

Redes Eléctricas

Generalidades

Dr. Ing. Mario Vignolo

CONTENIDO:

- Objetivo del curso
- Aspectos generales de los Sistemas Eléctricos de Potencia
- Estructura del sector eléctrico uruguayo
- Notaciones y convenciones

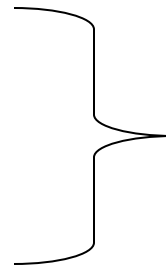
OBJETIVO DEL CURSO:

Trasmitir los conceptos básicos sobre las redes eléctricas consideradas en régimen permanente de corriente alterna sinusoidal, trifásicas, sin anomalías, o sea funcionando en condiciones normales. También se verán los defectos de cortocircuito.

SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA (SEP)

Un SEP se compone de tres partes o subsistemas fundamentales:

- **GENERACIÓN O PRODUCCIÓN**
- **TRASMISIÓN**
- **DISTRIBUCIÓN**

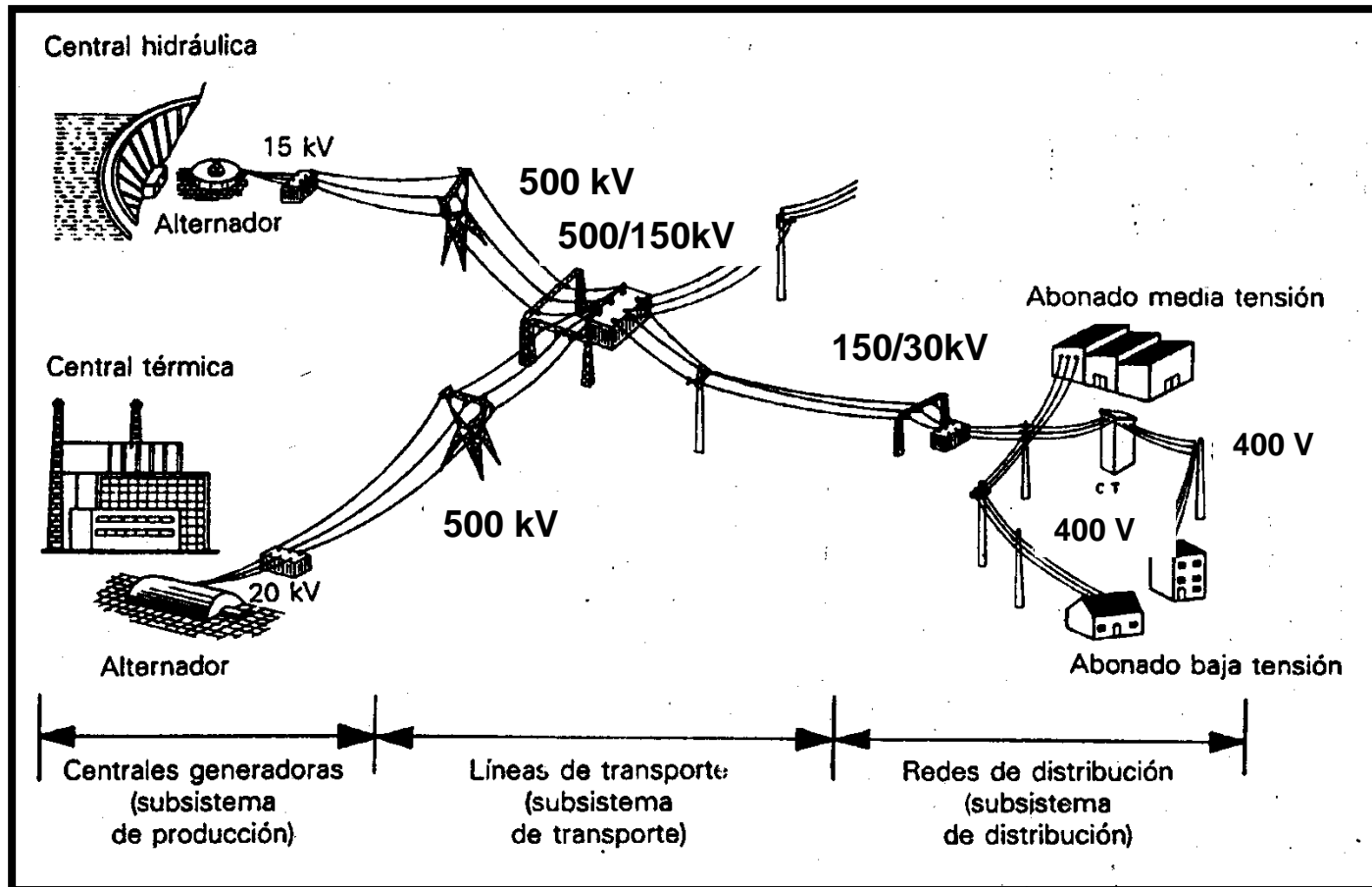


REDES

SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA (SEP)

- **GENERACIÓN:** Corresponde a la producción de energía eléctrica y se realiza en centrales (térmicas, hidráulicas, etc.)
- **TRASMISIÓN:** Las redes de transmisión transportan la energía en grandes cantidades desde las centrales de generación hasta los centros de consumo
- **DISTRIBUCIÓN:** Las redes de distribución canalizan la energía eléctrica desde los puntos de conexión con la red de transporte (transmisión) hasta los consumidores finales

SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA (SEP)



SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA (SEP)

Características de un SEP:

- **TIPO DE CORRIENTE: AC o DC**
- **NUMERO DE FASES: TRIFÁSICOS O MONOFÁSICOS**
- **FRECUENCIA: ej. Uruguay 50 Hz, en Brasil 60 Hz.**
- **TENSIONES DE SERVICIO**

SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA (SEP)

- **Normalmente todos los SEP trabajan mayoritariamente con corriente alterna (AC)**
- **A veces se realizan tramos especiales en continua (DC) (ej. Conversora de frecuencia de 70 MW en Rivera para la interconexión entre la red uruguaya y la brasilera, y nueva conversora de 500 MW en fase de pruebas en Melo)**

SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA (SEP)

¿Por qué AC?

Necesidad de transformación

SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA (SEP)



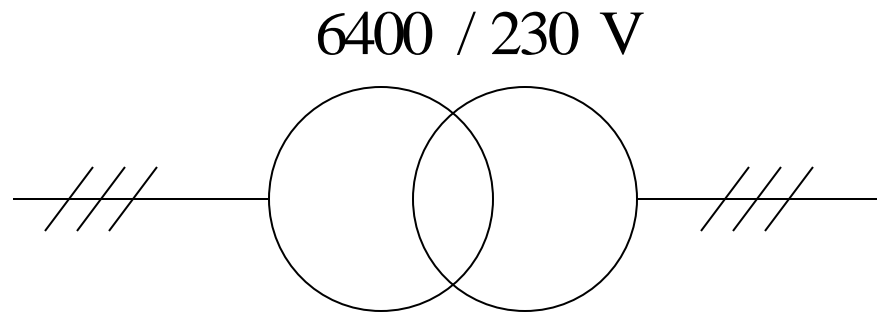
$$\frac{V_2}{V_1} = n \text{ (relación de transformación)}$$

Un transformador produce un cambio en la tensión o voltaje de un circuito. Dicho cambio está dado por la relación de transformación n .

Los transformadores solo trabajan con corriente alterna (AC)

SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA (SEP)

REPRESENTACIÓN UNIFILAR DEL TRANSFORMADOR



El esquema unifilar representa un transformador trifásico cuya tensión primaria es 6400 V y la tensión secundaria 230 V.

SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA (SEP)

¿Por qué transformadores?

La energía eléctrica es consumida en baja tensión (BT). Sin embargo transportarla desde donde es generada hasta donde es consumida en la misma tensión es **ECONOMICAMENTE IMPRACTICABLE**.

SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA (SEP)

¿Por qué transformadores?

$$P = \sqrt{3}VI \cos \varphi \Rightarrow I = \frac{P}{\sqrt{3}V \cos \varphi}$$

Transportar la Potencia (P) utilizando una tensión (V) mayor, se logra con corrientes (I) menores.

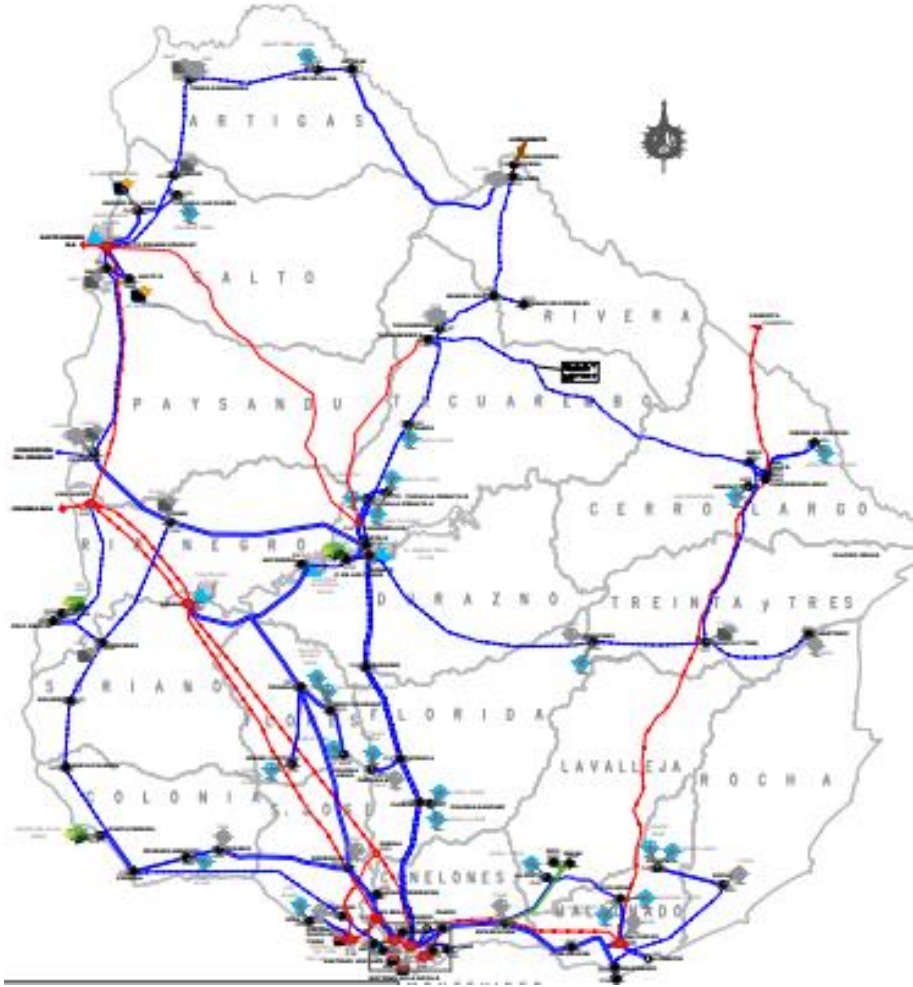
Corrientes menores implican menores pérdidas en las redes (conductores) y menores caídas de tensión.

SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA (SEP)

Tensiones de servicio en la red de Uruguay

Tensión (V)	Calificación	Subsistema
500000	Alta tensión	Trasmisión
150000	$> 72500 V$	Trasmisión
60000	Media tensión	Distribución (Subtrasmisión)
31500	$\leq 72500 V$	Distribución
22000	$> 1000 V$	Distribución
15000		Distribución
6400		Distribución
400	Baja tensión	Distribución
230	$\leq 1000 V$	Distribución

SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA (SEP)



POTENCIA INSTALADA EN GENERACIÓN:

- Hidro: 1538 MW
- Eólica: 1424 MW
- Fotovoltaica: 227 MW
- Térmico (c.fósil): 1012 MW
- Térmico (biomasa): 88+331 MW (inc. cap. Inst. UPM y CEPP)
- **TOTAL: 4620 MW**

DEMANDA:

- Pico (9/12/2022): 2242 MW
- Energía (2020): 10965 GWh
- Energía (2021): 11200 GWh
- Energía (2022): 11500 GWh

**Territorio
176.215 km²**

**Población
3.4 millones**

Ver más info en:
<http://www.adme.com.uy>



SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA (SEP)



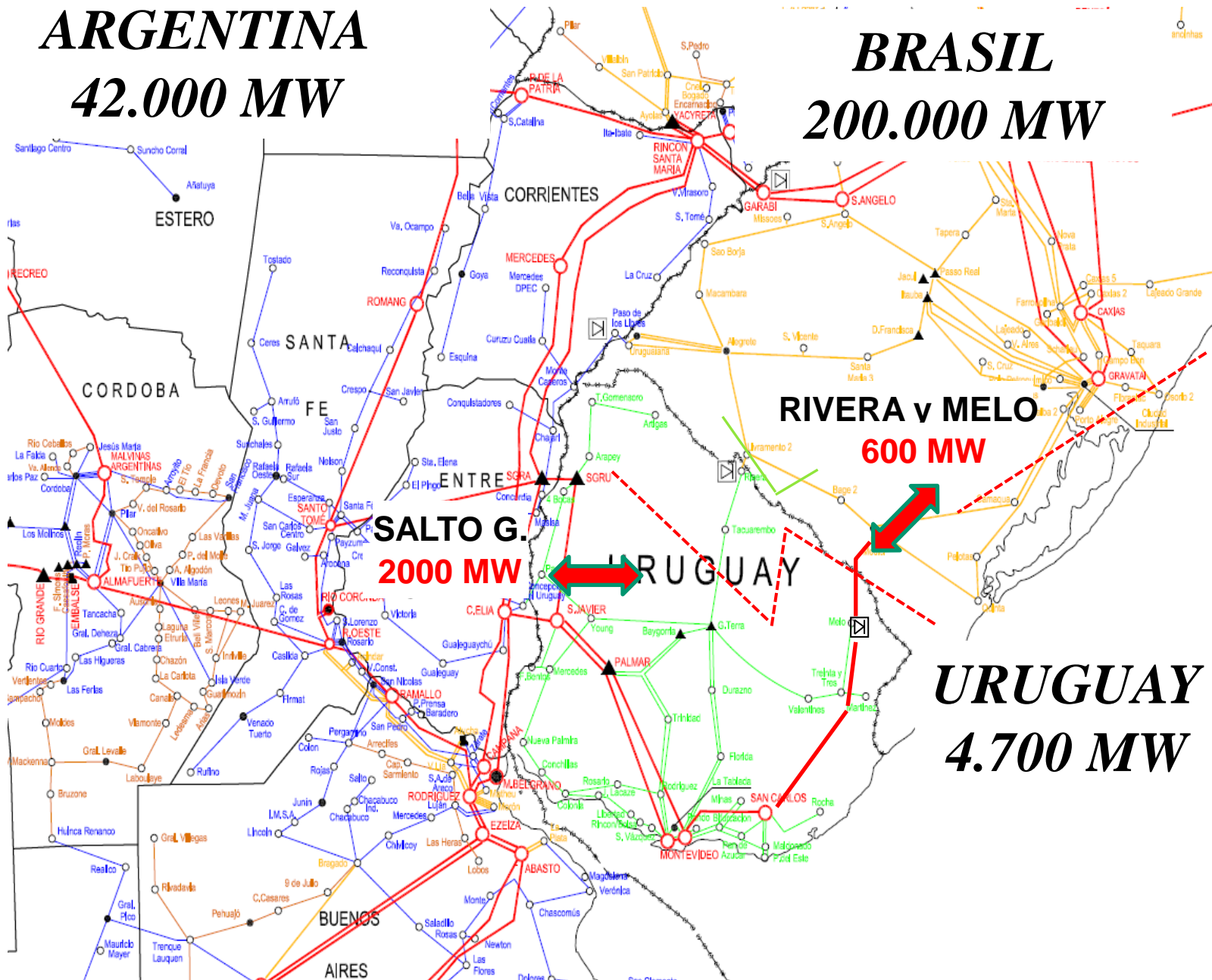
ARGENTINA

DATOS DEL SISTEMA:

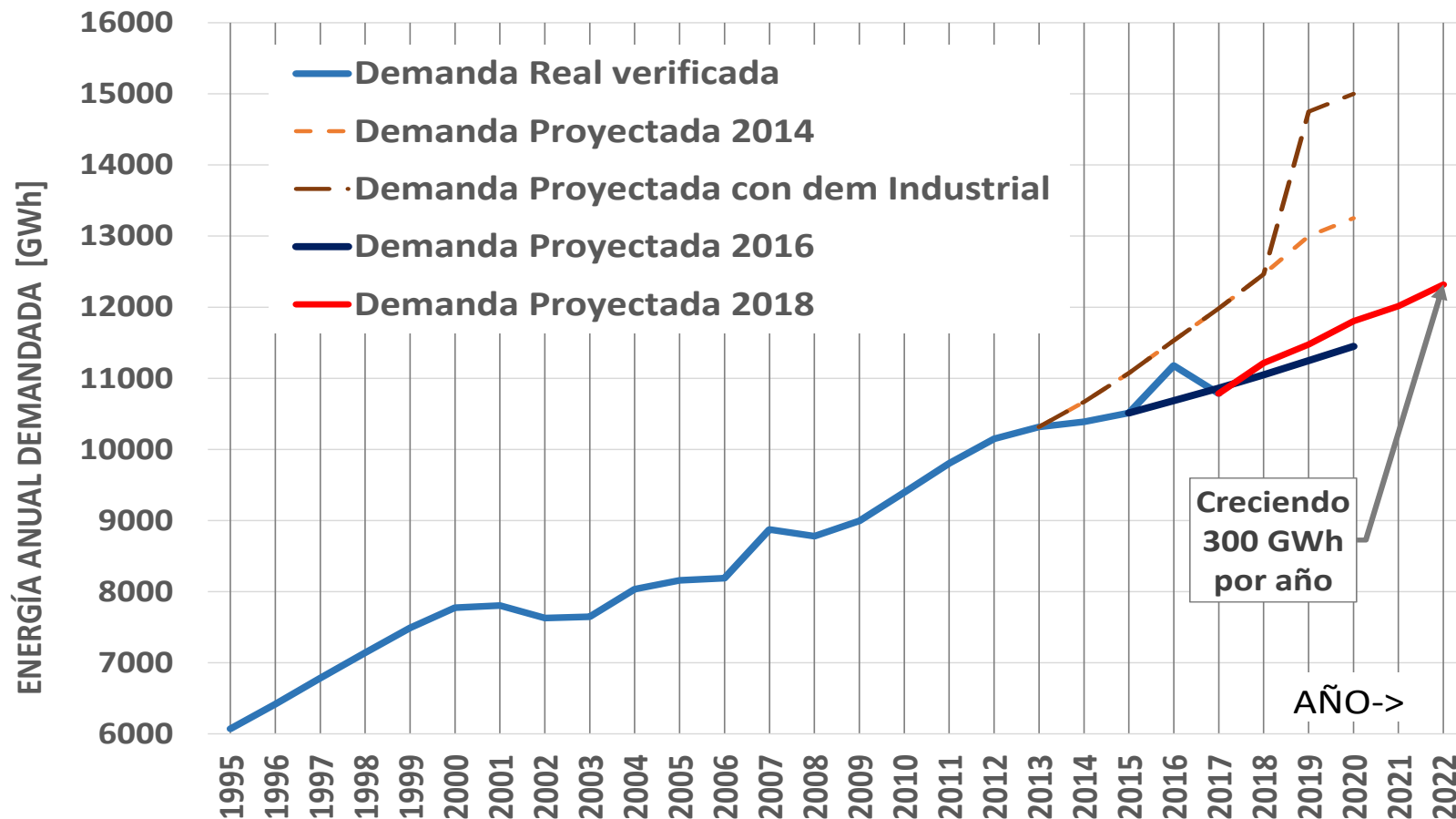
- Área: 3.8 millones km²
- 45 millones de habitantes
- Capacidad instalada: Aprox. UYx10

ARGENTINA
42.000 MW

BRASIL
200.000 MW



SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA (SEP)

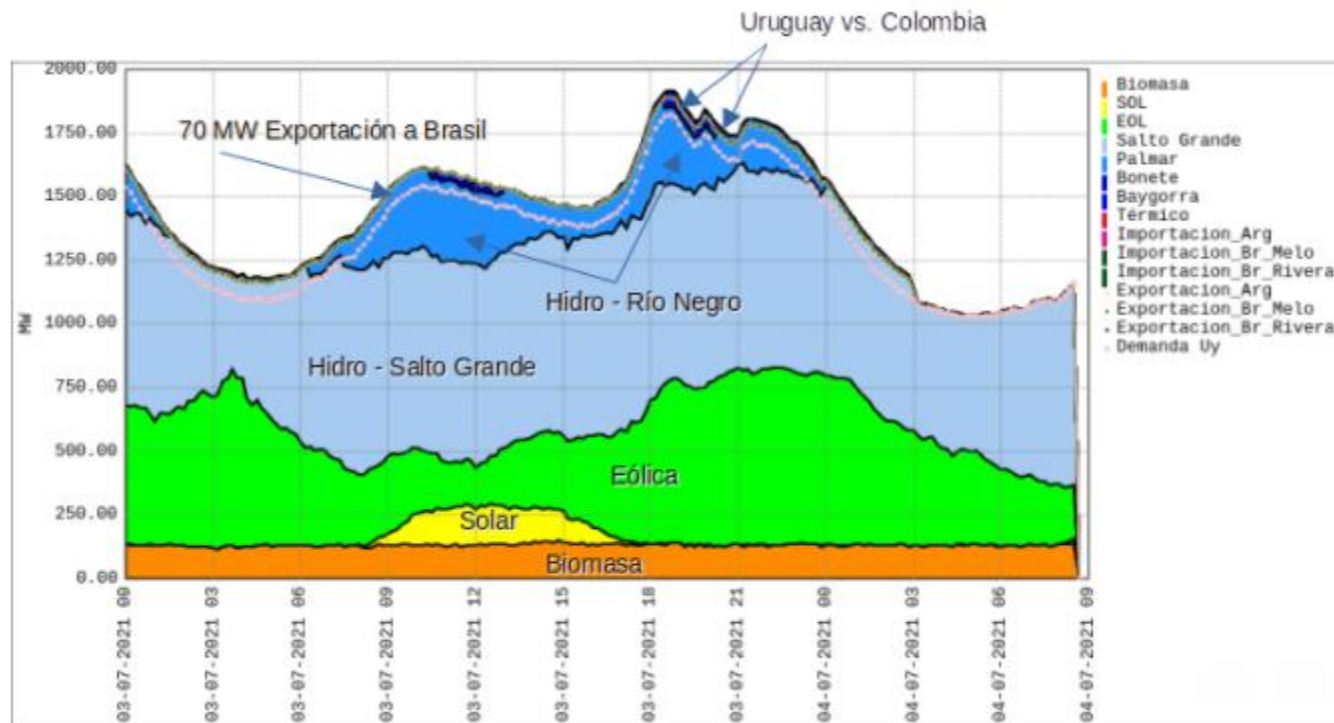


Fuente: UTE, Planificación, Ejecución y Gestión de la Nueva Matriz de Energía Eléctrica de Uruguay, EPIM 2018



SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA (SEP)

Uy-Col 3/7/21



SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA (SEP)

Efecto COVID 2020

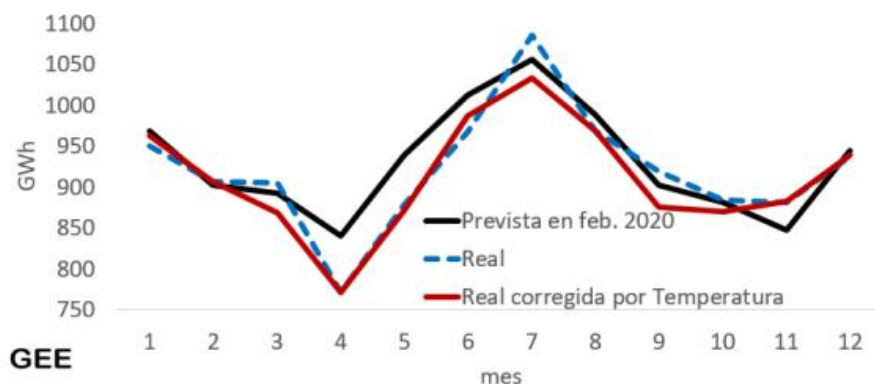


Figura 1. Demandas 2020 “Prevista en feb. 2020”, “Real” medida y “Real corregida por Temperatura”.

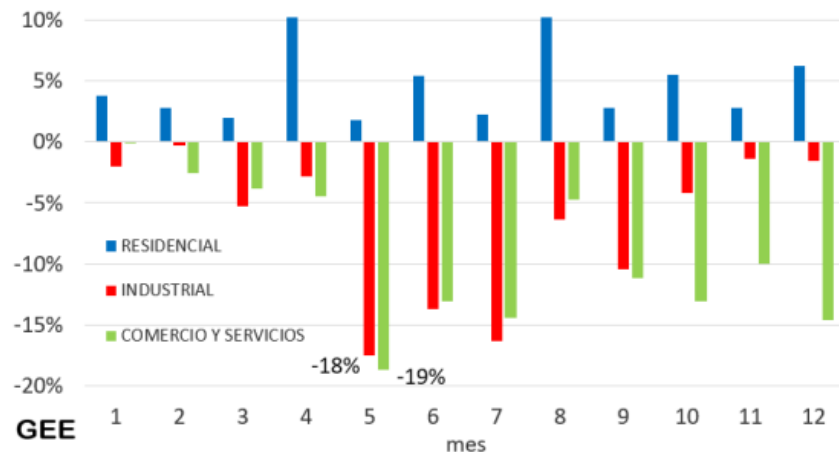
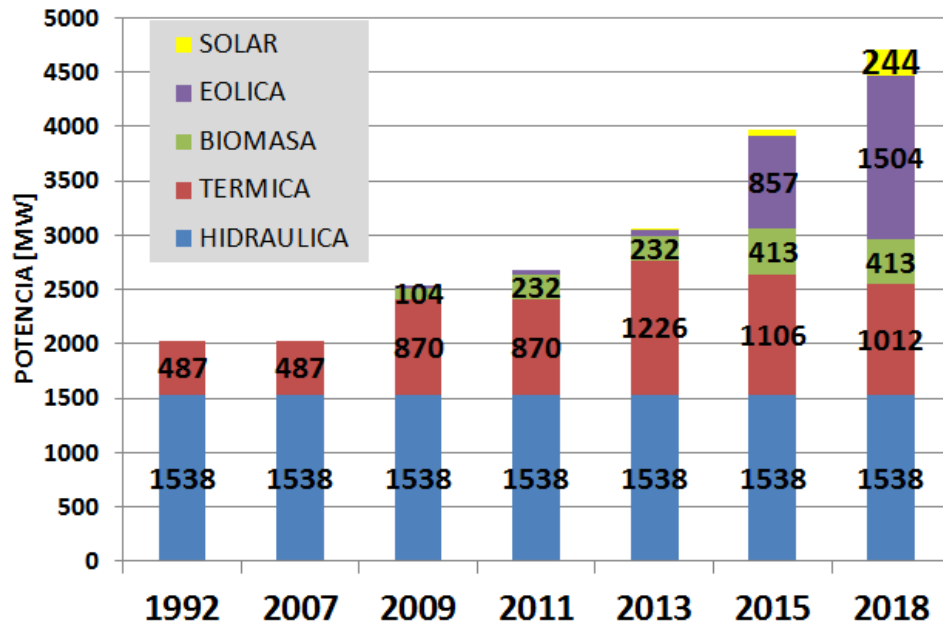


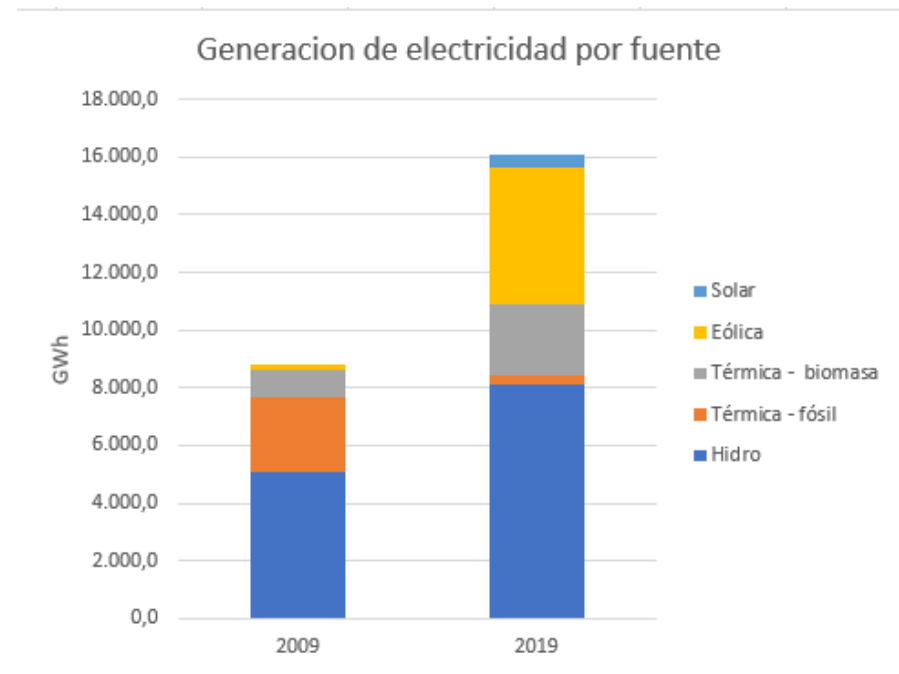
Figura 6. Afectación porcentual exclusivamente por COVID19 en las Demandas Sectoriales.

Fuente: Impacto del COVID19 en la Demanda de Energía Eléctrica de Uruguay
- Informe final - Reporte Técnico N° 4 - Grupo Energía Eléctrica - GEE - Febrero 2021

SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA (SEP)

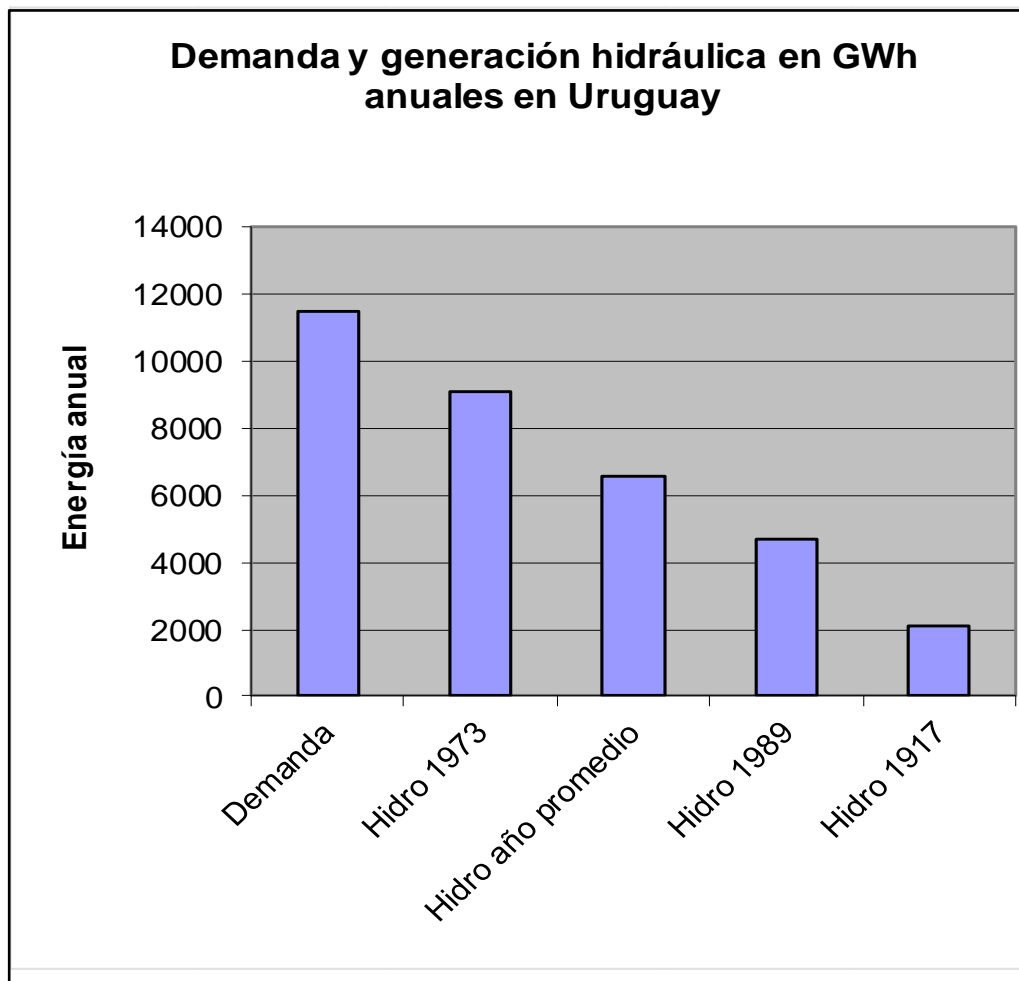


Fuente: UTE, Planificación, Ejecución y Gestión de la Nueva Matriz de Energía Eléctrica de Uruguay, EPIM 2018



Fuente: Elaboración propia en base a datos ADME.

SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA (SEP)



Año 2007

- Hidroeléctrica 81%
- Importación 9%
- Térmica 10%

Año 2006

- Hidroeléctrica 42.7%
- Importación 22.8%
- Térmica 34.5%

Año 2005

- Hidroeléctrica 70%
- Importación 19%
- Térmica 11%

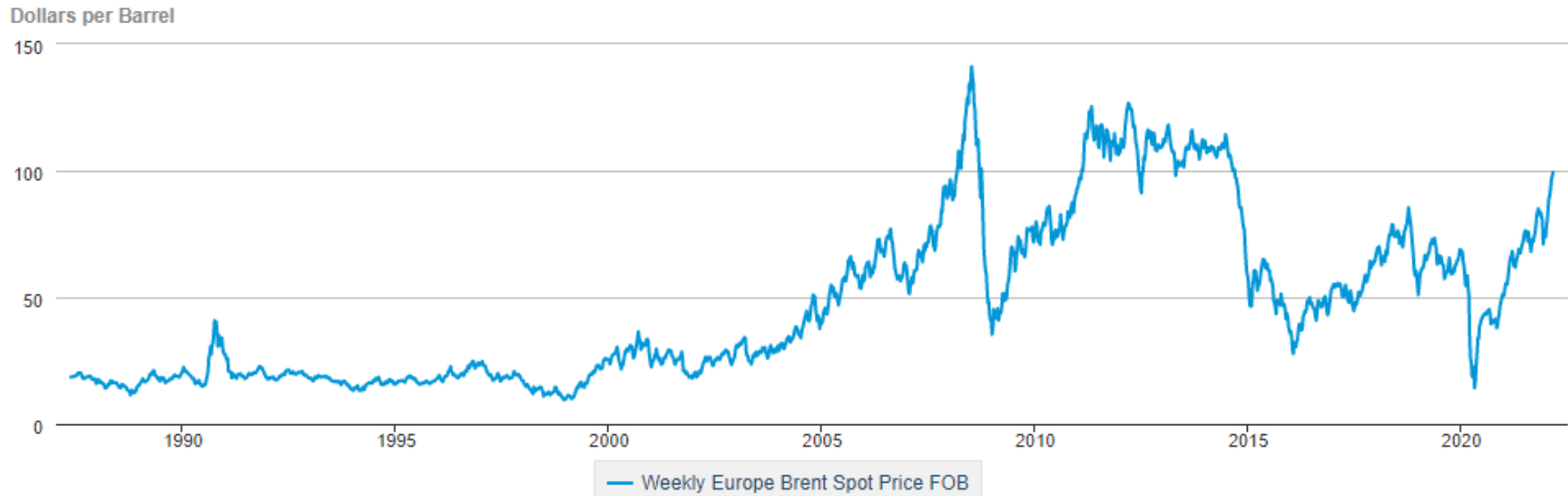
Año 2004

- Hidroeléctrica 58%
- Importación 29%
- Térmica 13%

Año 2003

- Hidroeléctrica 94,5%
- Importación 5,4%
- Térmica 0,1%

SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA (SEP)



(<https://www.eia.gov/dnav/pet/hist/leafhandler.ashx?n=pet&s=rbrte&f=w>)

SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA (SEP)

Las redes eléctricas tienden cada vez más a interconectarse tanto localmente como entre países de una región. Con esto se logra un funcionamiento más confiable y económico.

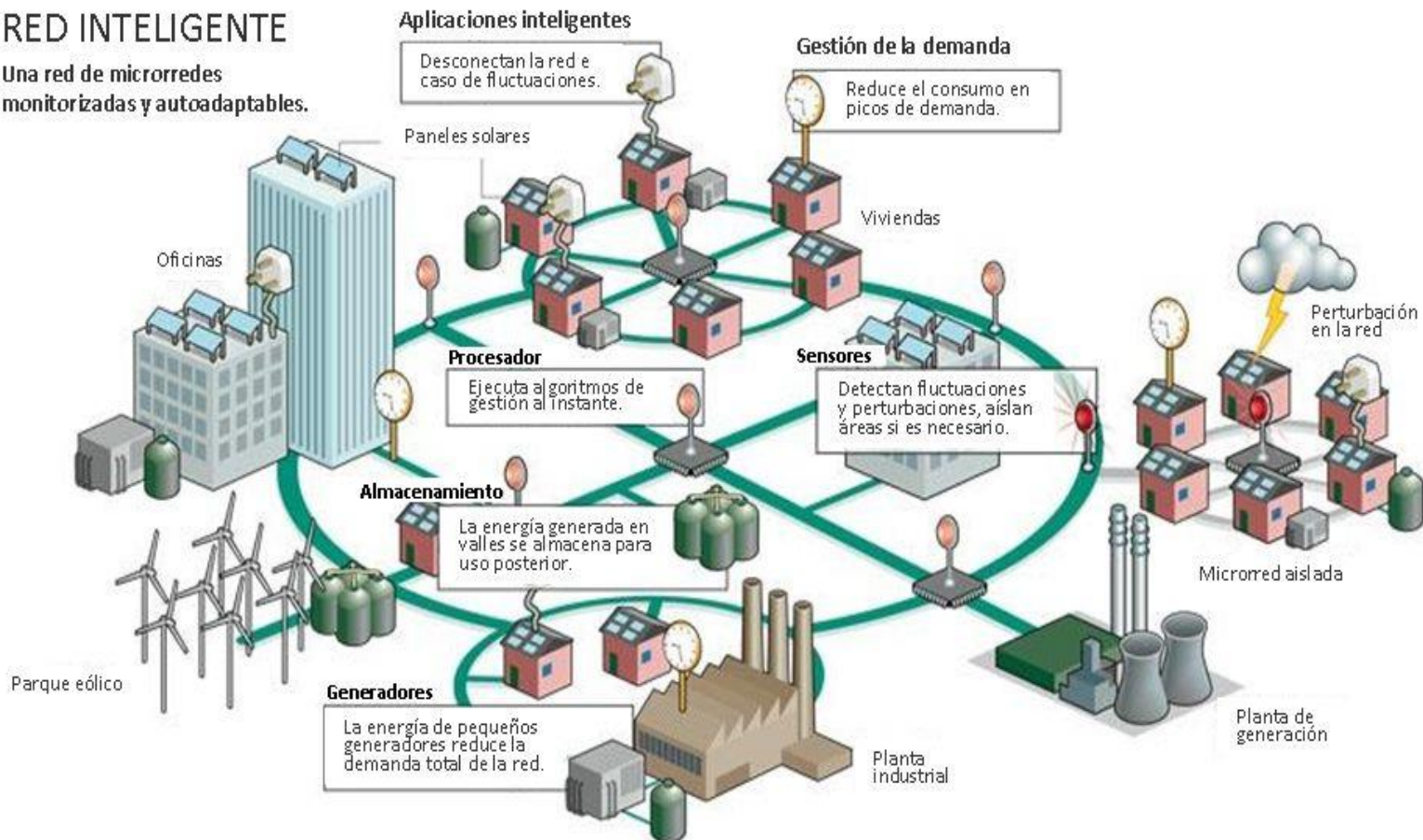
Confiable ya que ante la falla de un elemento de la red, existe redundancia y por lo tanto posibilidad de respaldo.

Económico ya que las reservas pueden compartirse y se aprovecha la complementariedad de la demanda y la generación entre distintas zonas.

LOS NUEVOS SEP – SMART GRIDS

RED INTELIGENTE

Una red de microrredes monitorizadas y autoadaptables.



ESTRUCTURA DEL SECTOR ELÉCTRICO URUGUAYO

- 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)

ESTRUCTURA DEL SECTOR ELÉCTRICO URUGUAYO

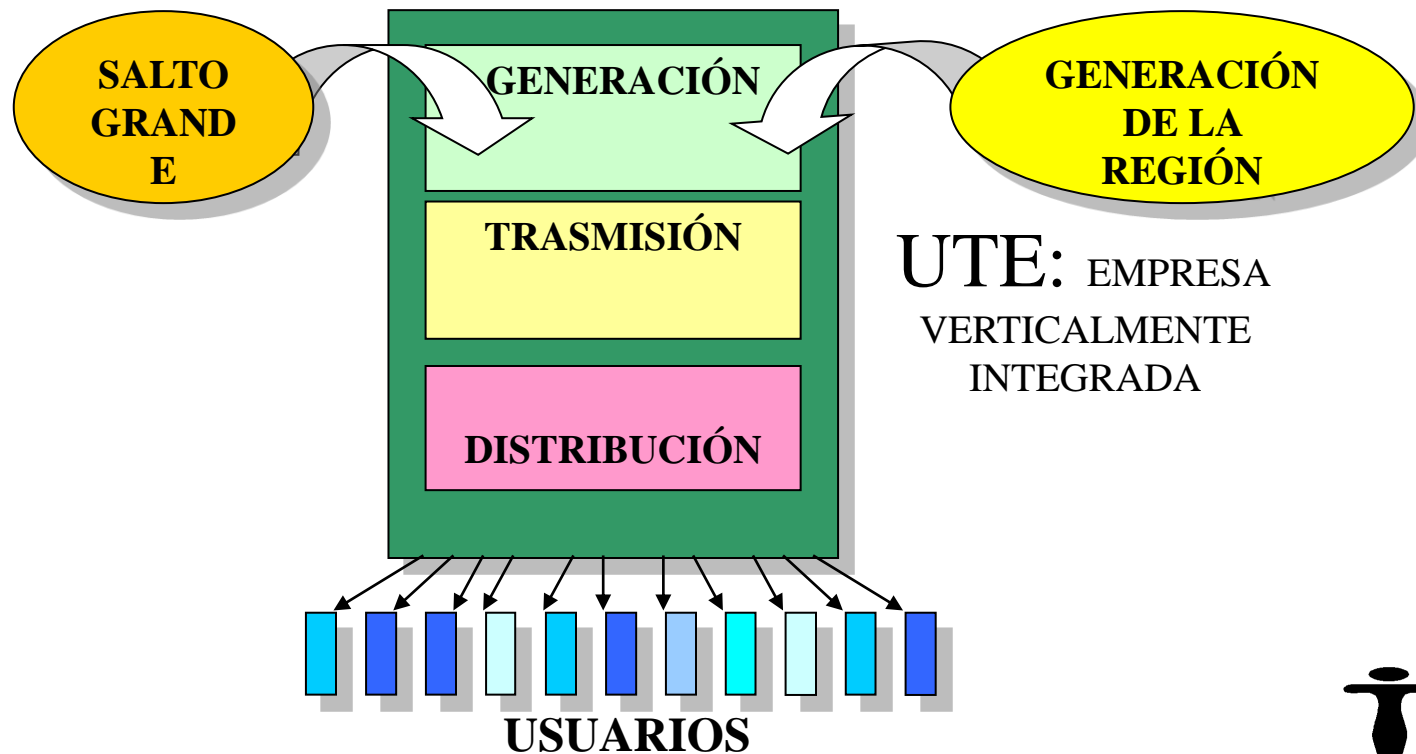
- Distribuidoras operan como monopolios geográficos
- Acceso abierto a las redes
- Participante predominante: empresa pública verticalmente integrada (UTE)

ESTRUCTURA DEL SECTOR ELÉCTRICO URUGUAYO

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

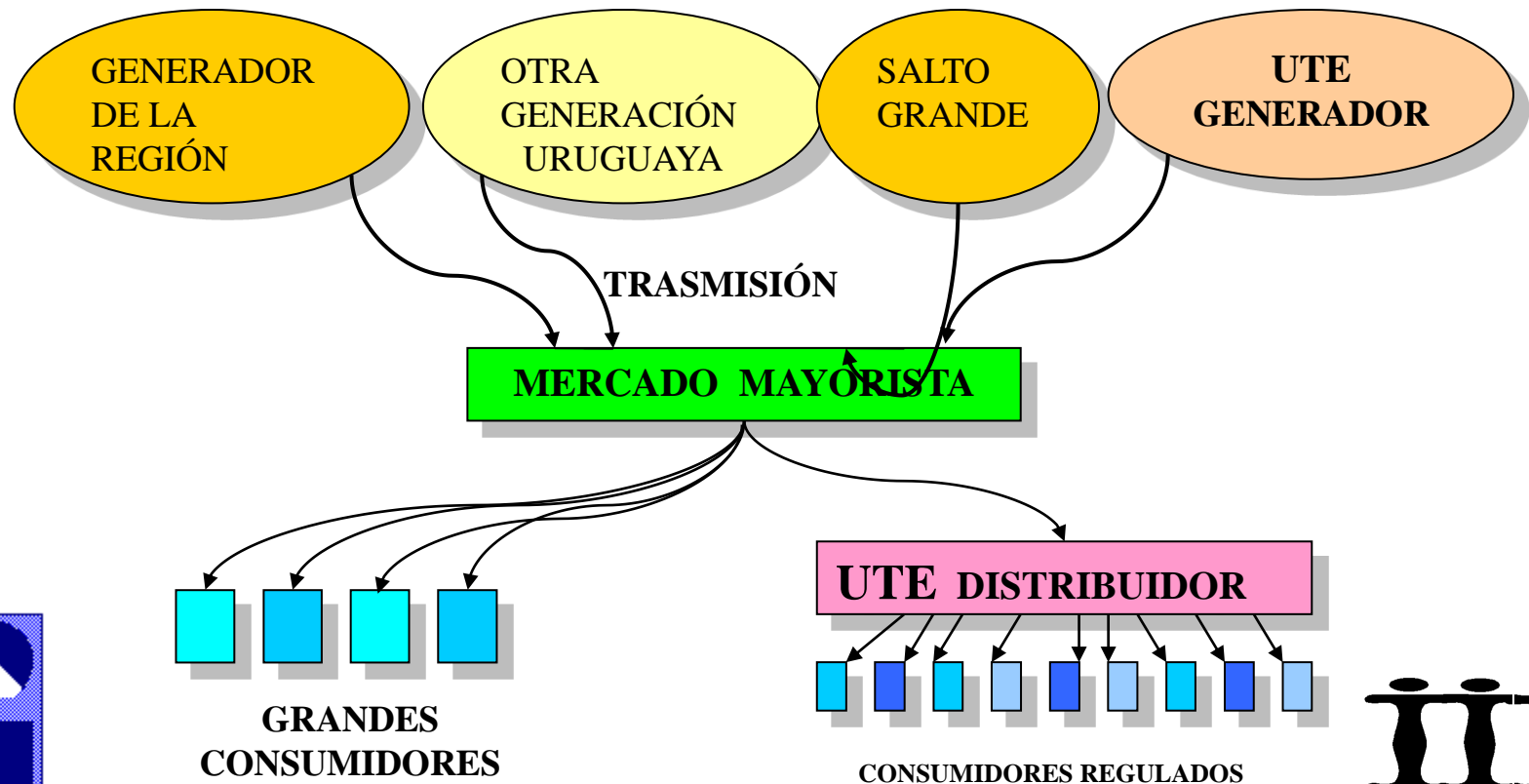
ESTRUCTURA DEL SECTOR ELÉCTRICO URUGUAYO

- LA INDUSTRIA ELÉCTRICA ANTES DE LA LEY 16.832



ESTRUCTURA DEL SECTOR ELÉCTRICO URUGUAYO

- LA INDUSTRIA ELÉCTRICA ANTES DE LA LEY 16.832



NOTACIONES Y CONVENCIONES

1. Al emplear números complejos para indicar una magnitud eléctrica, deberá serse muy cuidadoso en no confundir los complejos con su módulo. Así, podrá trabajarse en una de las formas siguientes, para una magnitud compleja

A) Magnitud V

Representación: $|V| \angle \varphi$

Siendo $|V|$ el módulo del complejo V y φ su argumento.

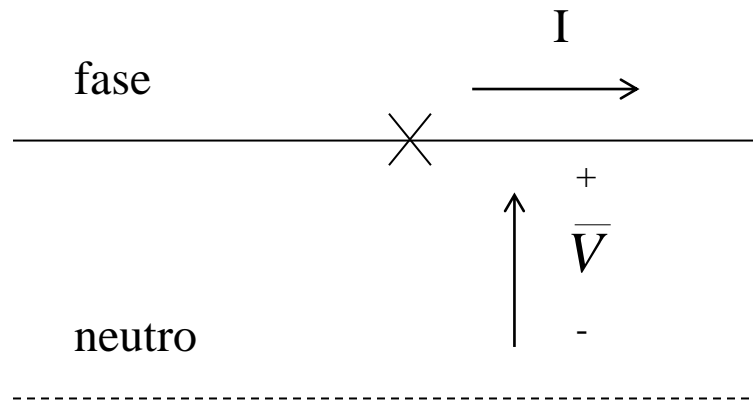
B) Magnitud \bar{V}

Representación: $V \angle \varphi$ siendo V el módulo del complejo \bar{V} y φ su argumento.



NOTACIONES Y CONVENCIONES

2. La convención que adoptaremos para la potencia transmitida en un punto de un circuito es:



$$\bar{S} = \bar{V}\hat{I} = (VI \cos \varphi) + j(VI \sin \varphi) = P + jQ = S \angle \varphi$$

NOTACIONES Y CONVENCIONES

2. La convención que adoptaremos para la potencia transmitida en un punto de un circuito es:

$$\bar{S} = \bar{V}\hat{I} = (VI \cos \varphi) + j(VI \sin \varphi) = P + jQ = S \angle \varphi$$

donde P es la potencia activa transmitida, Q la reactiva, φ el argumento del complejo \bar{S} o el atraso de \underline{I} respecto a \underline{V} .

\bar{S} se llama "potencia aparente" y S es su módulo.

Con esta convención, un circuito sélfico es un consumidor de potencia reactiva, mientras que un circuito capacitivo entrega potencia reactiva.

BIBLIOGRAFIA

- **STEVENSON y GRAINGER- Análisis de los sistemas eléctricos de potencia**
- **WEEDY – Electric Power Systems**
- **GROSS – Electrical Power Systems**
- **HAIM – Redes de Potencia**