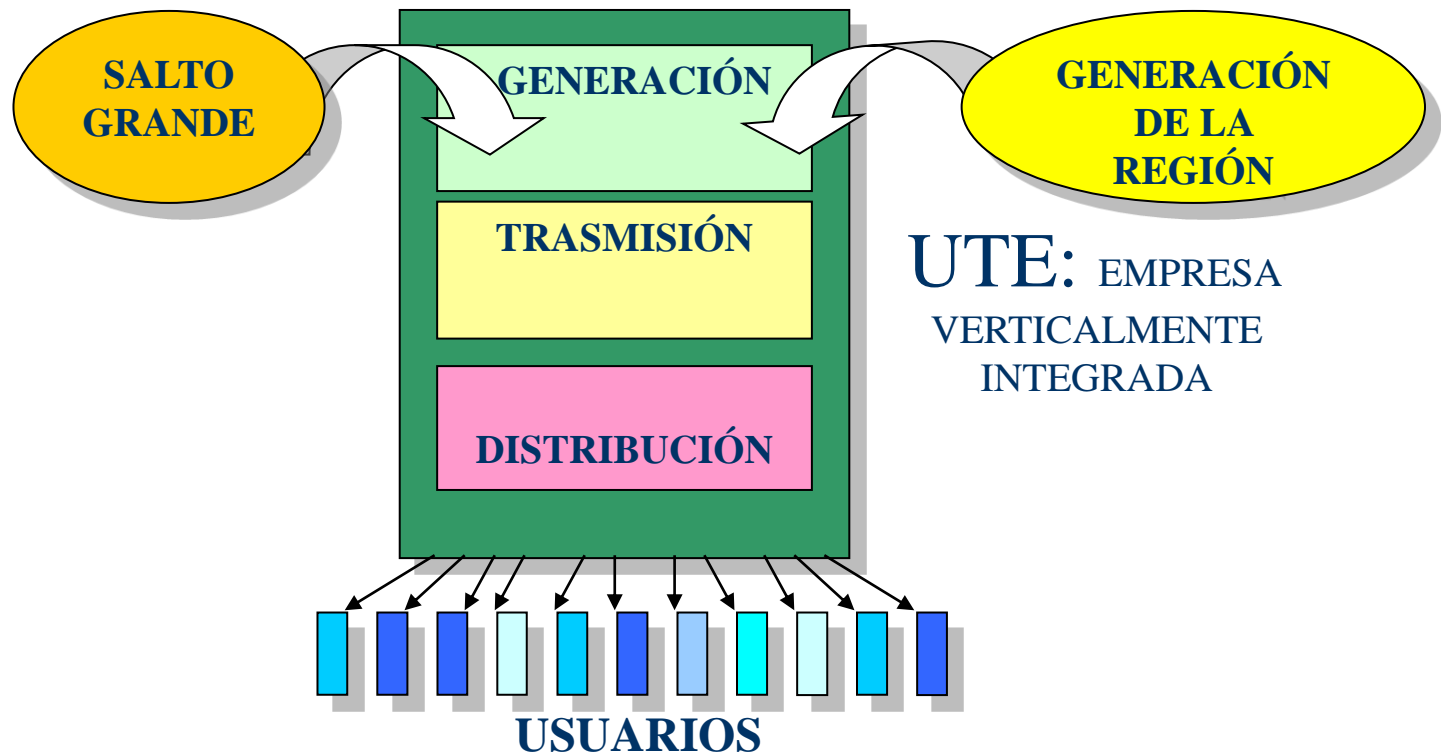
- Gran participación de hidroelectricidad ⇒ **despacho con costos regulados**
- Limitaciones en las reservas energéticas propias ⇒ **Acceso a las reservas del MERCOSUR** (a través de la participación de todos los agentes en nuevas inversiones de interconexiones internacionales, de una forma competitiva y transparente)
- Distribución y suministro en manos de UTE ⇒ **regulación de los precios que la empresa puede transferir a los consumidores finales**

# SECTOR ELÉCTRICO EN EL URUGUAY - EL MODELO

- Separación en el Estado entre
  - Política energética: MIEM
  - Regulación: URSEA
  - Actividad empresarial: UTE

# SECTOR ELÉCTRICO EN EL URUGUAY - EL MODELO

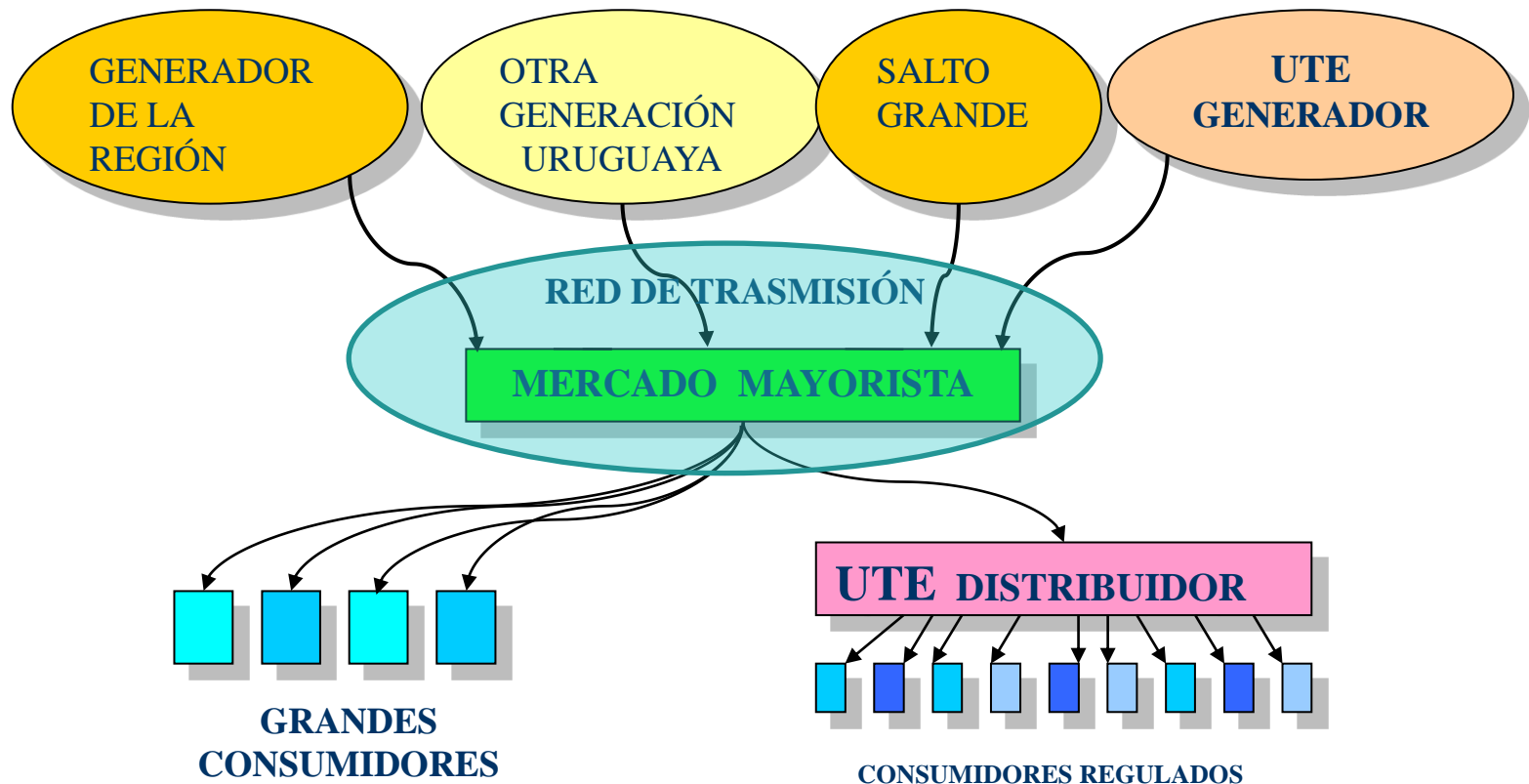
- LA INDUSTRIA ELÉCTRICA ANTES DE LA LEY 16.832





# SECTOR ELÉCTRICO EN EL URUGUAY - EL MODELO

- LA INDUSTRIA ELÉCTRICA LUEGO DE LA LEY

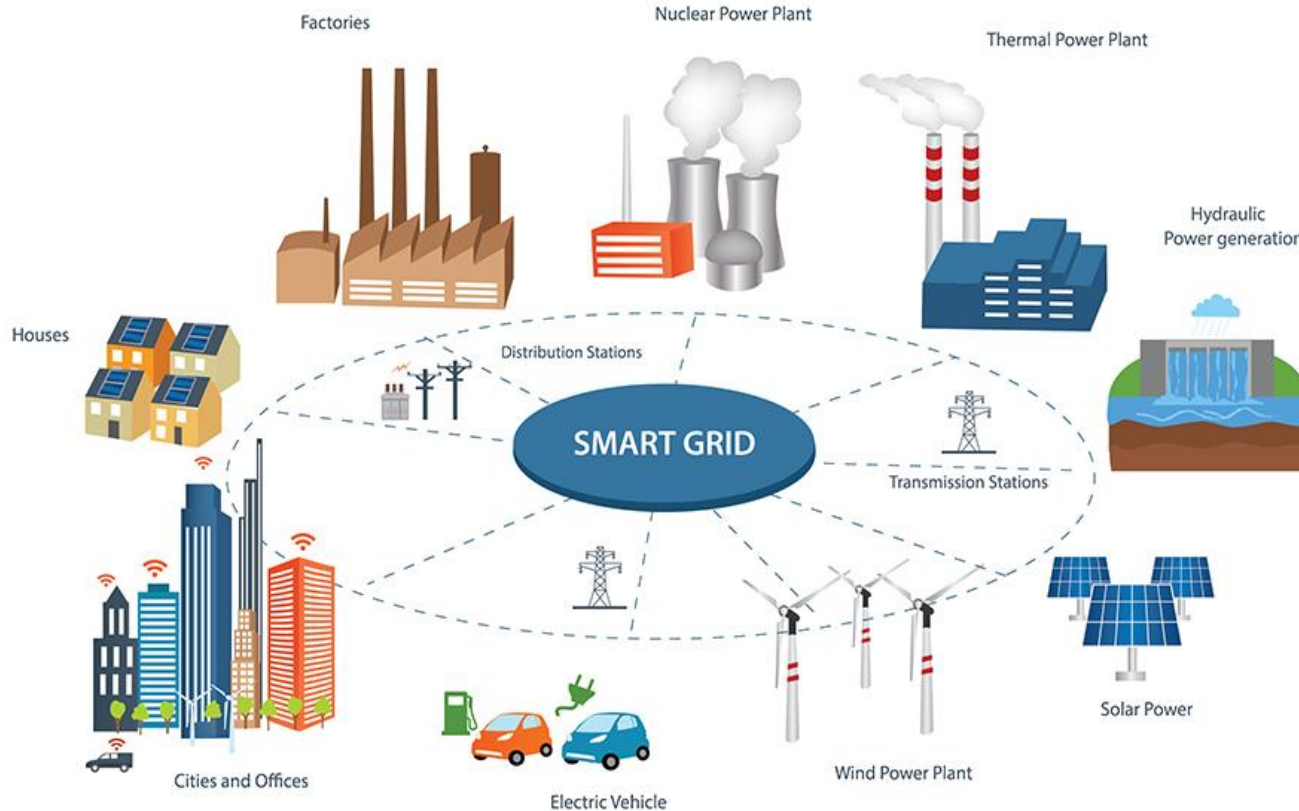


# SECTOR ELÉCTRICO EN EL URUGUAY - EL MODELO

---

¿Cuál es el grado de aplicación actual del modelo?

# Nueva visión del sector eléctrico: Smart Grids



- Generación térmica tradicional y generación renovable.
- Demandas firmes (y también flexibles)
- Comercializadores (Mayoristas y Minoristas)
- Generación Distribuida (en Media Tensión y Baja Tensión)
- Consumidores que generan ("Prosumidores")
- Almacenamiento
- Vehículos eléctricos que recargan y que pueden inyectar energía (V2G).



# ENERGÍAS RENOVABLES

DESCENTRALIZACIÓN  
GD Y MICROREDES

REDES INTELIGENTES Y  
GESTIÓN DE LA DEMANDA

ALMACENAMIENTO, H2 Y  
MOVILIDAD ELÉCTRICA

# Preguntas ....

