



UNIVERSIDAD
DE LA REPUBLICA
URUGUAY



Desafíos regulatorios en la nueva industria eléctrica

Dr. Ing. Mario Vignolo

El Sector Eléctrico

Los comienzos....

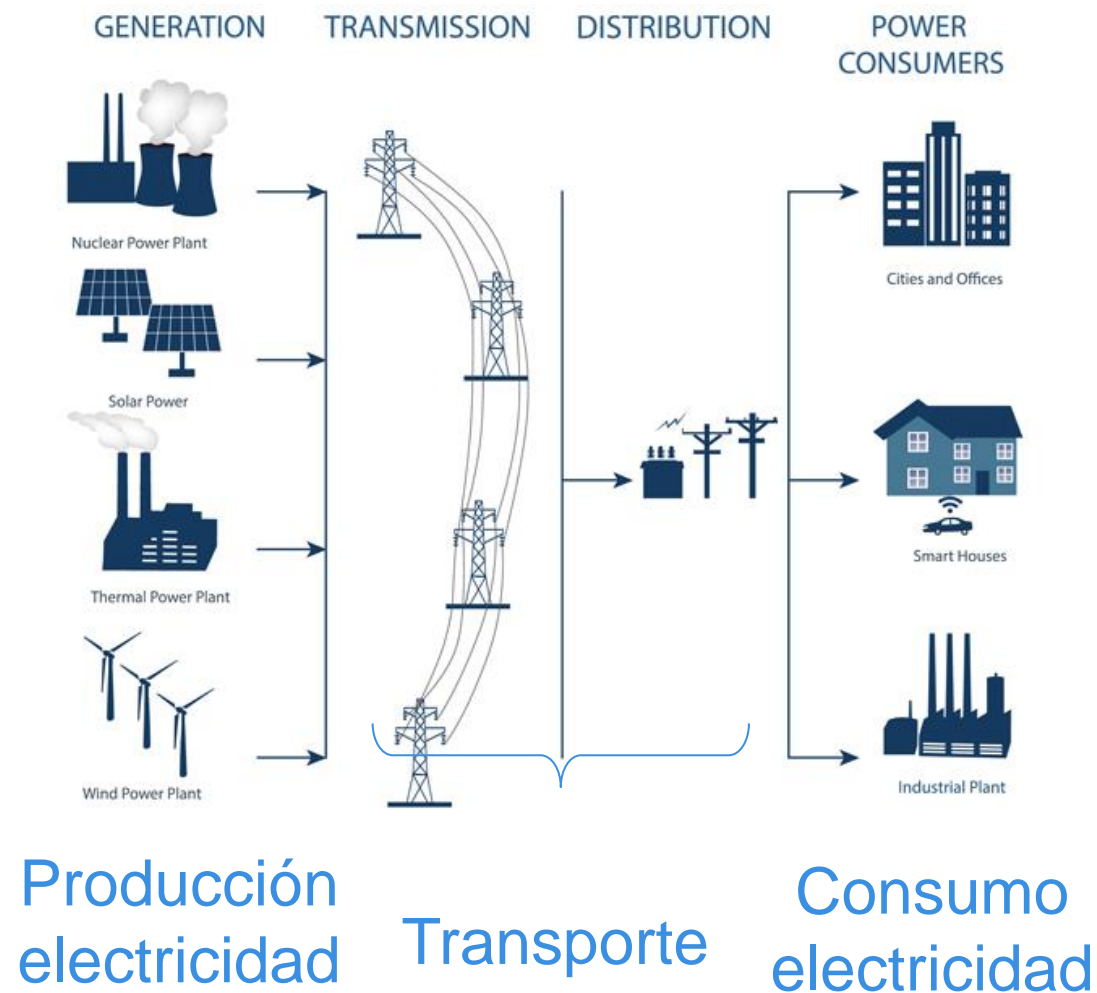
- 1879: Edison y Tesla muestran el uso de la electricidad.
- Rápidamente se implementa el uso de la electricidad en varias ciudades a través de la instalación de generadores y redes eléctricas locales (**generación distribuida**).

El Sector Eléctrico

Desarrollo en el Siglo XX

➤ Los sistemas eléctricos crecen, se desarrollan proyectos de generación, transmisión y distribución.

➤ Se interconectan los sistemas



El Sector Eléctrico

Desarrollo en el Siglo XX - Uruguay

1796 Iluminación por grasa vacuna

1856 Energía eléctrica frigorífico Liebig – Fray Bentos – Rio Negro

1912 se funda de UTE

1932 al 1982 Represas y Térmicas – Modelo hidro-térmico para abastecimiento de la demanda.

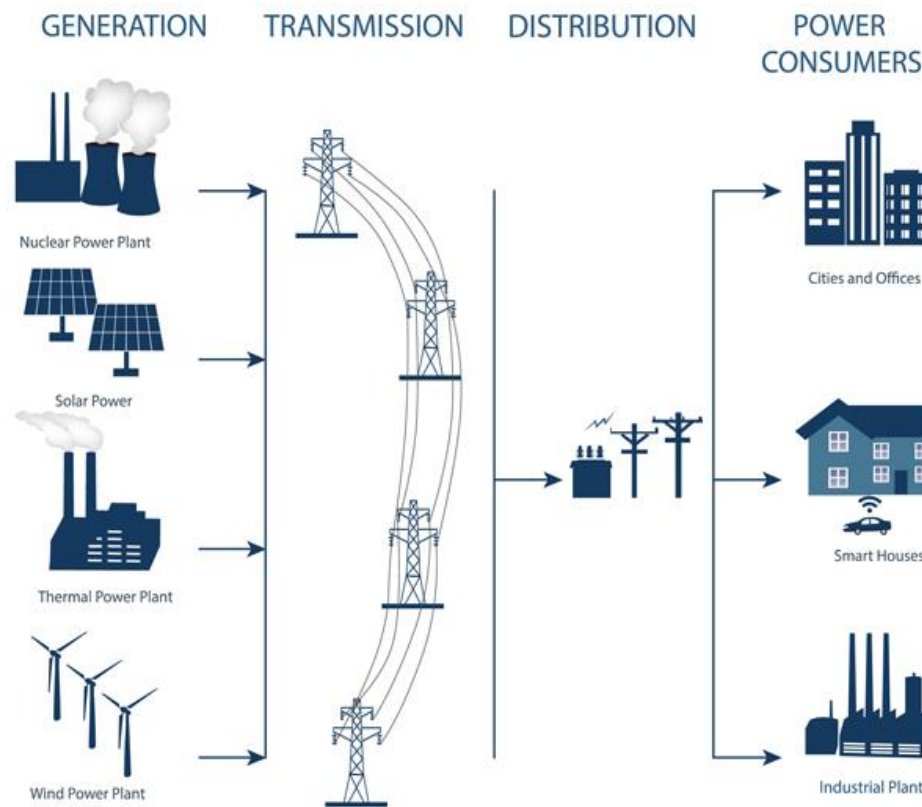
1997 Ley de Marco Regulatorio N°16.832.

2002 Reglamentos de Mercado Eléctrico

2002 – 2010 Problemas de suministro, finales del modelo hidro-térmico/importaciones Argentina, introducción de ERNC.

2010 - Actualidad 1507MW Eólica, 225MW Solar, 800 MW Biomasa

Futuro: Más ERNC, H2, Almacenamiento



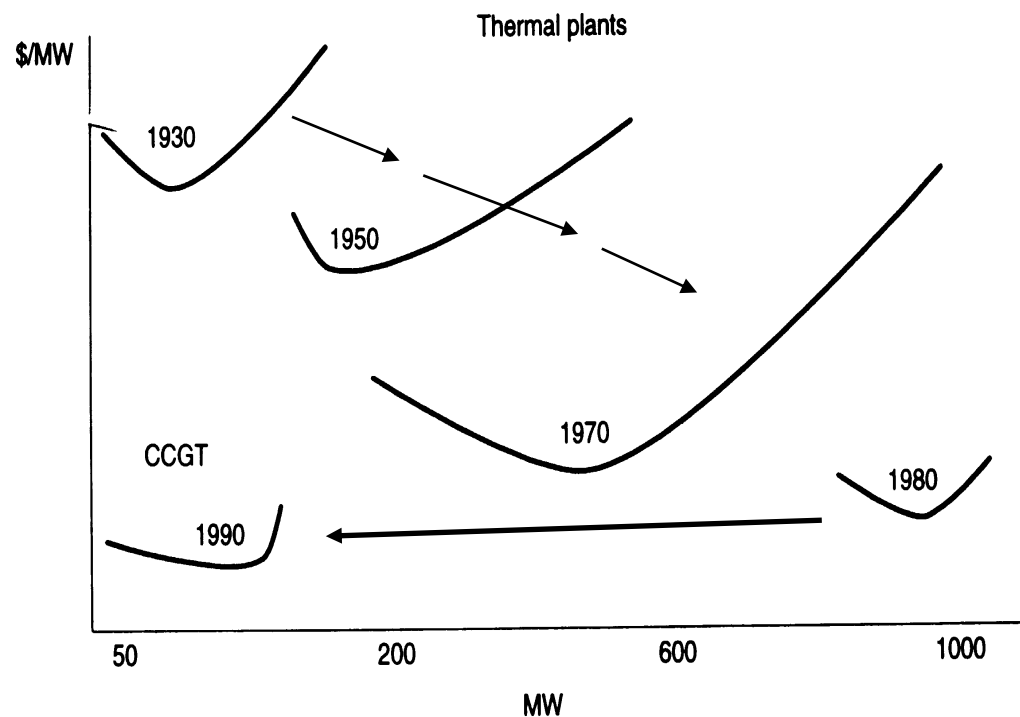
Producción
electricidad

Transporte

Consumo
electricidad

La reforma del Sector Eléctrico

Los cambios tecnológicos de la década de 1990'



Hasta los 80' el tamaño óptimo de una planta de generación fue en aumento

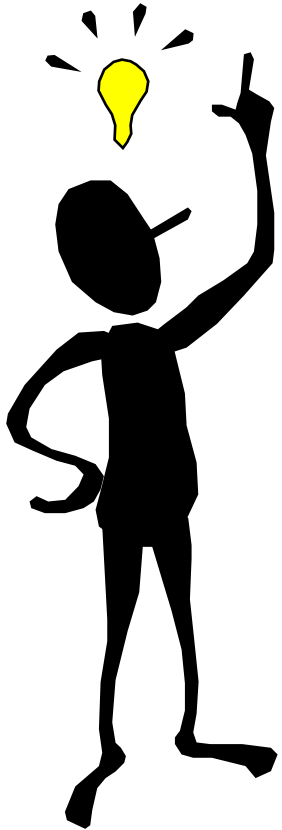
Existían economías de escala construyendo generadores de mayor tamaño (monopolio natural)

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

La reforma del Sector Eléctrico

La década de 1990'



GENERACIÓN

TRASMISIÓN

DISTRIBUCIÓN

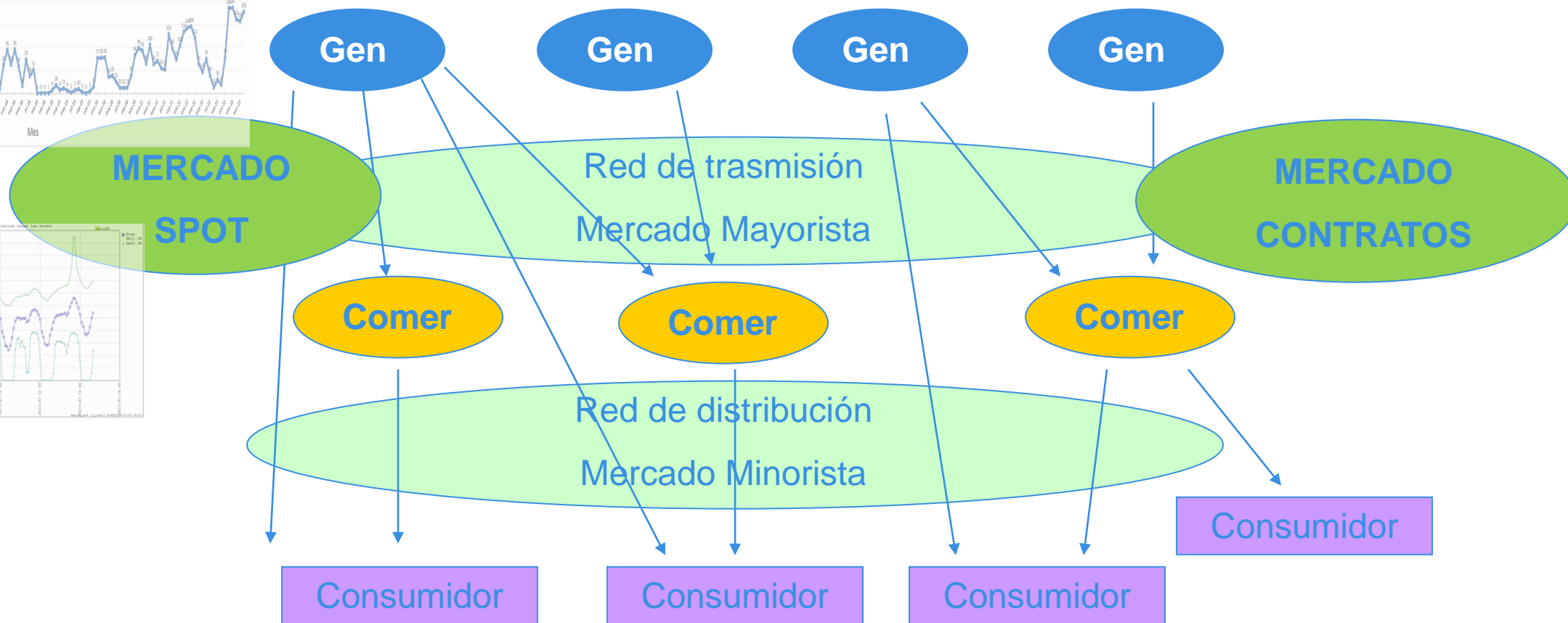
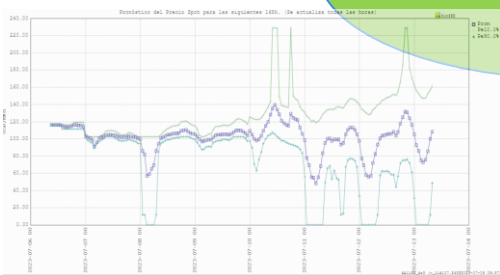
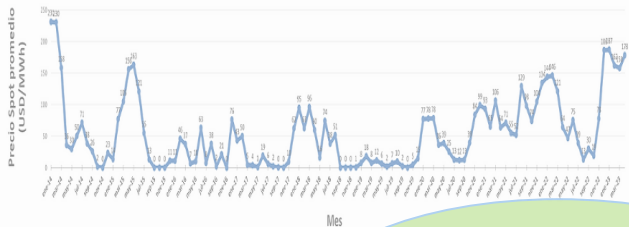
COMERCIALIZACIÓN

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

El Mercado Eléctrico

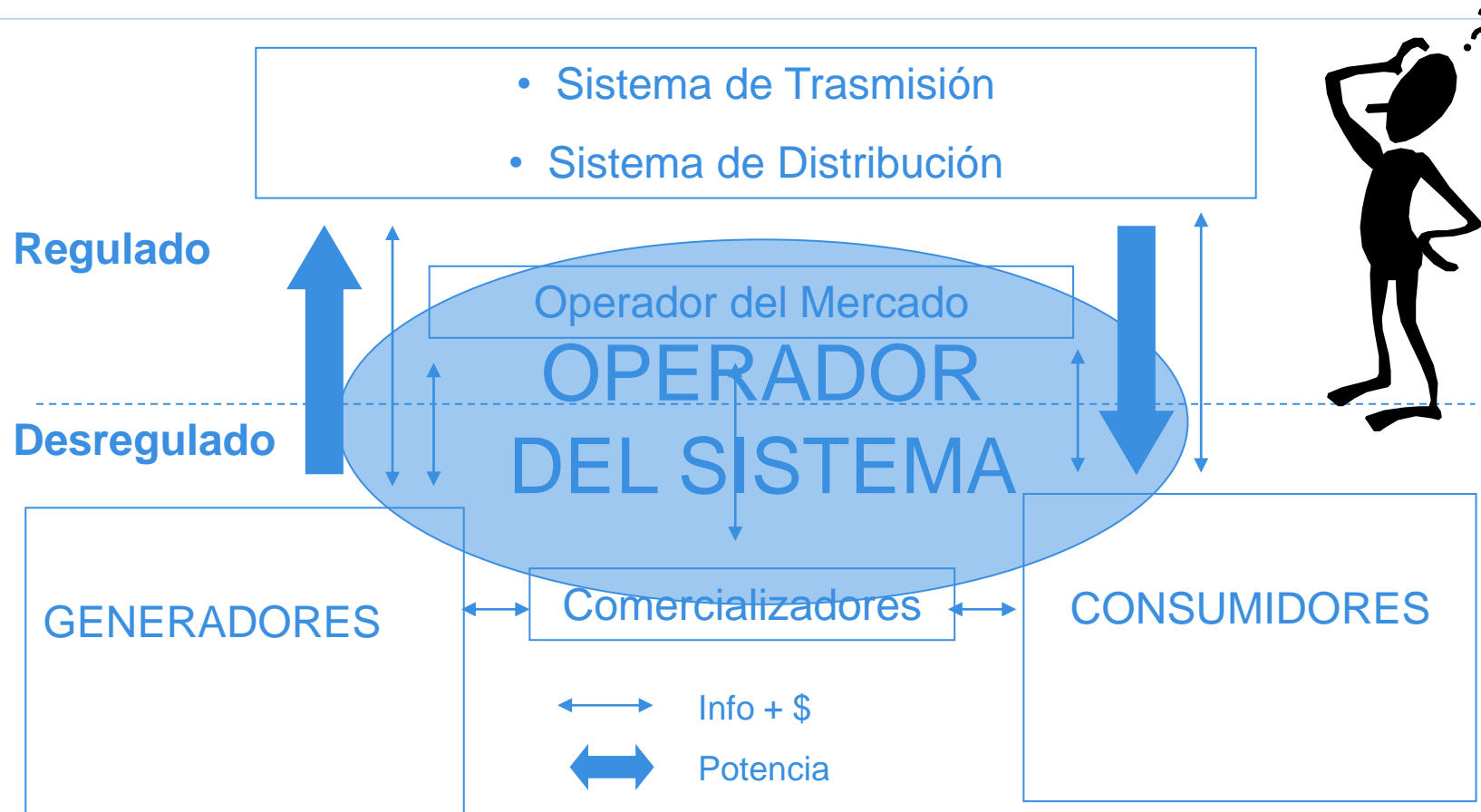
Mercado Mayorista

Evolución Precio Spot Mensual



El Mercado Eléctrico

Actividades reguladas y desreguladas



El Mercado Eléctrico

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

El Sector Eléctrico

Dimensiones de los cambios

DOS DIMENSIONES DIFERENTES QUE DEBEN SER TRATADAS EN FORMA INDEPENDIENTE:

- REESTRUCTURA PROPIAMENTE DICHA (Introducción de competencia donde es posible)
- CAMBIOS EN LA PROPIEDAD DE LOS ACTIVOS

El Sector Eléctrico

Dimensiones de los cambios

PROPIEDAD

(I) DEL ESTADO CON GESTIÓN DEL EJECUTIVO

(II) DEL ESTADO CON GESTIÓN INDEPENDIENTE (Empresa Pública)

(III) PRIVADA

El Sector Eléctrico

Dimensiones de los cambios

ESTRUCTURA

(I) NO EXISTE COMPETENCIA

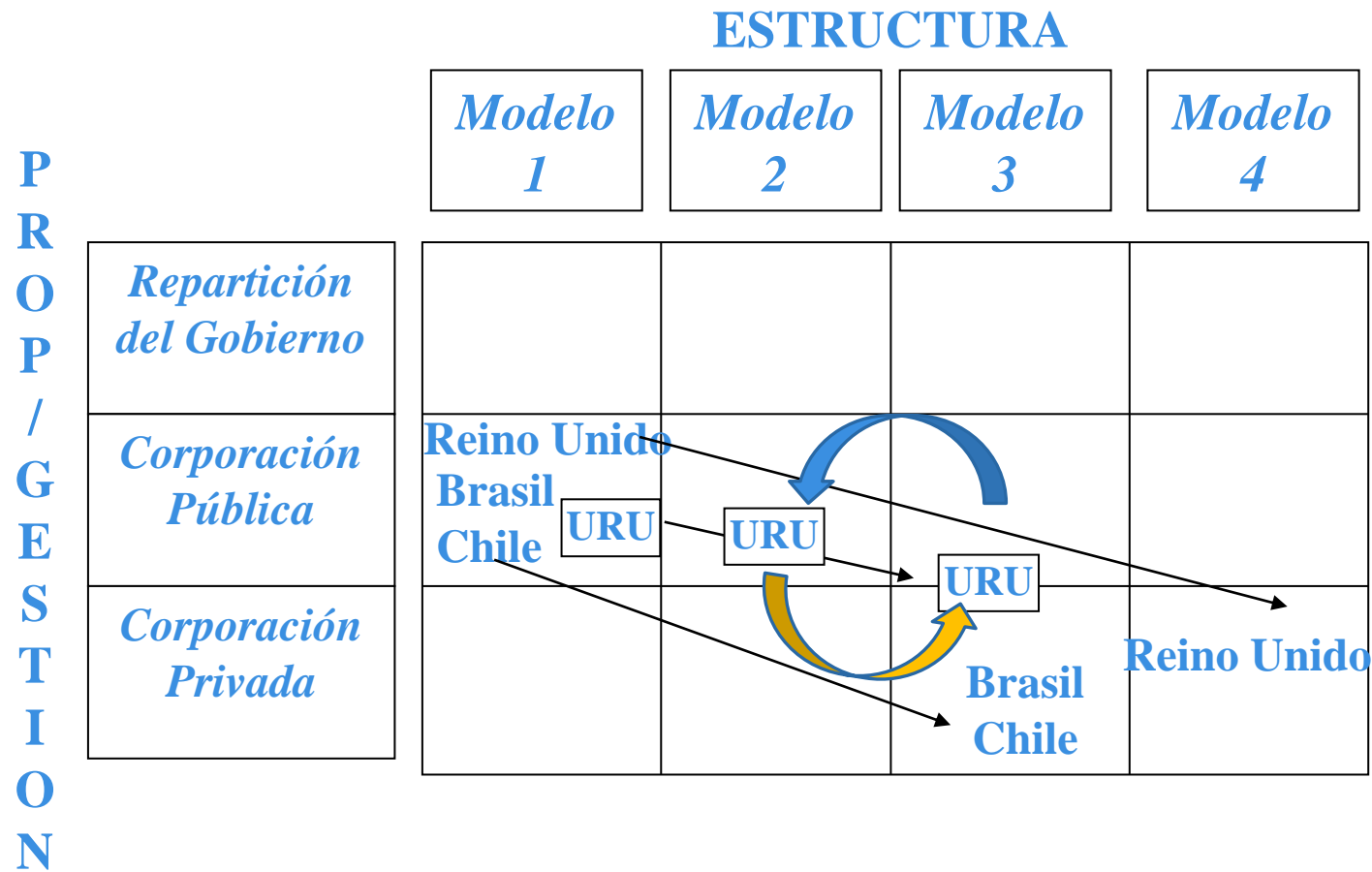
(II) COMPETENCIA EN GENERACIÓN SOLAMENTE

(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

El Sector Eléctrico

La matriz estructura propiedad



El Sector Eléctrico en el Uruguay

El Modelo

	<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>				

- 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)

El Sector Eléctrico en el Uruguay

El Modelo

	<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>				

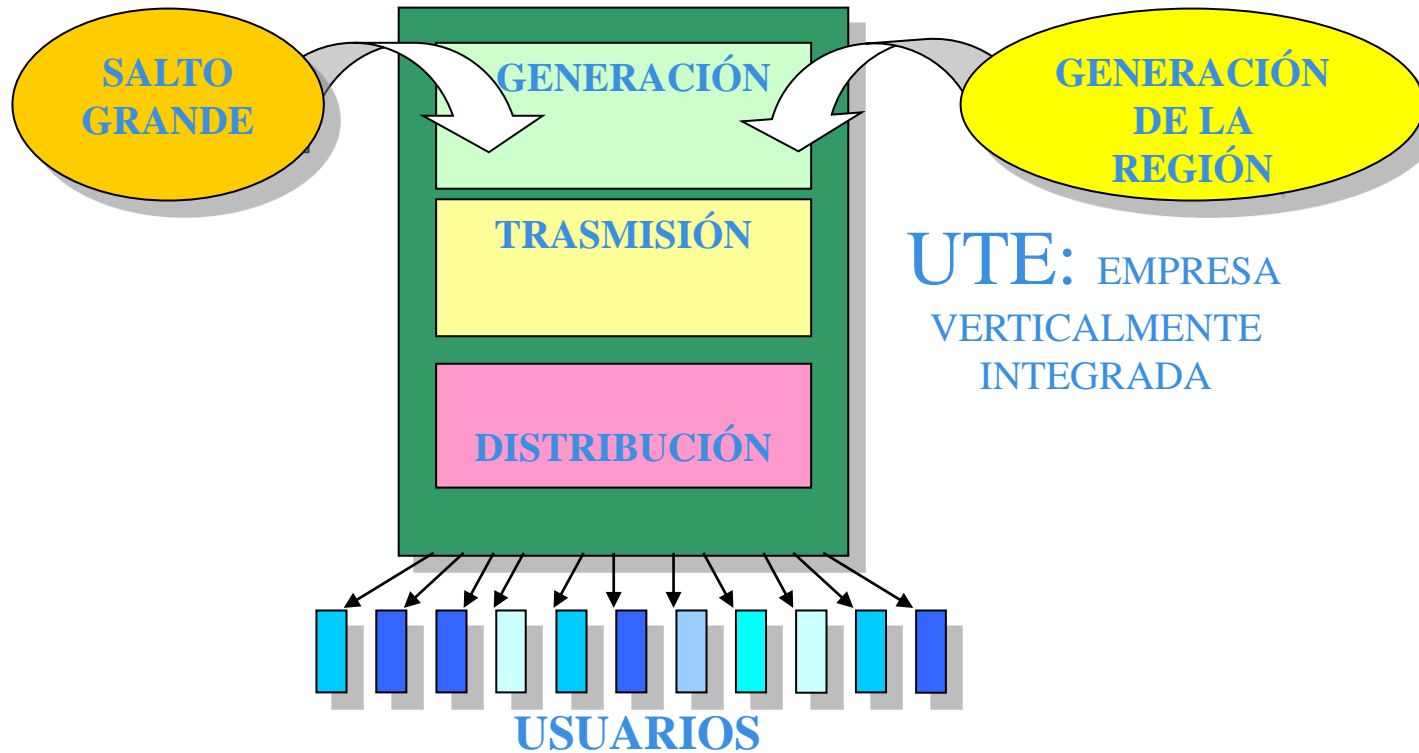
- Distribuidoras operan como monopolios geográficos
- Acceso abierto a las redes
- Participante predominante: empresa pública verticalmente integrada (UTE)
- Separación en el Estado entre:
 - Política energética: MIEM
 - Regulación: URSEA
 - Actividad empresarial: UTE

El Sector Eléctrico en el Uruguay

El Modelo

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Repartición del				
Corporación Pública				
Corporación Privada				

LA INDUSTRIA ELÉCTRICA ANTES DE LA LEY 16.832

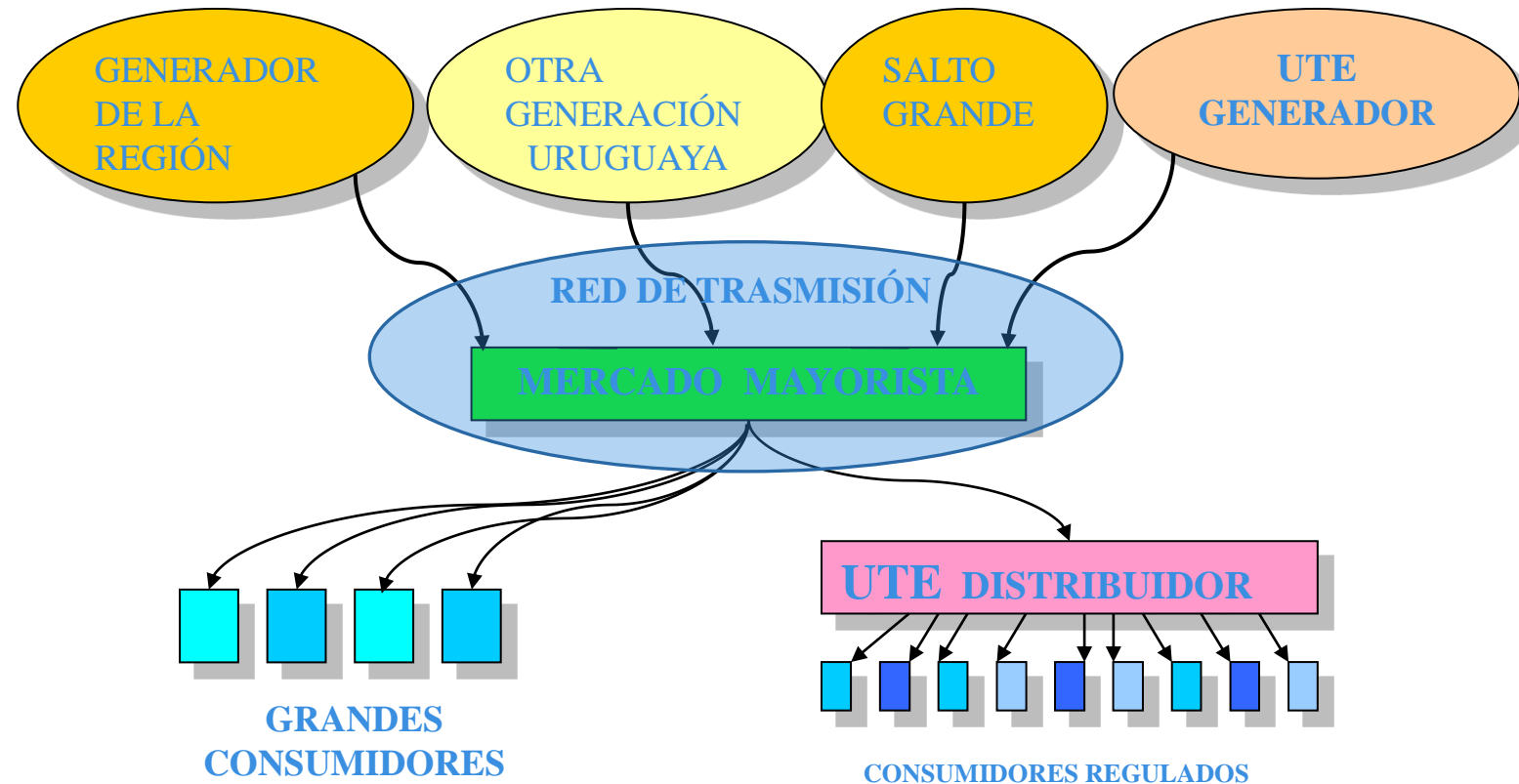


	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Repartición del				
Corporación Pública				
Corporación Privada				

El Sector Eléctrico en el Uruguay

El Modelo

LA INDUSTRIA ELÉCTRICA LUEGO DE LA LEY



Estructura de Sector

	<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>				

➤ Agente:

- Empresa con activos en el sector (generador, autoproducer, transportista y/o distribuidor)
- Gran Consumidor: consumidor de más de 1500 kW que compra en el mercado mayorista

➤ Participante:

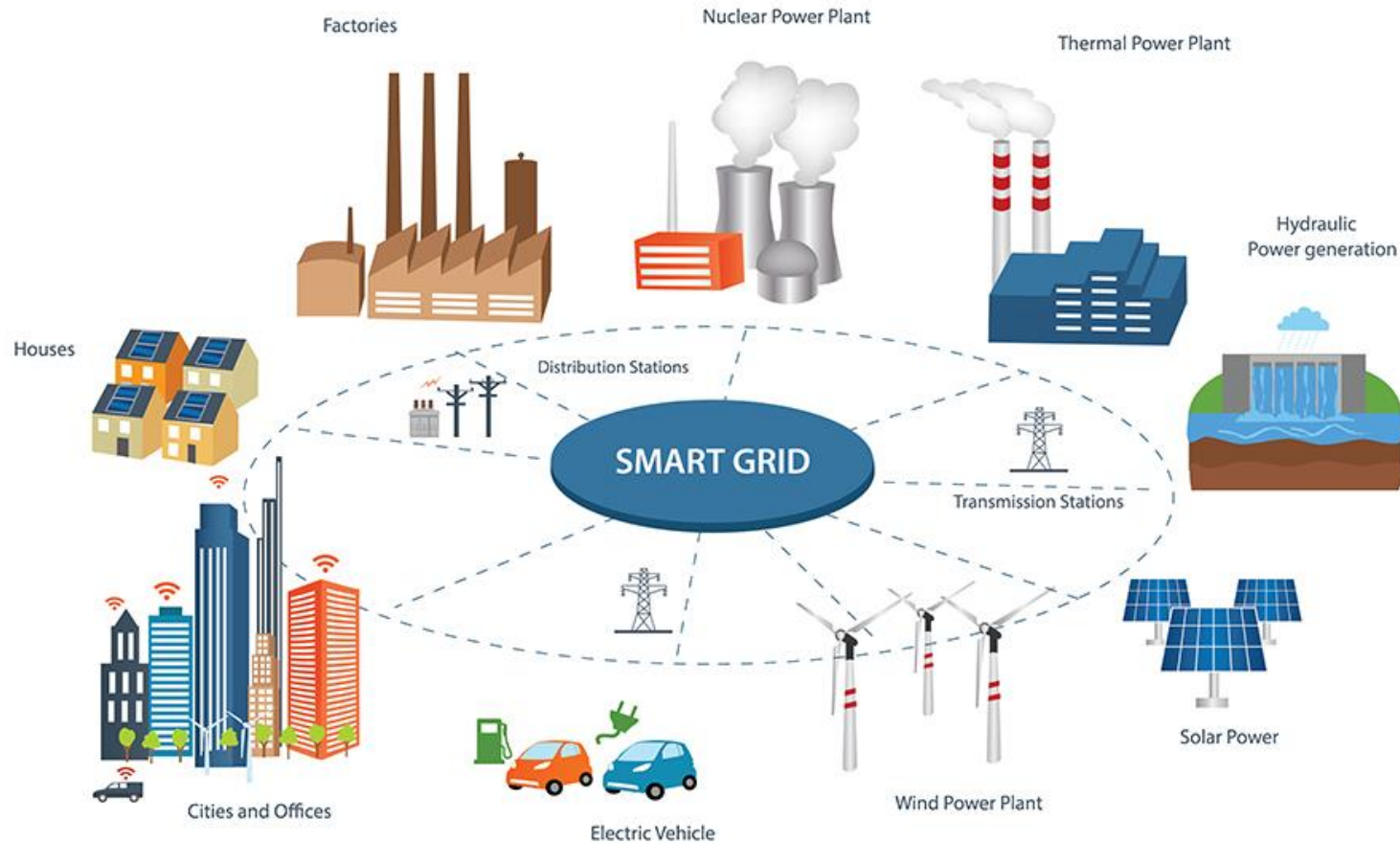
- El agente autorizado a comprar / vender en el Mercado
- El Comercializador autorizado en el Mercado, que representa a uno o más agentes

Quiénes actúan en el MMEE

	<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>				

- ✓ **Generador:** Vende energía al distribuidor o a grandes consumidores o la exporta.
- ✓ **Distribuidor:** Compra energía en el MMEE para abastecer a los “consumidores regulados”. Actúa en condiciones de monopolio natural y vende a tarifas reguladas, fijadas por el PE.
- ✓ **Gran consumidor:** quien contrata potencia mayor o igual a 1500 kW y opta por dejar de comprar al distribuidor para adquirir energía en el MMEE.
- ✓ **Comercializador:** compra o vende energía para uno o más agentes.
- ✓ **Exportador Spot:** realiza la exportación Spot (por Decreto N°217/15, se designó a UTE como Exportador Spot).

Quiénes actúan en el MMEE.....en el Sector Eléctrico del Siglo XXI

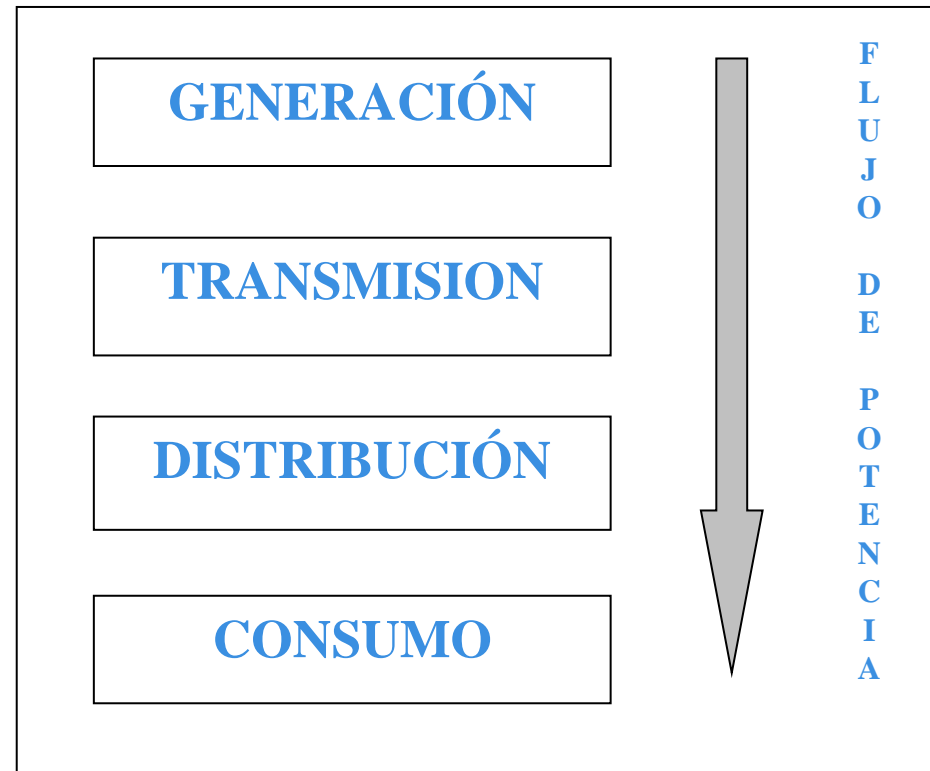


- Generación térmica tradicional y generación renovable.
- Demandas firmes (y también flexibles)
- Comercializadores (Mayoristas y Minoristas)
- Generación Distribuida (en Media Tensión y Baja Tensión)
- Consumidores que generan (“Prosumidores”)
- Almacenamiento
- Vehículos eléctricos que recargan y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

Las nuevas tecnologías y los cambios de paradigma....

1. Generación Distribuida

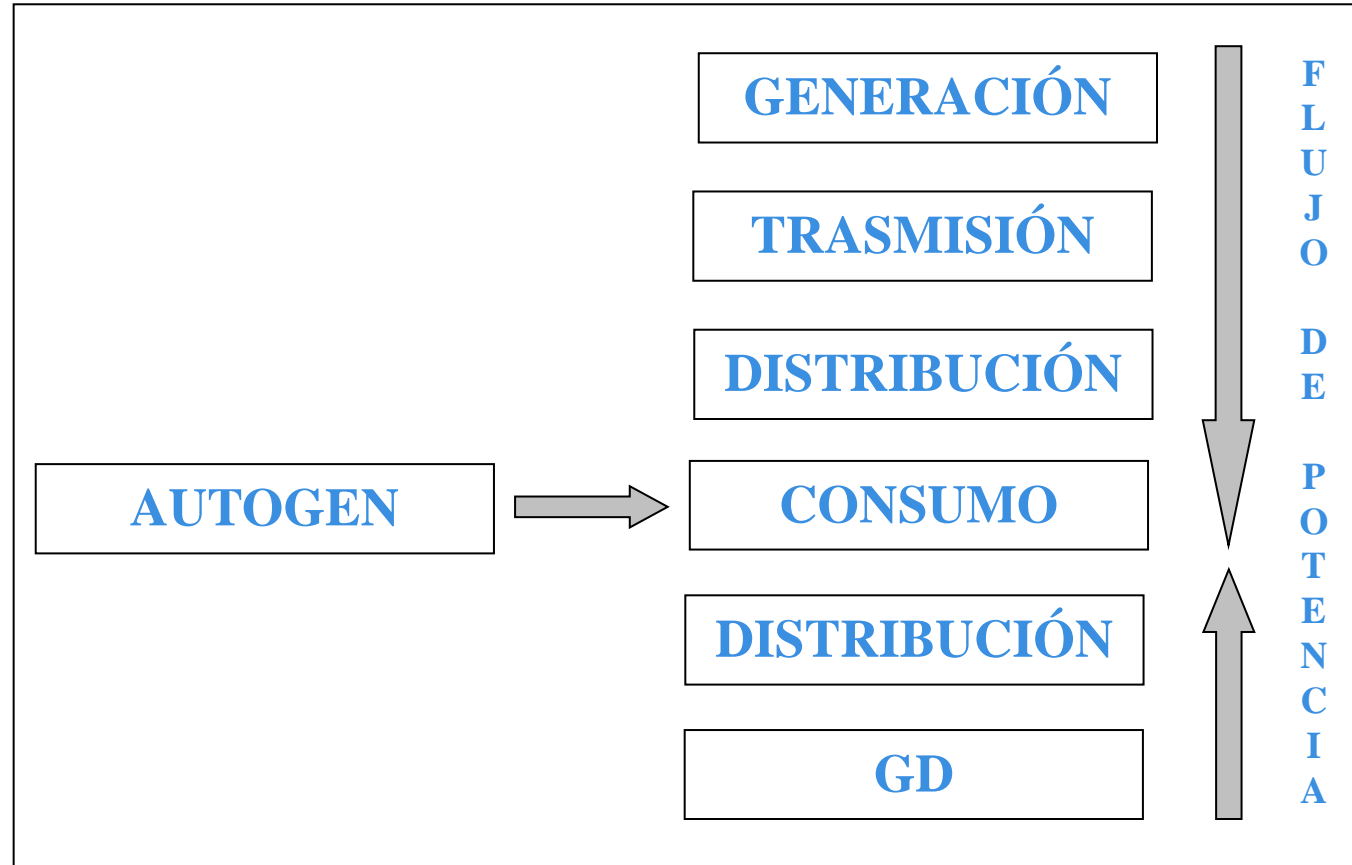
SISTEMA TRADICIONAL
SIN GD



Redes de distribución pasivas

Las nuevas tecnologías y los cambios de paradigma....

1. Generación Distribuida



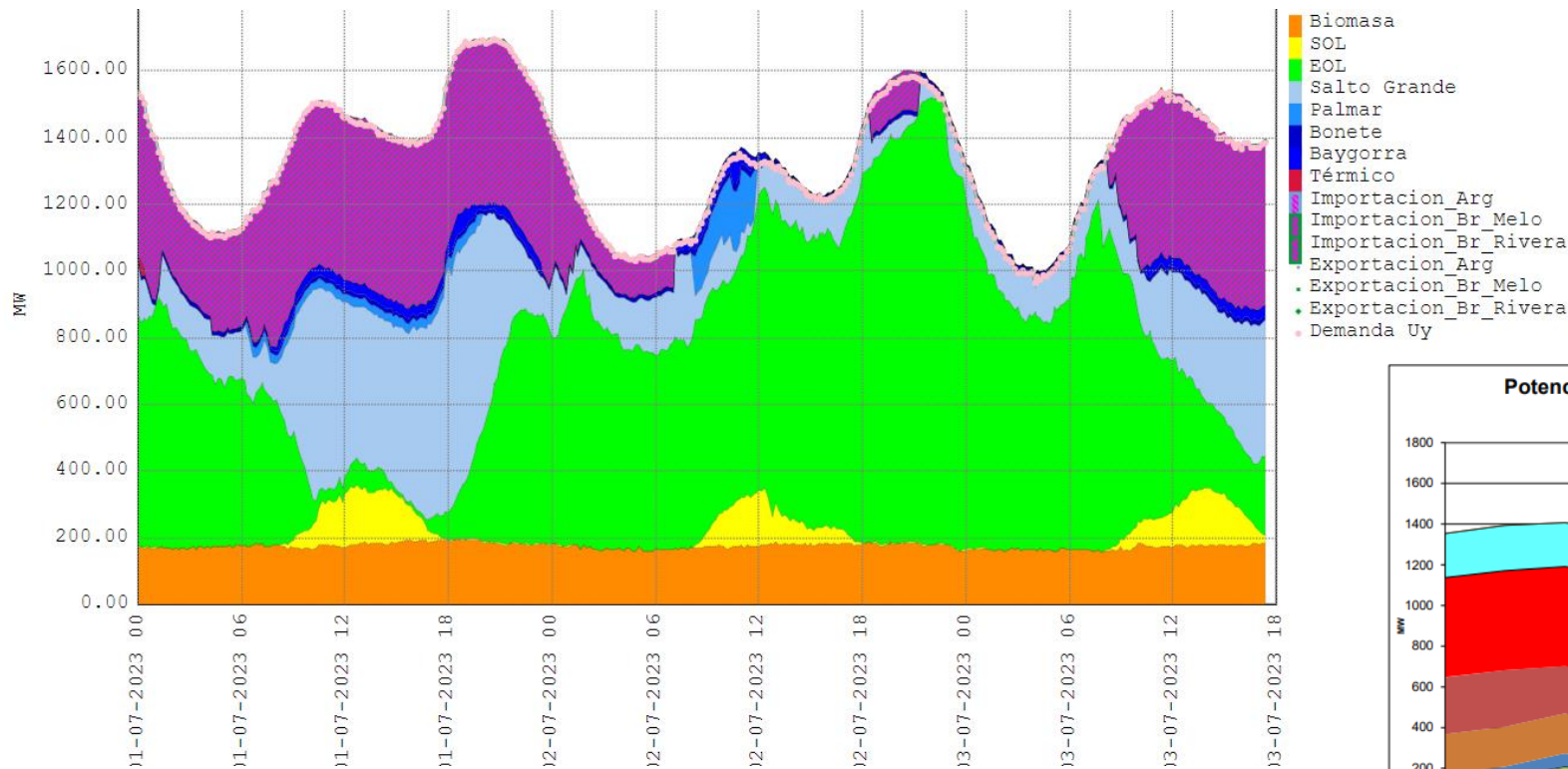
Redes de distribución activas

SISTEMA CON GD

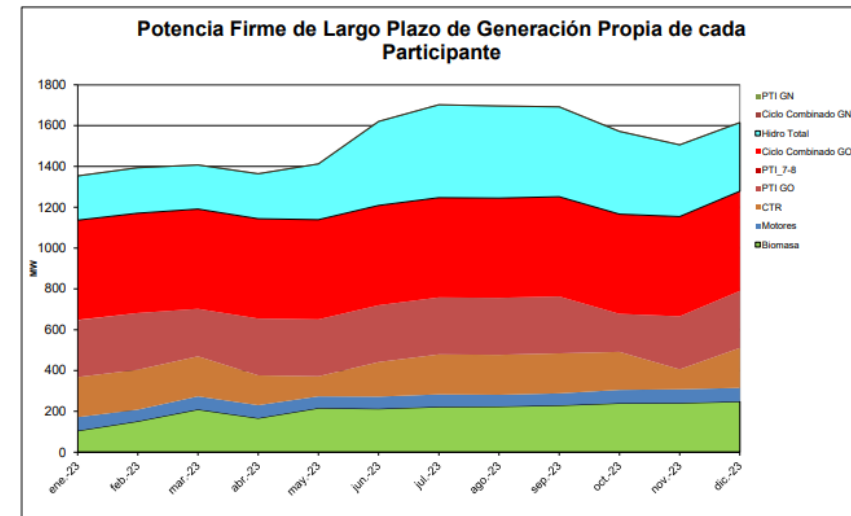
¿Pueden los esquemas tarifarios tradicionales reconocer los beneficios (y costos) de la GD?

Las nuevas tecnologías y los cambios de paradigma....

2. Generación eólica y solar



¿Pueden los esquemas de precios tradicionales reconocer el aporte de las ERNC a la Garantía de Suministro?



(*) ADME, <https://adme.com.uy/>

(*) ADME, Informe de Garantía de Suministro 2023.

Las nuevas tecnologías y los cambios de paradigma....

3. La calidad de energía



¿Son los indicadores actuales de calidad de energía capaces de capturar todos los fenómenos que han aparecido en la red con el advenimiento de las nuevas tecnologías?

Las nuevas tecnologías y los cambios de paradigma....

4. Almacenamiento

✓ **Generador ??**

✓ **Gran consumidor??**

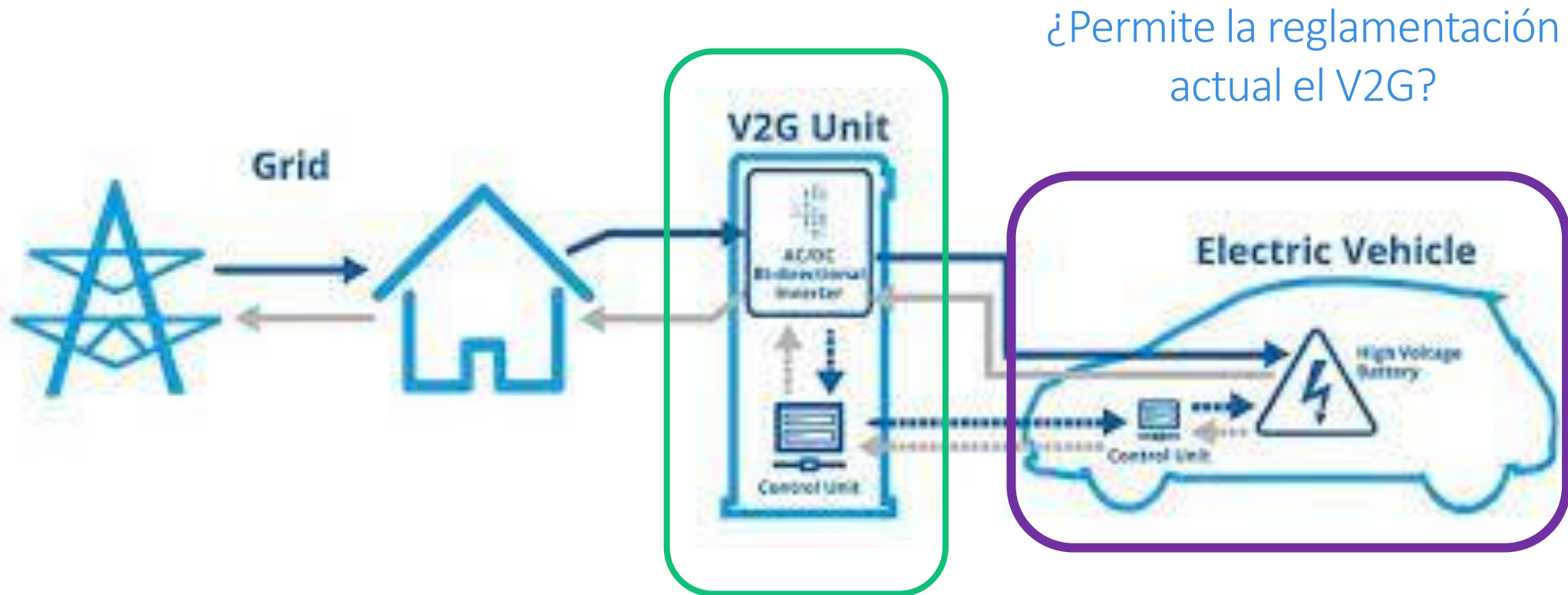
✓ **Servicio de red???**



¿Está definido el Participante con capacidad de Almacenamiento en el Mercado Mayorista de Energía Eléctrica?

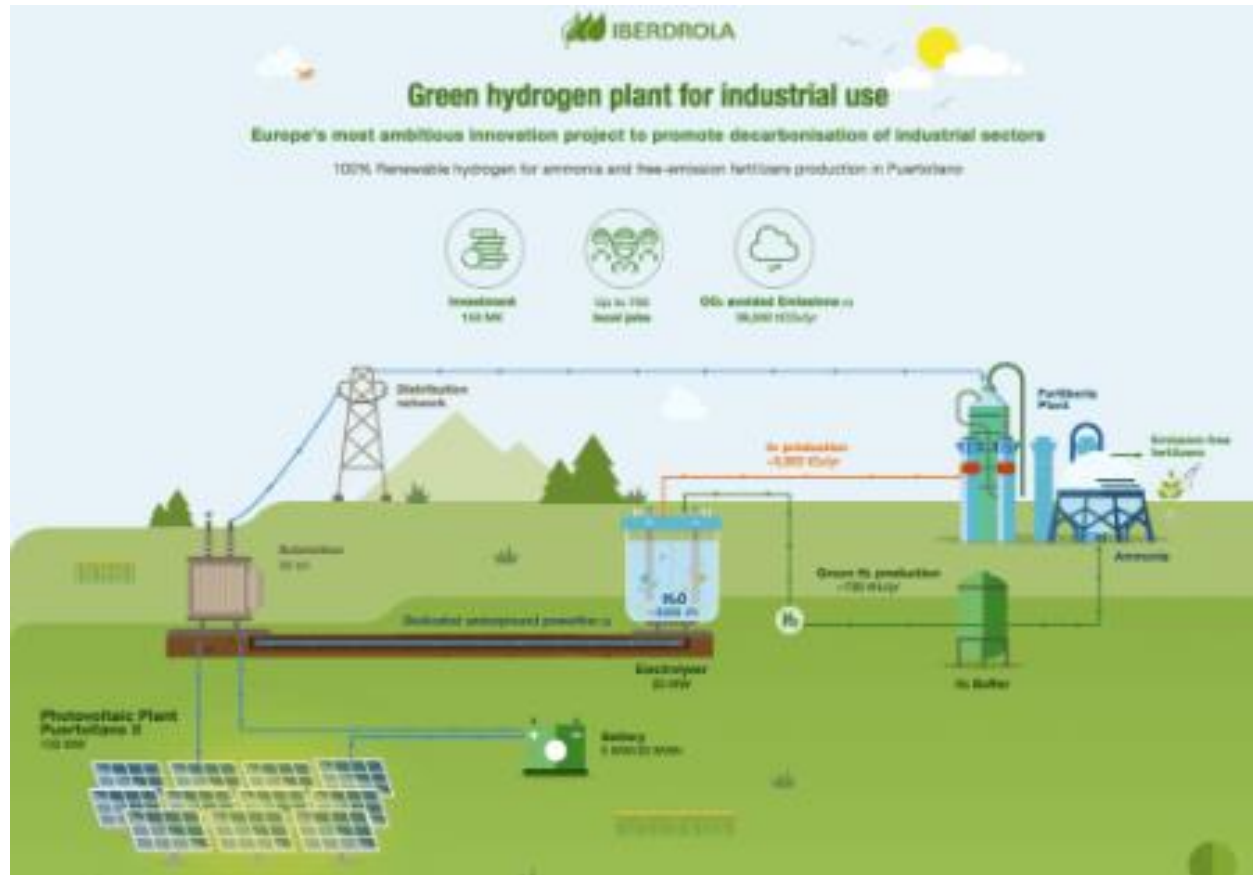
Las nuevas tecnologías y los cambios de paradigma....

5. Vehículos eléctricos conectados a la red



Las nuevas tecnologías y los cambios de paradigma....

6. Hidrógeno verde para la segunda transición energética

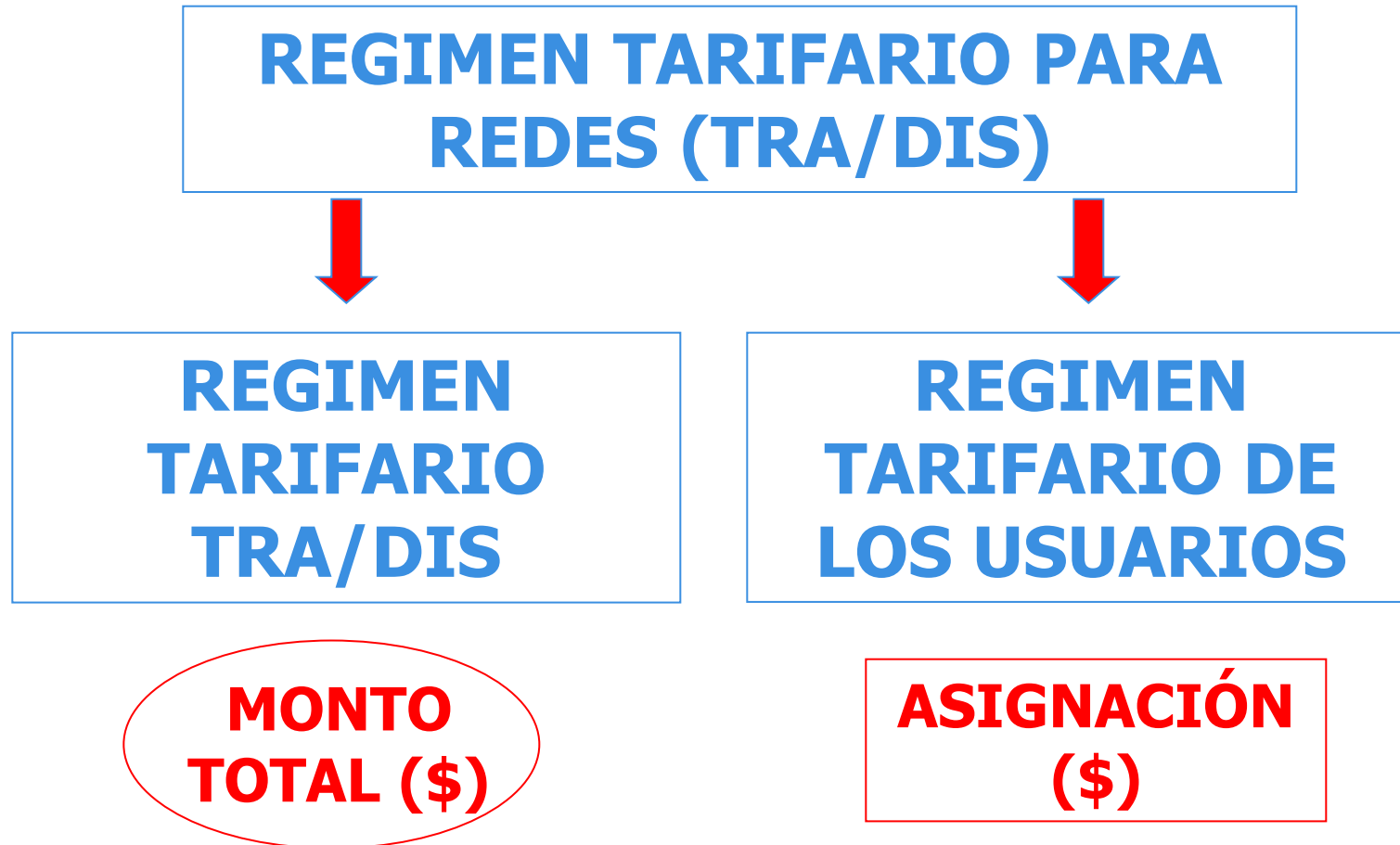


¿Es la reglamentación actual adecuada para reconocer demandas de tipo flexible/interrumpible?

Algunas propuestas regulatorias

1. PEAJES DE RED
2. APORTE A LA GARANTÍA DE SUMINISTRO DE LAS ERNC
3. REQUERIMIENTOS A CONTRATAR PARA DEMANDAS FLEXIBLES
4. ALMACENAMIENTO Y V2G

Peajes de Red

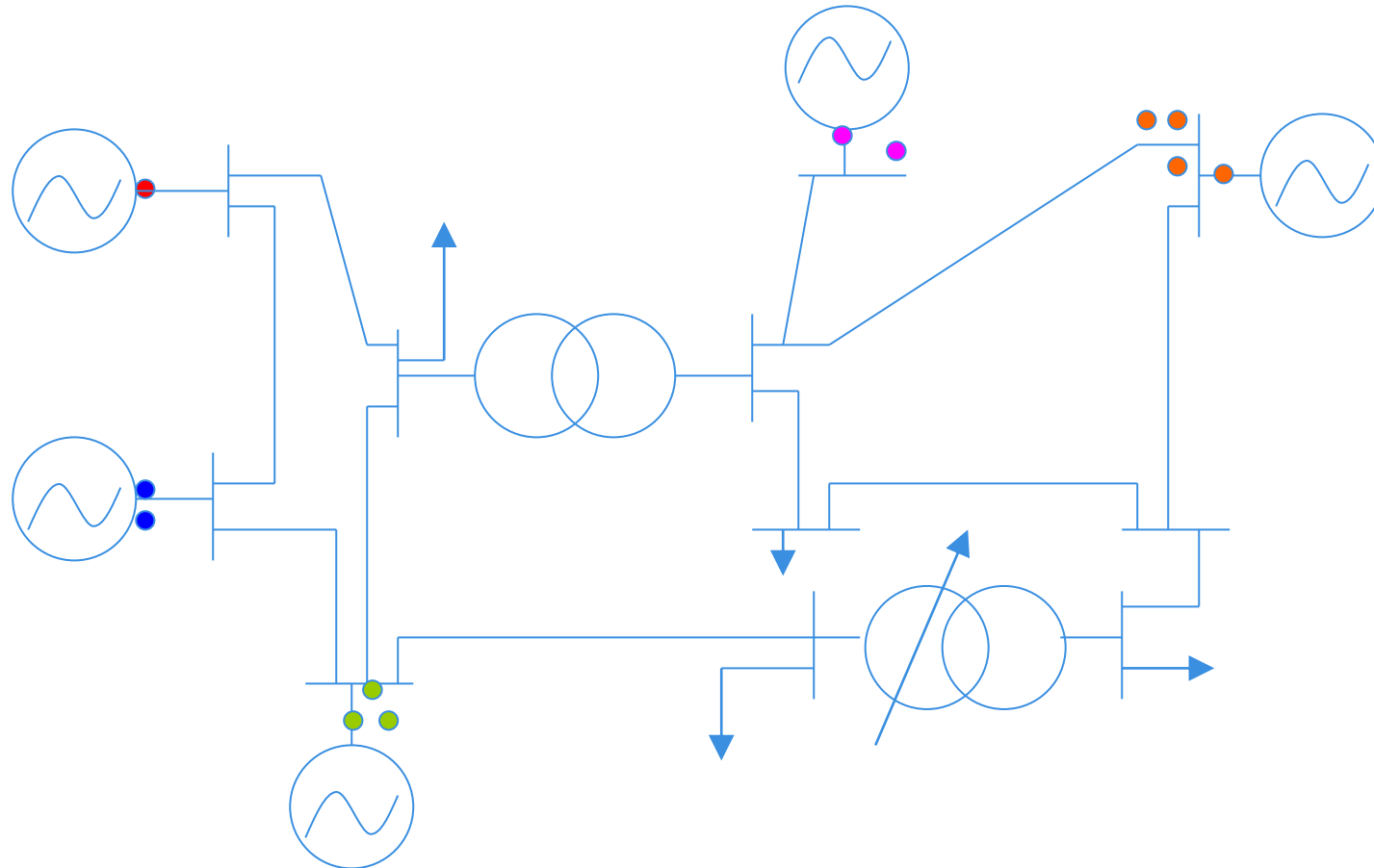


Peajes de Red

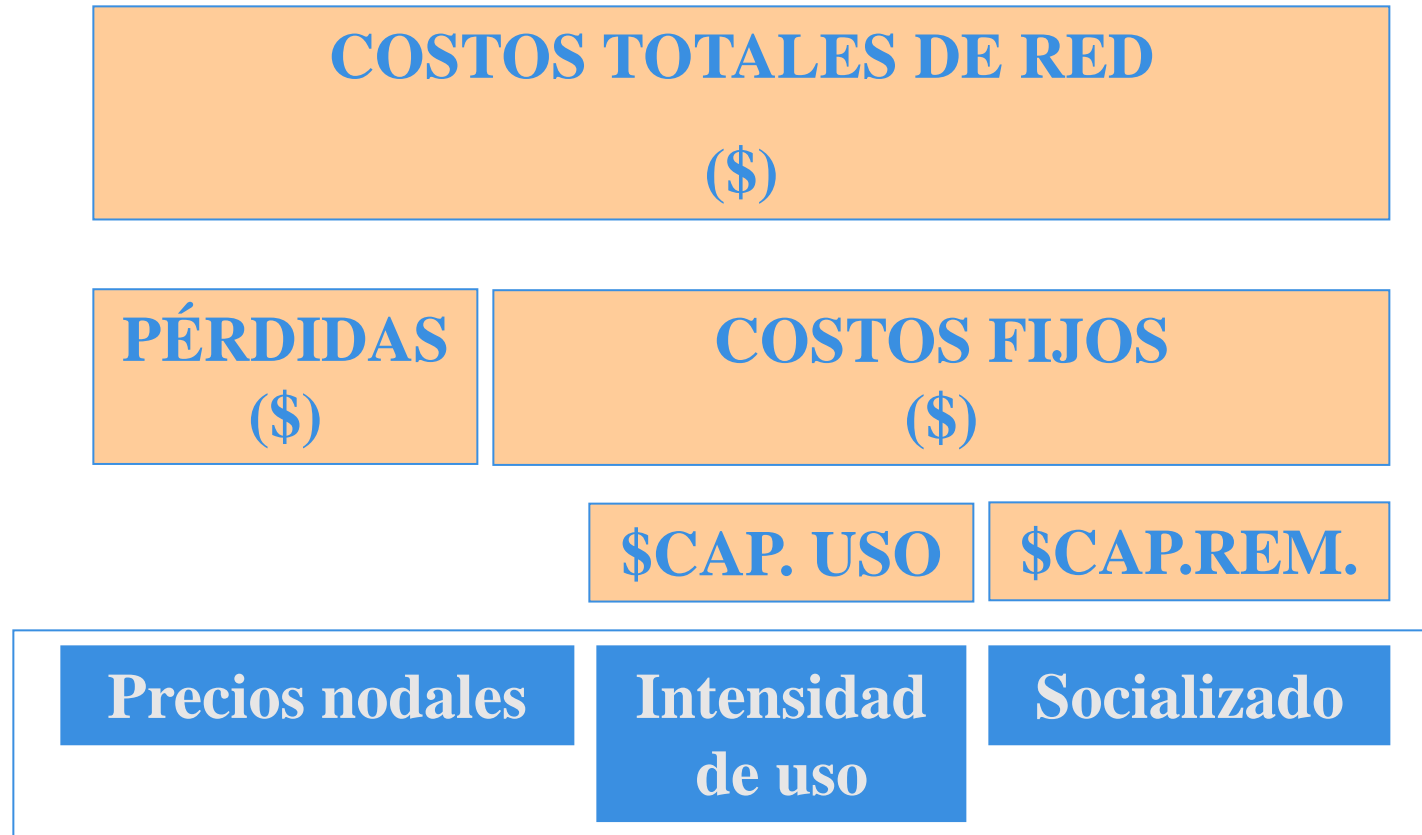
- En general se asignan los costos en base a los kWh consumidos o a los kW de potencia máximos, en base a un cargo promedio
- Utilizando el criterio de potencia máxima existe una señal temporal (momento de uso) pero no de localización
- No tienen en cuenta a los usuarios individuales como la GD que dependiendo de su localización pueden reducir las pérdidas y el uso de las redes
- **Utilizar cargos unitarios promedio para los usuarios de la red puede ser una barrera de entrada para la GD**
- Con la conexión de GD a las redes, éstas dejan de ser pasivas y se convierten en redes activas, no muy diferentes la red de transmisión

Peajes de Red

¿La metodología eficiente?
¿MISIÓN IMPOSIBLE?



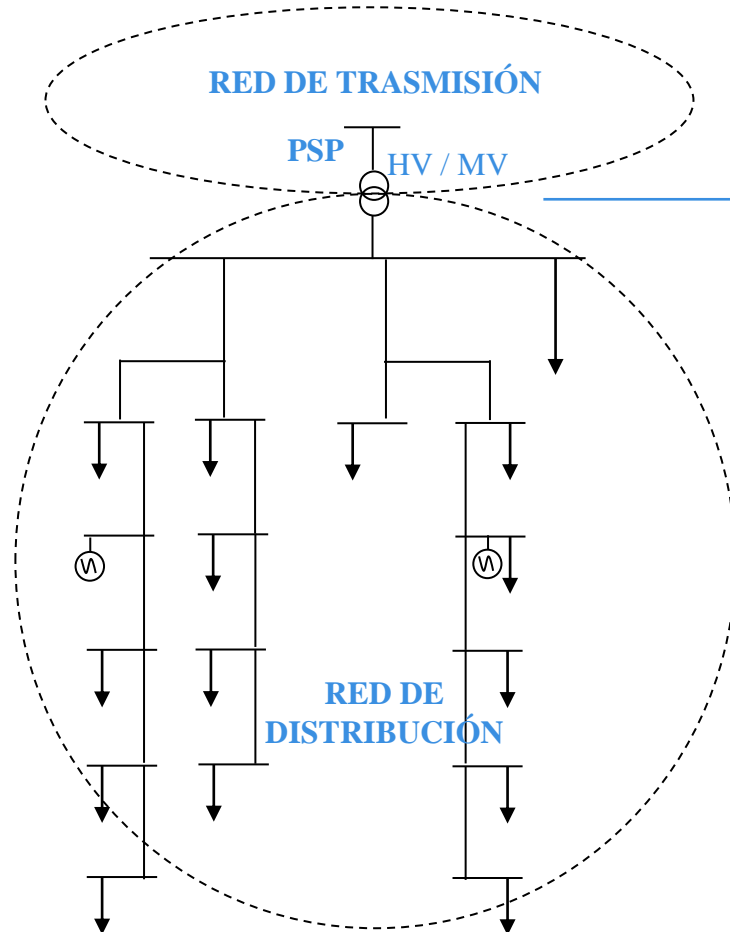
Peajes de Red



Mecanismo de asignación propuesto

Peajes de Red

Precios nodales (Nodal Pricing)



λ_t Precio de la potencia activa en el PSP

Precios de la potencia activa y reactiva en el nodo k :

$$pa_{tk} = \lambda_t \left(1 + \frac{\partial Loss}{\partial P_{tk}} \right)$$

$$pr_{tk} = \lambda_t \left(\frac{\partial Loss}{\partial Q_{tk}} \right)$$

Peajes de Red

Utilización de los precios nodales para recuperar los costos de red

INGRESO TARIFARIO (MS): Diferencia entre lo que paga la demanda y lo que cobra la generación utilizando los precios nodales

$$MS = \sum_{t=1}^T \sum_{k=1}^n \left[pa_{tk} (P_{dtk} - P_{gtk}) + pr_{tk} (Q_{dtk} - Q_{gtk}) \right] - \sum_{t=1}^T \lambda_t P_{t0}$$

Si MS es cero se pagan únicamente las pérdidas

$$MS \geq 0$$

Si MS es mayor que cero, además de las pérdidas se puede pagar parte de los costos fijos

Peajes de Red

Recuperación de los costos fijos Amp-mile (DIS) / MW-mile (TRA)

- La corriente eléctrica (A) en un circuito es la principal magnitud de diseño
- Factor de uso de capacidad (UCC)= I_{max}/Cap

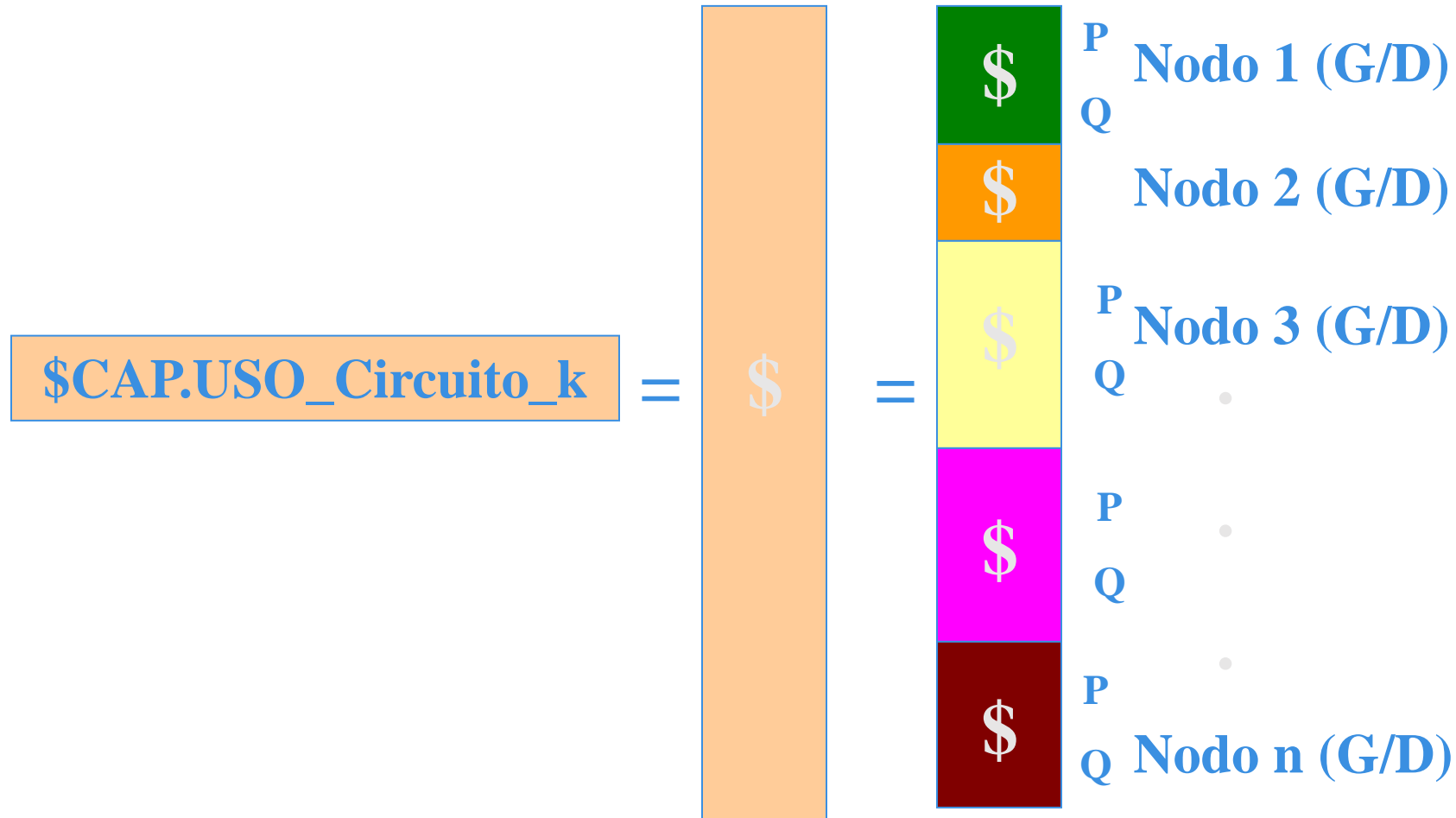
$$\begin{array}{l} \text{COSTOS FIJOS_MS} \\ \text{_Circuito_k (\$)} \end{array} \times UCC_k =$$

=

$$\begin{array}{l} \$CAP.USO_Circuito_k \\ \end{array} \quad \text{(Costo adaptado del circuito)}$$

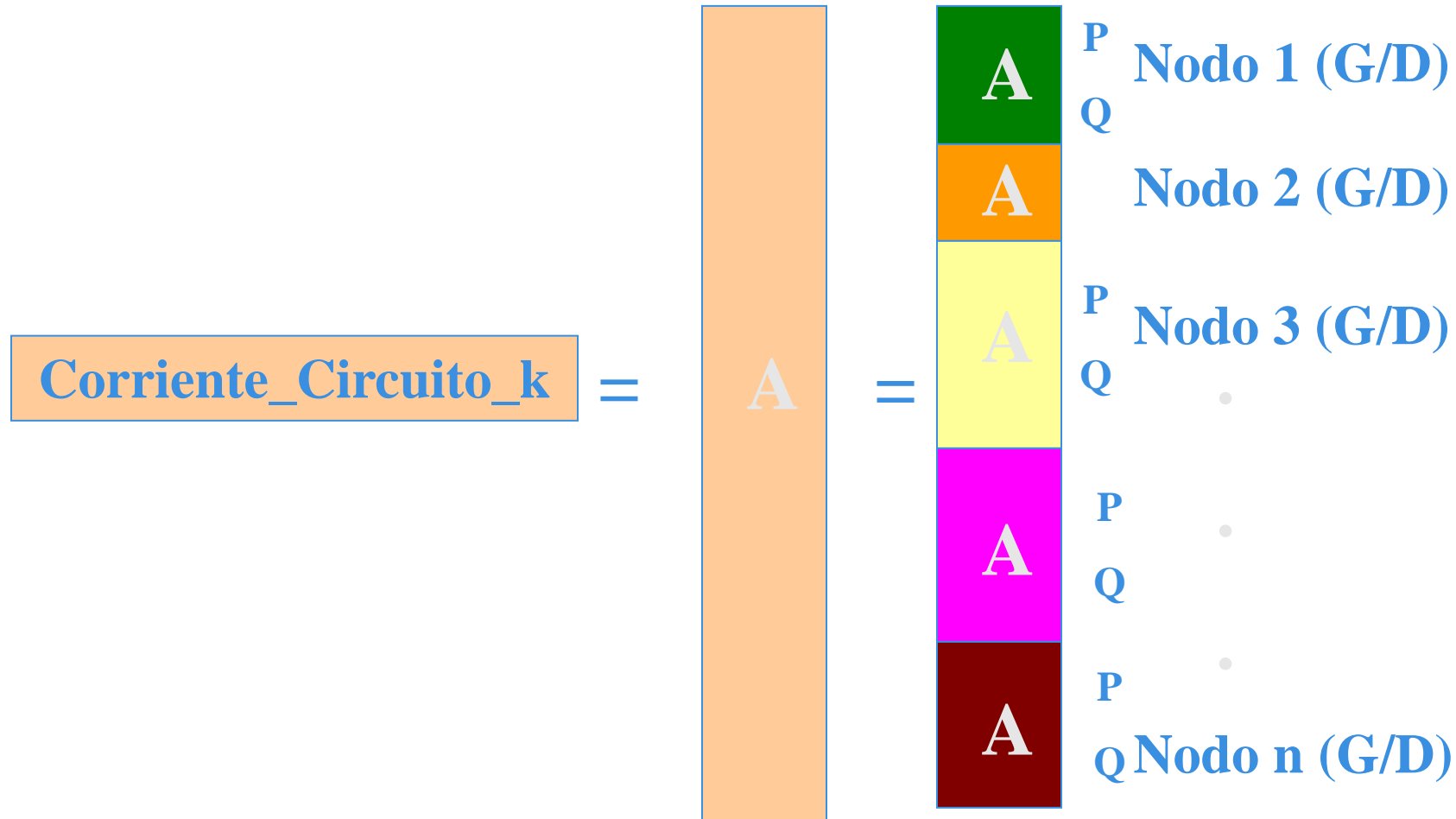
Peajes de Red

Recuperación de los costos fijos Amp-mile (DIS) / MW-mile (TRA)



Peajes de Red

Recuperación de los costos fijos Amp-mile (DIS) / MW-mile (TRA)



Peajes de Red

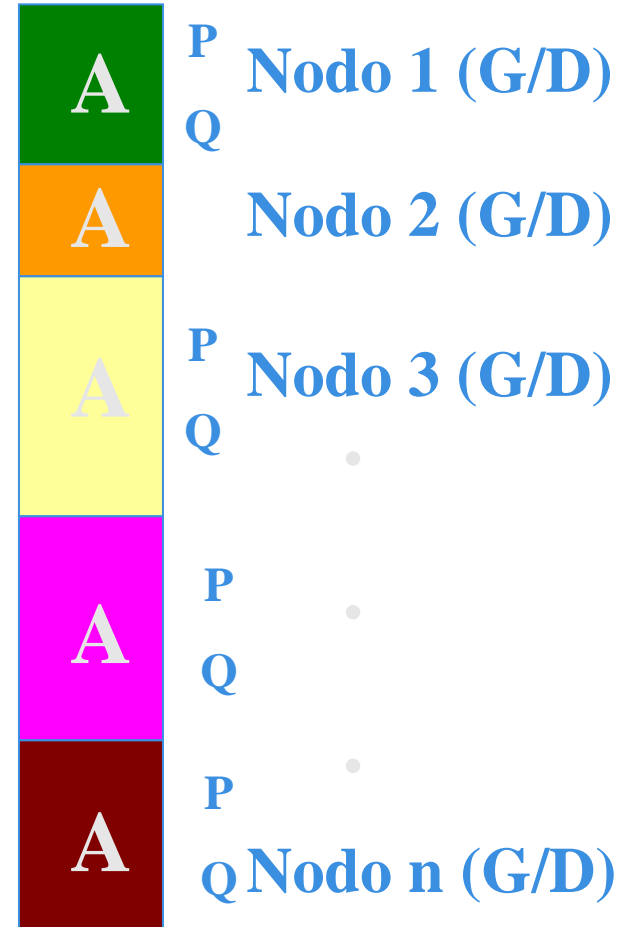
Recuperación de los costos fijos Amp-mile (DIS) / MW-mile (TRA)

$$I_{tl} \cong \sum_{k=1}^n APIDF_{lk}^t [P_{dtk} + P_{gtk}] + \sum_{k=1}^n RPIDF_{lk}^t [Q_{dtk} + Q_{gtk}]$$

$$APIDF_{lk}^t = \frac{\partial I_{tl}}{\partial P_{tk}}$$

$$RPIDF_{lk}^t = \frac{\partial I_{tl}}{\partial Q_{tk}}$$

Power to Current
Distribution Factors



Peajes de Red

Recuperación de los costos fijos Amp-mile (DIS) / MW-mile (TRA)

$$AEoU_{dlk}^t = \frac{APIDF_{lk}^t \times P_{dtk}}{AI_{tl}}$$

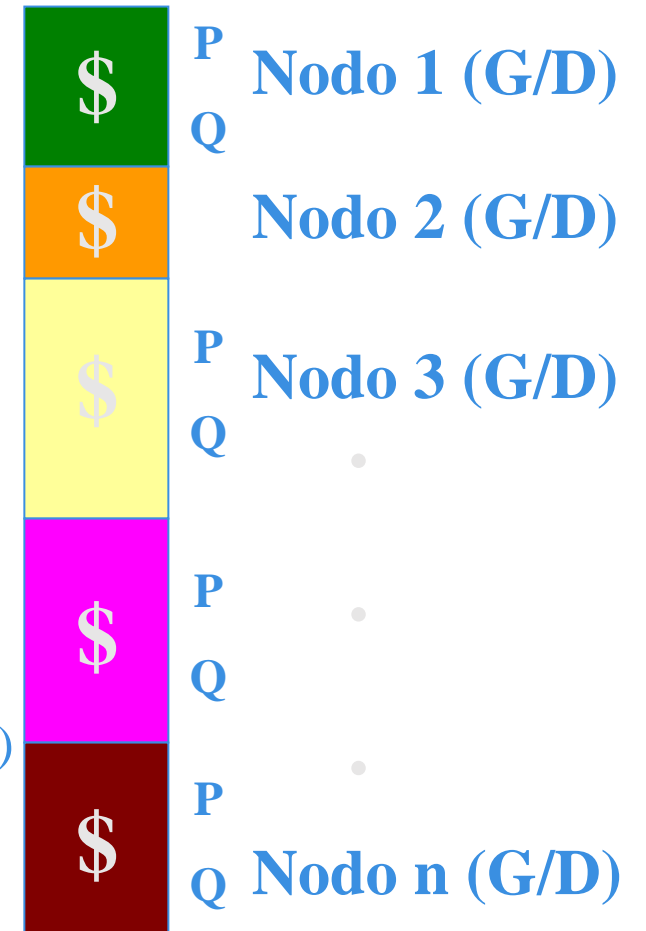
$$AEoU_{g lk}^t = \frac{APIDF_{lk}^t \times P_{g tk}}{AI_{tl}}$$

$$REoU_{dlk}^t = \frac{RPIDF_{lk}^t \times Q_{dtk}}{AI_{tl}}$$

$$REoU_{g lk}^t = \frac{RPIDF_{lk}^t \times Q_{g tk}}{AI_{tl}}$$

Factores de intensidad de uso

Multiplicando los Factores de Intensidad de uso correspondientes (lk, d o g) por el costo adaptado del circuito, se obtiene el cargo de localización asociado a ese circuito. La suma en todos los circuitos da el cargo total.



Peajes de Red

Propuesta para demandas interrumpibles/flexibles



Mecanismo de asignación propuesto

Aporte a la Garantía de Suministro de las ERNC

- El mercado Spot por sí solo no permite asegurar el suministro futuro de la demanda.
- En el modelo del MMEU de Uruguay, se establece el requerimiento de un seguro de garantía de suministro para la demanda, con porcentajes mínimos de potencia firme a contratar.
- Según la reglamentación vigente solo aportan potencia firme las generación térmica y la hidroeléctrica.
- Pero la experiencia muestra que también las ERNC pueden aportar potencia firme de largo plazo.

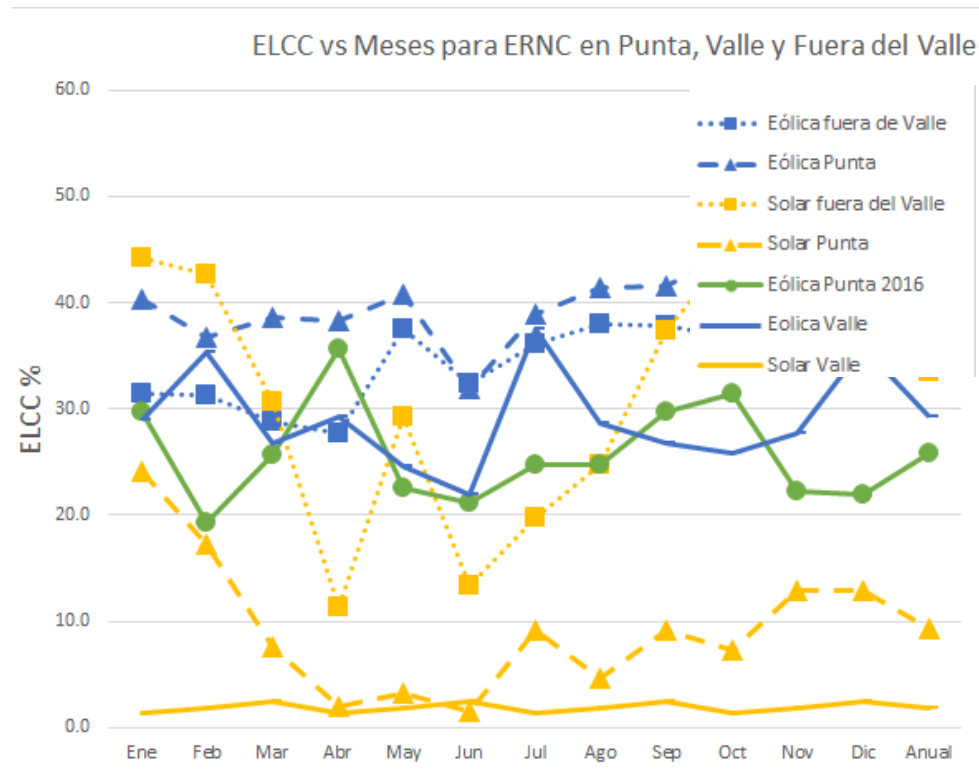
Aporte a la Garantía de Suministro de las ERNC

Algunas metodologías para el reconocimiento del valor de capacidad de las ERNC

- Valor de capacidad constante (% de la potencia instalada).
- Fórmulas analíticas (e.g. eólica según Voorspools y D'haeseleer).
- Equivalente en potencia térmica, *firm or conventional capacity* (EFC o ECC) o demanda (ELCC), usando como parámetro de medida el LOLP (Loss of Load Probability).
- Aporte de la generación renovable en el CHC (Conjunto de Horas Críticas).

Aporte a la Garantía de Suministro de las ERNC

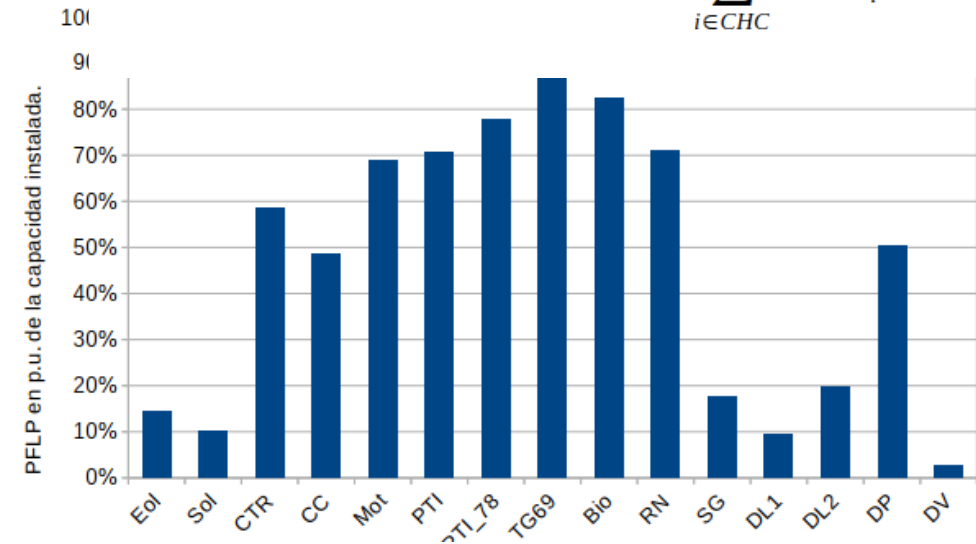
Algunos resultados (ELCC vs CHC)



(*) Ignacio de León, Tesis Maestría en Ingeniería de la Energía, 2022.

PFLP = Promedio Ponderado por CMG de la potencia suministrada en el CHC. (centrales no-térmicas)

$$PFLP = \frac{\sum_{i \in CHC} P_i * CMG_i}{\sum_{i \in CHC} CMG_i}$$



(**) Presentación ADME, Potencia Firme LP, marzo 2021.

Seguro de Garantía de Suministro

Reglamento del MMEE (Decreto N° 360/002)

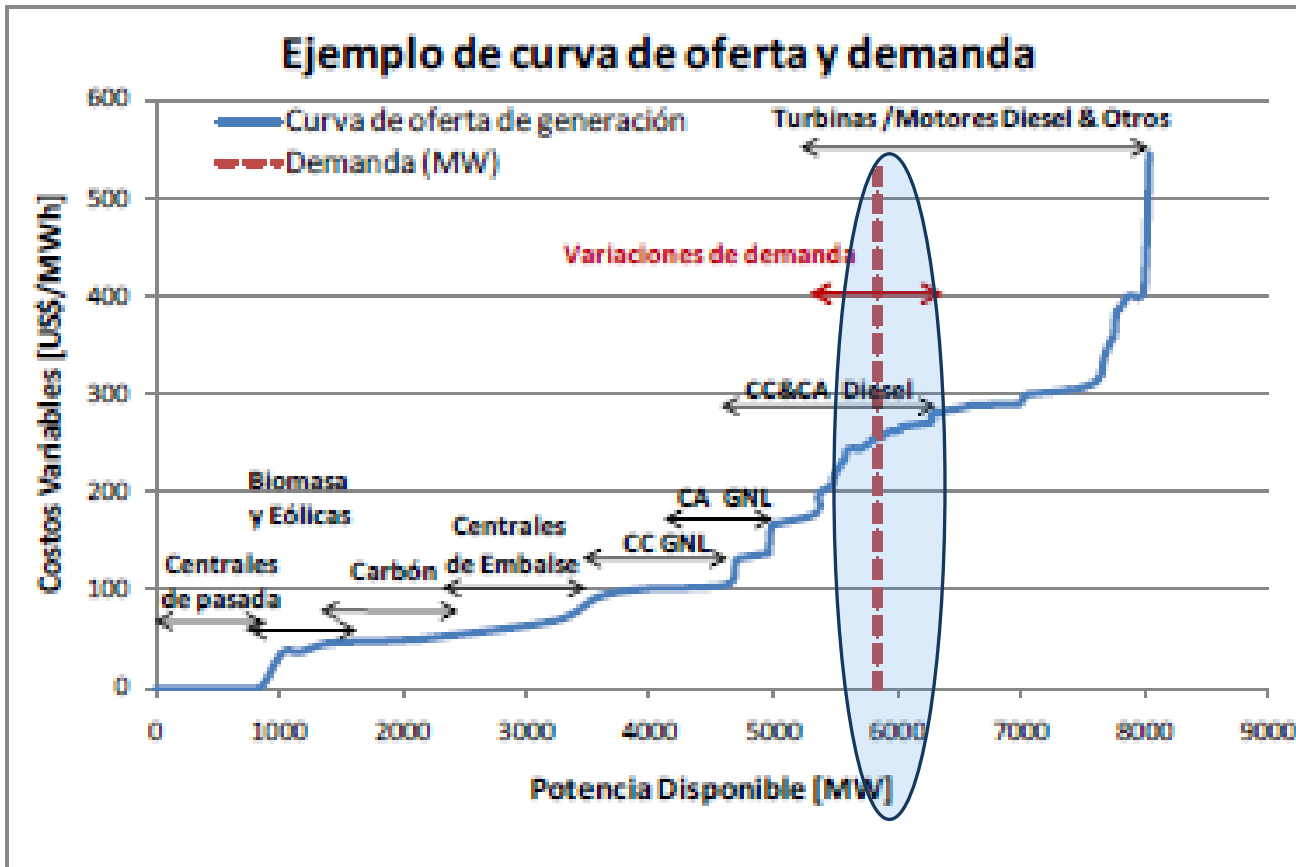
Artículo 242. El requerimiento de contratar se establece con los siguientes plazos y porcentajes:

- a) Para Consumidores Cautivos, para los siguientes 5 (cinco) años, el 80% (ochenta por ciento) del requerimiento previsto de Garantía de Suministro determinado en el informe de Garantía de Suministro formulado por la ADME. Esta responsabilidad se aplica al Distribuidor que los abastece.
- b) Para los Grandes Consumidores y Grandes Consumidores Potenciales, para el siguiente año el 50% (cincuenta por ciento) del requerimiento previsto de Garantía de Suministro determinado en el informe de Garantía de Suministro formulado por la ADME. Esta responsabilidad se aplica al Distribuidor para los Grandes Consumidores Potenciales que abastece, al Comercializador con Acuerdos de comercialización por los Grandes Consumidores que comercializa y al Gran Consumidor que es Participante del Mercado.

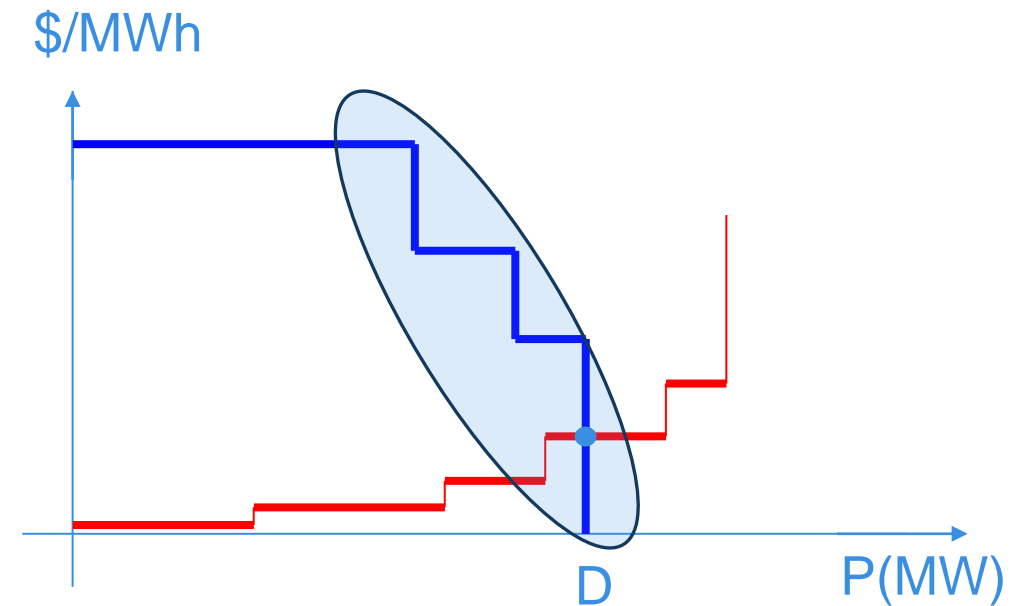
¿Tiene sentido para las demandas interrumpibles?



Despacho económico y demandas flexibles



¿Cómo tenemos en cuenta las demandas gestionables?



Almacenamiento y V2G

Redefinición de Suscriptor

El decreto 114/2014, redefine al Suscriptor.

En el caso que los consumidores ya sea en MT o BT, incorporen algún sistema de generación, el mismo no pierde carácter de Suscriptor pero como contrapartida no puede inyectar energía a la red.

Suscriptor: Es el cliente final titular de un suministro efectuado y medido por el Distribuidor. Se distinguen dos tipos de suscriptores: los Grandes Consumidores Potenciales y los consumidores cautivos (aquellos que solo pueden comprar su suministro a ese Distribuidor). Queda comprendido en la calidad de suscriptor el titular de un suministro en las condiciones referidas que genere energía eléctrica para su propio consumo, sin entregar energía a la red.

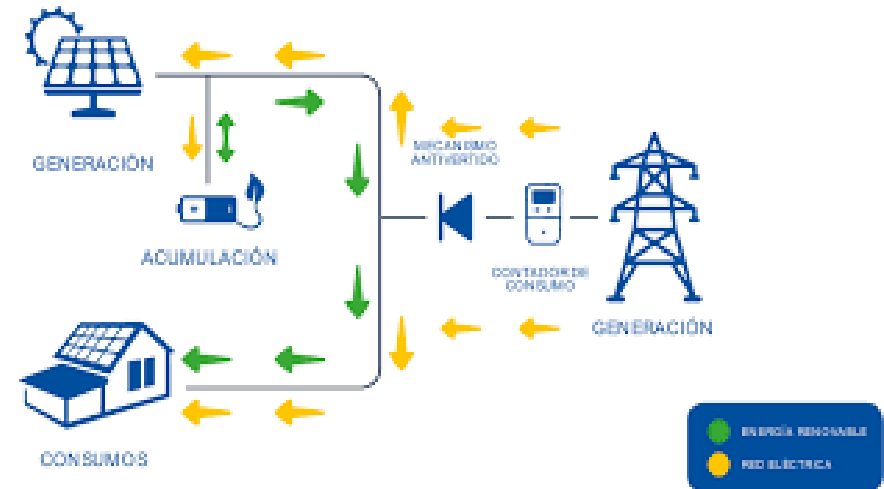
Almacenamiento y V2G

Almacenamiento para Suscritores

En el año 2020 el Poder Ejecutivo aprobó el decreto 27/2020, el cual reglamenta el almacenamiento para los Suscritores conectados en Baja y Media Tensión.

Artículo 1º.- Autorízase a los Suscritores conectados a la Red de Distribución de Baja Tensión, a generar energía eléctrica a partir de una instalación de baterías que opere en paralelo y que no inyecten energía a la red del Distribuidor.-----

Artículo 2º.- La generación de energía eléctrica por parte de Suscritores conectados a Media Tensión, a partir de una instalación de baterías que opere en paralelo a la Red de Interconexión se registrá por el artículo 12 BIS del Decreto N° 276/002 de 28 de junio de 2002, en la redacción dada por el Decreto N° 43/015 de 2 de febrero de 2015.-----



El capítulo 29 del RBT define las condiciones que debe cumplir el suscriptor para las instalaciones y para MT existe la Resolución UTE R21.-42

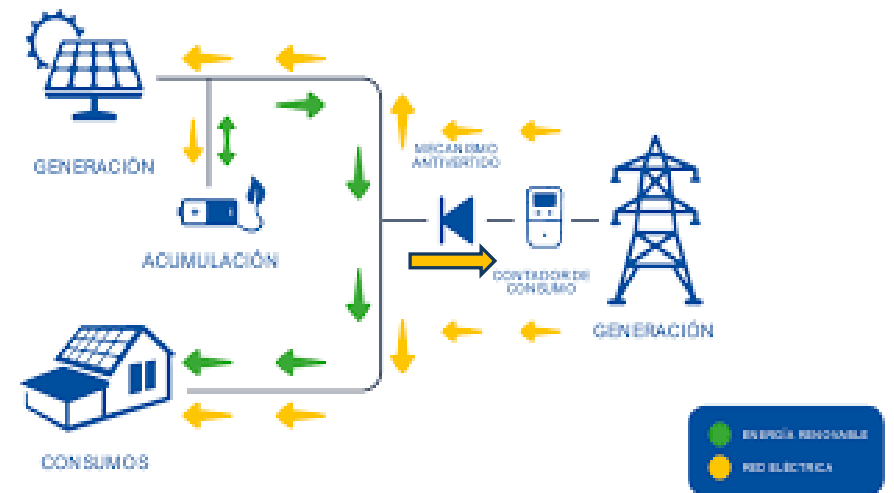
Almacenamiento y V2G

Almacenamiento para Suscritores

En el año 2023 el Poder Ejecutivo aprobó el decreto 147/2023, el cual vuelve a modificar la definición de Suscriptor, admitiendo la inyección.

Artículo 1º.- Modifícase la definición de Suscriptor del artículo 7 del Reglamento General del Marco Regulatorio del Sistema Eléctrico Nacional, aprobado por Decreto N° 276/002, de 28 de junio de 2002, en la redacción dada por el Decreto N° 114/014, de 30 de abril de 2014, que quedará redactado de la siguiente forma:-----

" Suscriptor: Es el cliente final titular de un suministro efectuado y medido por el Distribuidor. Se distinguen dos tipos de suscriptores: los Grandes Consumidores Potenciales y los consumidores cautivos (aquellos que solo pueden comprar su suministro a ese Distribuidor). Queda comprendido en la calidad de suscriptor el titular de un suministro en las condiciones referidas que genere energía eléctrica para su propio consumo".-----



Almacenamiento y V2G

Almacenamiento para Suscritores

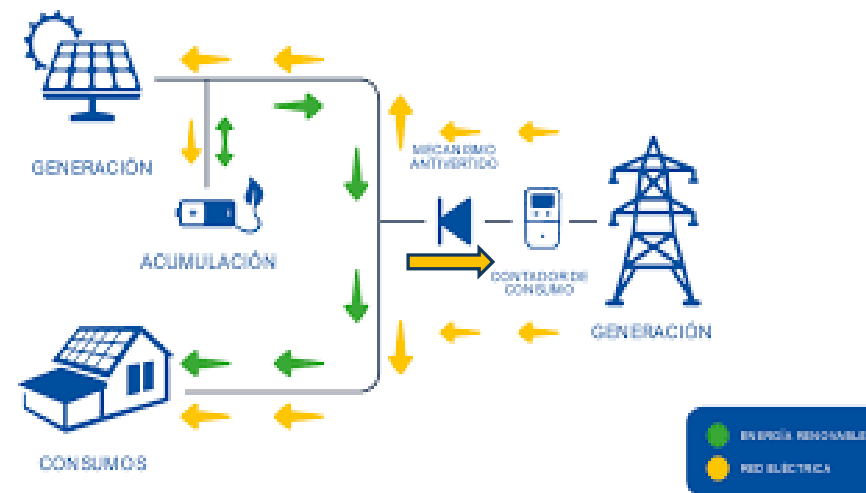
En el año 2023 el Poder Ejecutivo aprobó el decreto 147/2023, el cual vuelve a modificar la definición de Suscriptor, admitiendo la inyección.

Artículo 4º.- Exhórtase a la Administración Nacional de Usinas y Transmisiones Eléctricas (UTE) a adquirir la energía inyectada a la Red de Interconexión por sus suscritores, en las siguientes condiciones:-----

I) La inyección de energía eléctrica anual del suscriptor a la Red de Interconexión no podrá superar el consumo anual de energía eléctrica tomado de dicha red. Si las centrales generadoras del suscriptor incluyen una instalación de baterías, la inyección no podrá superar el 30% del consumo mencionado.-----

II) La energía inyectada por el suscriptor, hasta el tope referido que corresponda, se pagará al precio spot horario sancionado por la Administración del Mercado Eléctrico. La inyección que exceda el tope será penalizada de manera gradual.-----

III) Los suscritores deberán cumplir con las condiciones técnicas específicas y suscribir los convenios correspondientes.-----



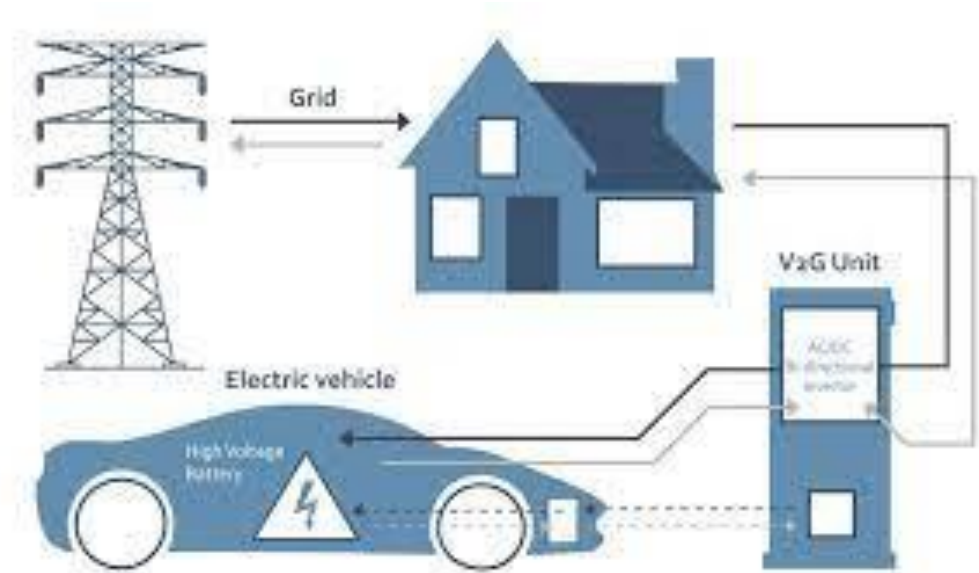
IV) Los suscritores tendrán la categoría tarifaria que refleje esta modalidad de consumo, y que será incluida en el Pliego Tarifario.-----

Almacenamiento y V2G

¿La reglamentación actual habilita V2G?

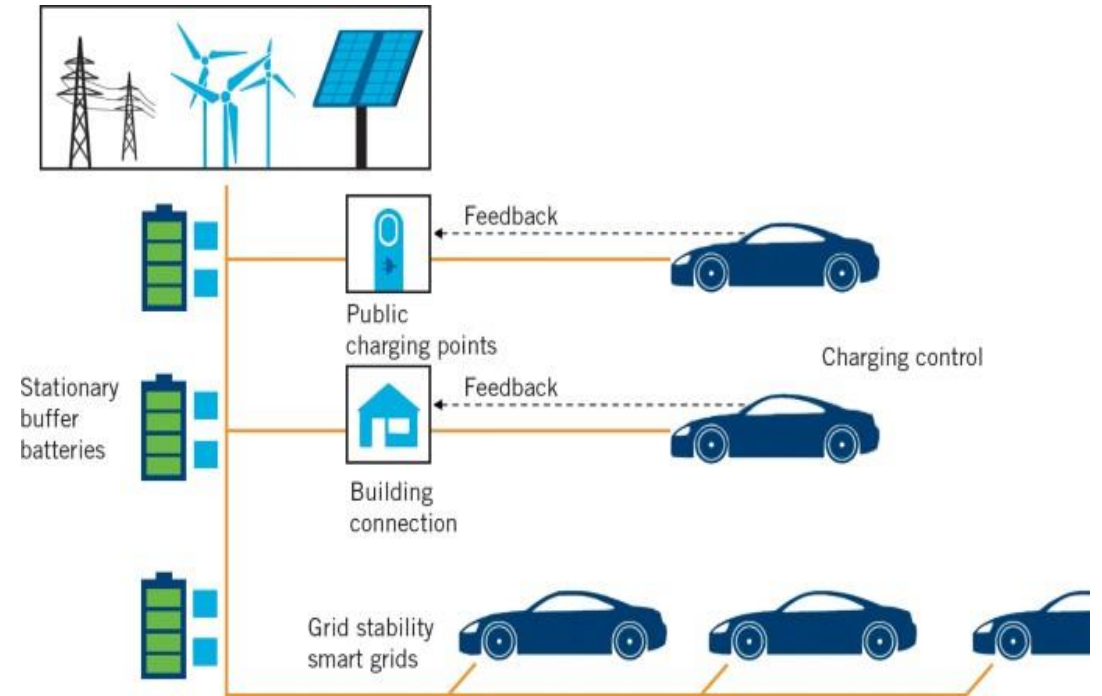
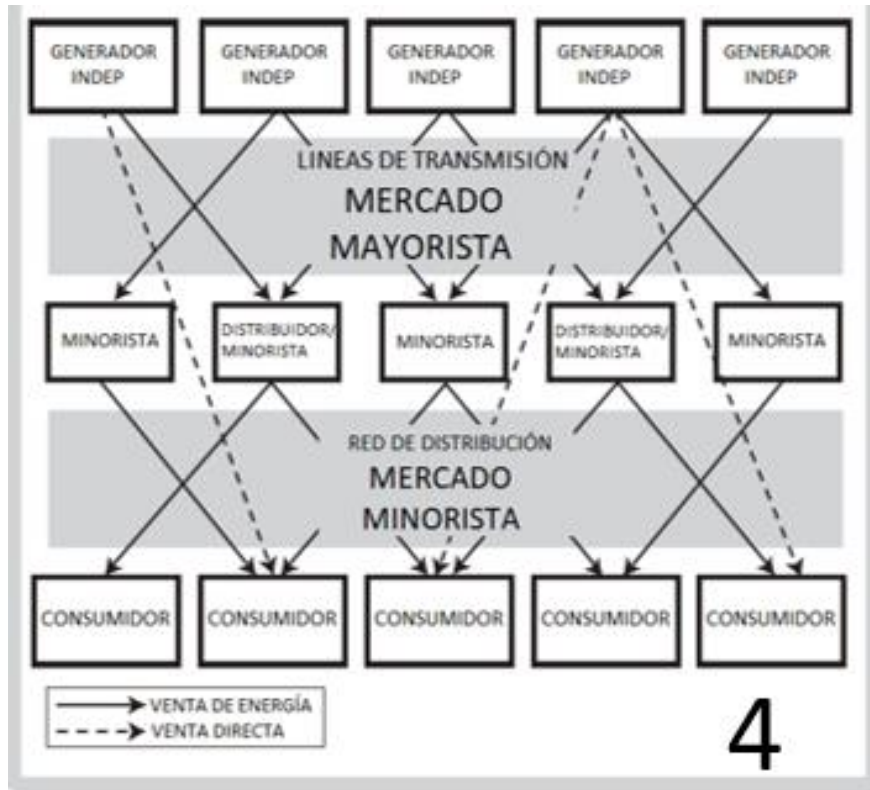
Cap.29 del RBT, indica que se podrá permitir por parte de UTE el uso de tecnologías diferentes a las establecidas, siempre que se mantenga el nivel de seguridad que el texto normativo contempla.

Cap. 30 del RBT, hace referencia a las condiciones que deben cumplir los Sistemas de Alimentación para Vehículos Eléctricos (SAVE), pero no se hace referencia a la funcionalidad V2G.



Almacenamiento y V2G

Hacia la comercialización minorista....Del Modelo 3 al 4...





UNIVERSIDAD
DE LA REPUBLICA
URUGUAY



Preguntas...
