



Escuela de  
Ingeniería  
Universidad  
de Chile



# **EL 57A SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA**

## **Clase 2: Introducción a Sistemas de Potencia**

**Luis Vargas  
AREA DE ENERGIA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA**



# Contenido

## 1. Introducción

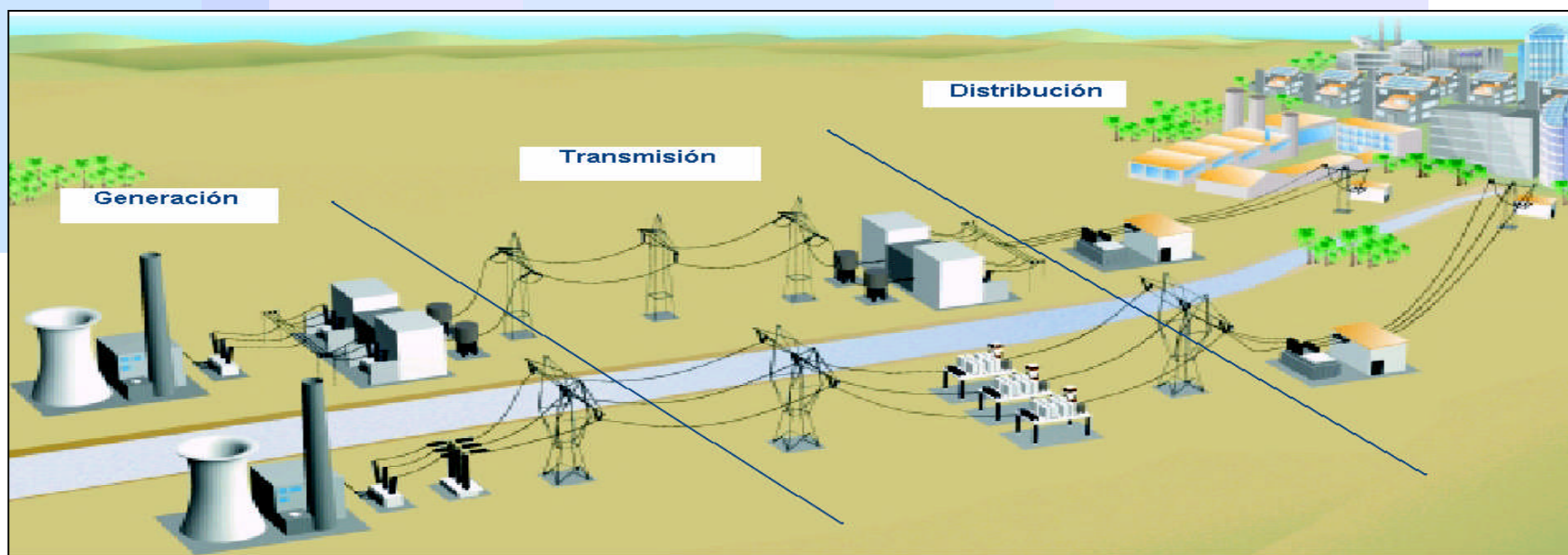
- 1.1 Descripción del sector eléctrico: estructura básica y organización
- 1.2 Tipos de centrales generadoras de energía eléctrica
- 1.3 Equipos de transmisión
- 1.4 Sistemas eléctricos de potencia en Chile
- 1.5 Contexto internacional
- 1.6 Tendencias del desarrollo
- 1.7 Efectos fisiológicos de la electricidad
- 1.8 Literatura, Simbología, Direcciones WWW



## 1.1 Estructura básica y organización (I)

### Sistemas eléctricos de potencia:

Conjunto de instalaciones que permiten generar, transportar y distribuir la energía eléctrica en condiciones adecuadas de tensión, frecuencia y disponibilidad



Fuente : Memoria R. Fuentes, Siemens



## 1.1 Estructura básica y organización (II)

Desarrollo histórico de la industria eléctrica I	
Fecha	Acontecimiento
Raiz del nombre	Latín: electricus (resultado de ambar), Griego: elektor (sol radiante), Magnético --> Magnesia País donde se halló la magnetita o piedra imán.
640-546 A.C.	Thales de Mileto: al frotar ámbar se atraen objetos pequeños. Fenómeno se confundió con atracción magnética.
1540-1603	William Gilbert: Estudio Sistemático de fenómenos eléctricos y magnéticos. Efecto en brújula --> tierra es un imán gigante.
1729	Stephen Gray: Transferencia de atracción y repulsión eléctrica entre un cuerpo y otro --> existencia en si misma de la electricidad.
1698-1739	Charles Du Fay: Existencia de dos tipos de electricidad: vítrea y resinosa.
1747	Benjamin Franklin: Modelo actual de electricidad --> deficiencia (+) o exceso de cargas (-) --> Ley de conservación de carga.
1736-1806	Charles Coulomb: Demuestra con balanza de torsión --> Fuerzas entre dos cargas varía proporcionalmente al inverso del cuadrado de la distancia entre ellas (correspondencia con fuerza gravitatoria).

Fuente : IEEE, Gross, Endesa





## 1.1 Estructura básica y organización (III)

### Desarrollo histórico de la industria eléctrica II

Fecha	Acontecimiento
Antes de 1800	No existen aplicaciones concretas de la electricidad, avances motivados por interés intelectual. Contribuciones al estudio de fenómenos eléctricos: Gilbert, Coulomb, Galvani, Otto von Guericke, Franklin, Volta, etc.
1820	Oersted: descubre el efecto magnético de una corriente eléctrica. Volta: creación de electricidad utilizando metales distintos separados por una solución salina.
1775-1836	André Marie Ampère: Relación de corrientes y campos magnéticos.
1827	Henry: Concepto de inductancia magnética. Ohm: Ley de Ohm $V=IR$ .
1791-1867	Michael Faraday: 1830, Inducción de corrientes eléctricas mediante campos magnéticos variables.
1829-1887	Gustav Robert Kirchhoff: Leyes de Kirchhoff --> caídas de potencias, sumas de corrientes.

Fuente : IEEE, Gross, Endesa



## 1.1 Estructura básica y organización (IV)

Desarrollo histórico de la industria eléctrica III	
Fecha	Acontecimiento
1840-1870	Wheastone, Varley, Siemens, Gramme: Aplicación del principio de inducción electromagnética a la fabricación de generadores (primitivos). Fenómeno de arco eléctrico de brillo intenso en separación de electrodos de carbón.
1831-1879	Jans Clark Maxwell: Ecuaciones de Maxwell de ondas electromagnéticas.
1866	dinamo de c-c, Siemens
1870	Inicio de la comercialización del arco eléctrico: principal uso en iluminación residencial.
1875	El inventor Thomas Edison trabajo en el desarrollo de una lámpara incandescente. Posteriormente, en 1879, después de innumerables intentos logró obtener una bombilla cuyo interior contenía un filamento de algodón carbonizado el cual, al ser energizado, brilló durante 44 horas.

Fuente : IEEE, Gross, Endesa



## 1.1 Estructura básica y organización (V)

### Desarrollo histórico de la industria eléctrica IV



Fecha	Acontecimiento
1881	Expo. de Paris. Primera experiencia pública masiva de alumbrado eléctrico: Ampolleta de 40 W, dinamo de Edison de 150 kW "Jumbo", servicio experimental de tranvía eléctrico.
1882	Primera transmisión experimental de larga distancia en corriente continua (Marcel Deprez): 1,1 kW a 1400 V, 57 km, rendimiento del 22%.
1883	Inicio de producción y consumo de electricidad en Chile. Alumbrado público tipo Edison en la Plaza de Armas, Pasaje Matte y algunas tiendas comerciales.
1885	transmisión de 45 kW a 5 kV, 112 km, con un rendimiento del 45%.
1890	La compañía Westinghouse experimenta con una nueva forma de energía, denominada Corriente Alterna. Las principales ventajas de AC sobre DC son: El transformador AC posee una mayor facilidad de cambio de niveles de voltaje y corriente; la generación de AC era más simple; los motores AC eran más simples y económicos (no + versátil).

Fuente : IEEE, Gross, Endesa



## 1.1 Estructura básica y organización (VI)

### Desarrollo histórico de la industria eléctrica V

Fecha	Acontecimiento
 	<p>Thomson: Carga cuantizada <math>q = Ne</math>.</p> <p>Desarrollo práctico del servicio eléctrico en Chile se inició en 1897, con la central hidroeléctrica Chivilingo, ubicada 10 km al sur de Lota. 250 kVA c/u, 400 V, 50 Hz. Primera central de este tipo en Latinoamérica (altura de caída 110 m, Pelton)</p>
1900	<p>Alrededor del 1900 se propone la primera interconexión de sistemas de generación; sin embargo para ello, se tuvo que recurrir a la estandarización de la frecuencia de generación, la cual fue establecida finalmente en 60Hz (existieron sistemas de 25 (cataratas del Niágara, flicker), 50, 60, 125, 133 Hz).</p>
1902	Primeros tramos de ferrocarril eléctrico en Suiza.
1907	Primera línea operada en 100 kV, USA.
1923	Primera línea operada en 220 kV, USA.
1954	Línea de transmisión en corriente continua, 60 millas, 100 kV, cable submarino, Suecia.

Fuente : IEEE, Gross, Endesa





## 1.1 Estructura básica y organización (VII)

### Desarrollo histórico de la industria eléctrica VI

Fecha	Acontecimiento
1953	Primera línea de transmisión en 345 kV instalada por "American Electric Power Company"
1957	Primera planta nuclear comercial entra en operación en USA.
1957	General Electric introduce el Tiristor, dispositivo de estado sólido controlado que permite la circulación de niveles altos de corriente.
1964	Primera línea de transmisión en 500 kV es instalada en Virginia y Tennessee
1964	La Unión Soviética anuncia su primera planta de generación nuclear no militar (Beloyarskiyn, Montes Urales)
1965	Apagón en Nueva York
1965	Primera línea de transmisión en 765 kV instalada en Canadá
1971	Línea de Transmisión de mayor longitud a través de la URSS
1978	Unión Soviética inicia construcción del mayor proyecto
1979	Accidente en planta nuclear, Pennsylvania
1986	Accidente en planta nuclear, Chernobyl

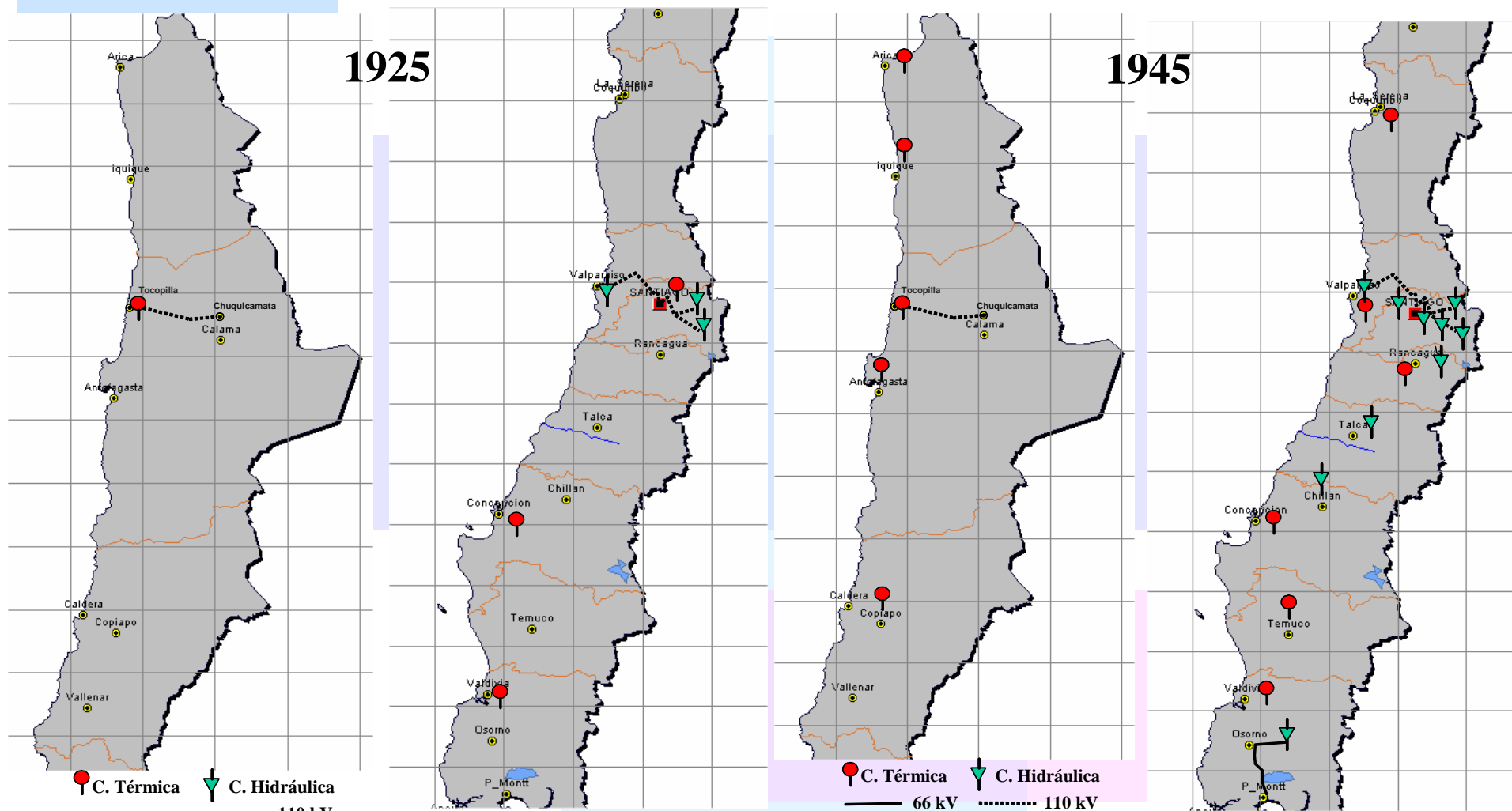
Fuente : IEEE, Gross, Endesa



Escuela de  
Ingeniería  
Universidad  
de Chile



## 1.1 Desarrollo de los Sistemas Interconectados en Chile (VIII)



Fuente : Endesa





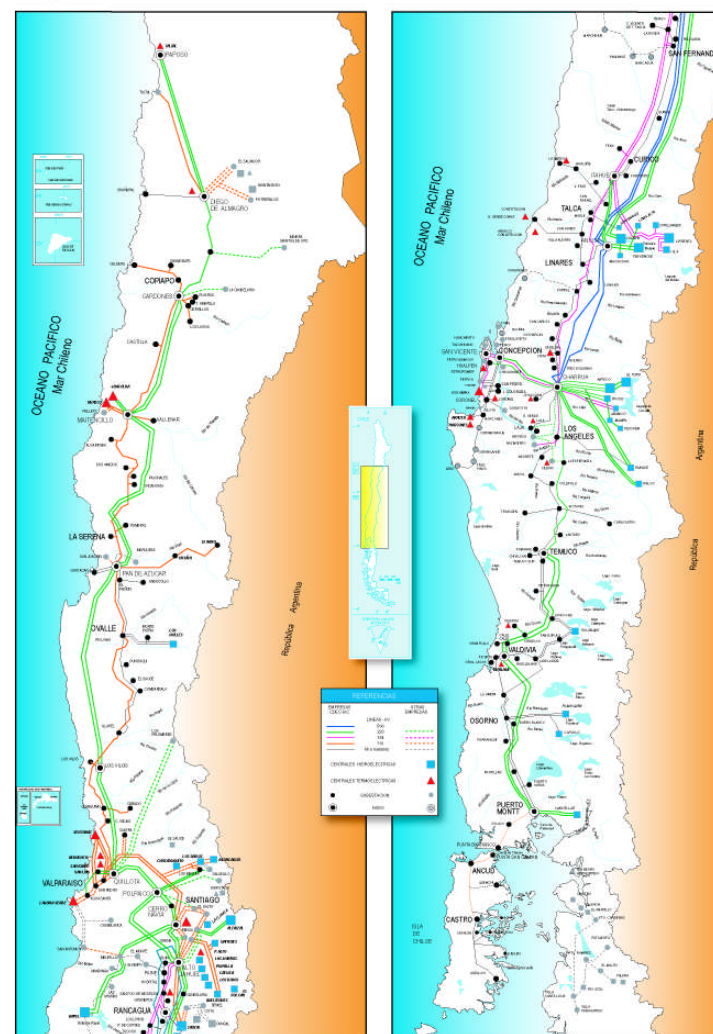
Escuela de  
Ingeniería  
Universidad  
de Chile



# 1.1 Desarrollo de los Sistemas Interconectados en Chile (VIII)



## CDEC-SIC SISTEMA INTERCONECTADO CENTRAL



\* Actualizado su configuración por resolución N° 177, del 3 de abril de 2005 de la Comisión Nacional de Probanzas y Límites del Estado. La adición y eliminación de mapas cartográficos como impresión que se reflejarán solamente con los límites y fronteras de Chile.  
Fuente: Enxenda

Fuente : Enxenda



## 1.1 Estructura básica y organización (IX)

### Temas de Análisis:

- Sistemas de potencia iniciales: generadores conectados a en forma independiente
- Corriente alterna vs. corriente continua
- Frecuencias altas vs. frecuencias bajas (50, 60 Hz)
- Ventajas de generador conectado a múltiples cargas.
- Monofásico vs. Trifásico (polifásico)
- Ventajas de Transmisión en alta tensión
- Ventajas de operación interconectada





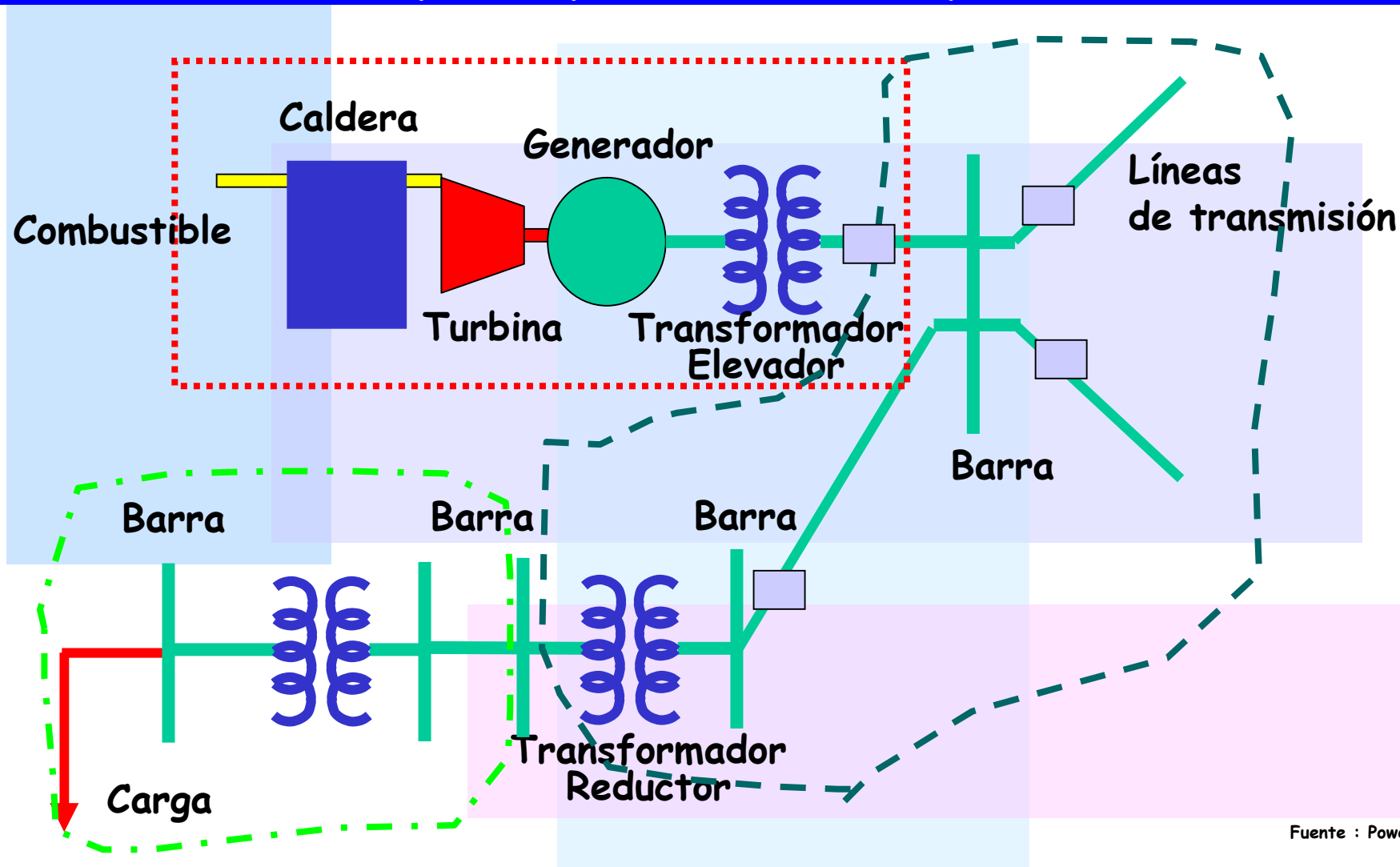
## 1.1 Estructura Básica y Organización (X)

Razones para el empleo de la energía eléctrica:

- Facilidad de transporte
- Facilidad de conversión en otras formas de energía
- Facilidad de distribución
- No contaminante
- Eficiencia
- Económicas
- Recurso Renovable



## 1.1 Etapas o partes constituyentes del sistema (XI)



Fuente : Power Learn



Escuela de  
Ingeniería  
Universidad  
de Chile

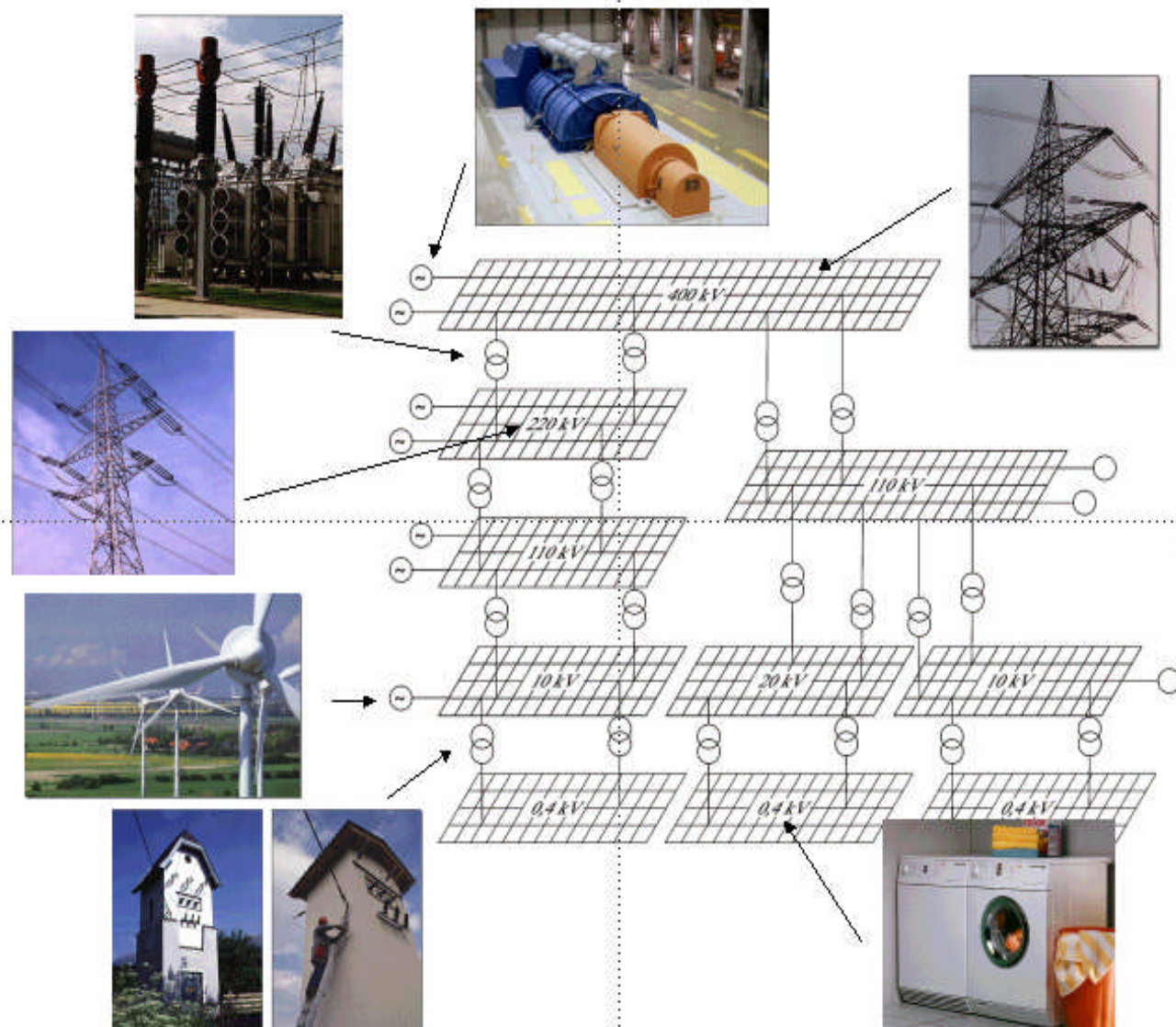


## 1.1 Niveles de Tensión vs. Dispositivos(XII)

**Alta Tensión: AT**

**Media Tensión,  
Alta Tensión en  
Distribución: MT**

**Baja Tensión: BT**





## 1.1 Partes constituyentes del sistema (XIII)

- **Centrales generadoras:**  
transformación de la energía térmica, hidráulica, eólica, etc. en energía eléctrica.  
Niveles de tensión: 13,2 kV, 10,5 kV, etc.
- **Redes de Transmisión:**  
transporte de la energía eléctrica desde las centrales generadoras a las zonas donde se ubican los consumos.  
Está constituido por subestaciones y líneas de transmisión.  
Niveles de tensión: 110 kV, 154 kV, 220 kV, 500 kV
- **Redes de Distribución:**  
alimentación directa a los consumos (reparto al detalle).  
Niveles de tensión: 23 kV, 12 kV, 380 V.





## 1.1 Funciones de Control y Supervisión Básicas en los Sistemas Eléctricos de Potencia:(XIV)

- **Calidad de suministro:**  
Voltaje, frecuencia, forma de onda.
- **Mantener balance generación/carga:**
- **Manejo oportuno y eficiente de fallas:**
- **Interrupción de Servicio.**



## 1.1 Eficiencia de la conversión de energía de diversos procesos (XV)

Proceso	Conversión de energía	Eficiencia
Generador eléctrico	mecánica a eléctrica	98 %
Motor eléctrico grande	eléctrica a mecánica	92 %
Pila seca	química a eléctrica	90 %
Estufas a gas	química a térmica	85 %
Acumulador (batería)	eléctrica a química	73 %
Horno a petróleo	química	
Motor eléctrico pequeño	eléctrica	
Planta ciclo combinado	química	
Cohete de combustible líquido	química	
Turbina a vapor	térmica	
Planta termoeléctrica	química	
Laser de neón	eléctrica	
Motor diesel	química	
Turbo jet	química	
Planta termonuclear	nuclear	
Laser de estado sólido	eléctrica	
Motor de automóvil	química	
Tubo fluorescente	eléctrica a lumínica	20 %
Fotocelda	lumínica a eléctrica	10 %
Locomotora a vapor	química a térmica y mecánica	8 %
Termoclupa	térmica a eléctrica	7 %
Lámpara incandescente	eléctrica a lumínica	4 %

**Eficiencia**

$$\eta = P_o / P_i * 100 \%$$

Fuente : DIE,  
HR/IEE2312/1,93



## 1.1 Eficiencia de la conversión de energía de diversos procesos (XV)

Proceso	Conversión de energía	Eficiencia
Generador eléctrico	mecánica a eléctrica	98 %
Motor eléctrico grande	eléctrica a mecánica	92 %
Pila seca	química a eléctrica	90 %
Estufas a gas	química a térmica	85 %
Acumulador (batería)	eléctrica a química	73 %
Horno a petróleo	química a térmica	65 %
Motor eléctrico pequeño	eléctrica a mecánica	62 %
Planta ciclo combinado	química a térmica a mecánica y eléctrica	60 %
Cohete de combustible líquido	química a térmica y cinética	47 %
Turbina a vapor	térmica a mecánica	46 %
Planta termoeléctrica	química a térmica a mecánica y eléctrica	40 %
Laser de neón	eléctrica a lumínica	39 %
Motor diesel	química a térmica y mecánica	38 %
Turbo jet	química a térmica, mecánica a cinética	35 %
Planta termonuclear	nuclear a térmica a mecánica y eléctrica	35 %
Laser de estado sólido	eléctrica a lumínica	30 %
Motor de automóvil	química a térmica y mecánica	25 %
Tubo fluorescente	eléctrica a lumínica	20 %
Fotocelda	lumínica a eléctrica	10 %
Locomotora a vapor	química a térmica y mecánica	8 %
Termoclupa	térmica a eléctrica	7 %
Lámpara incandescente	eléctrica a lumínica	4 %

Fuente : DIE,  
HR/IEE2312/1,93

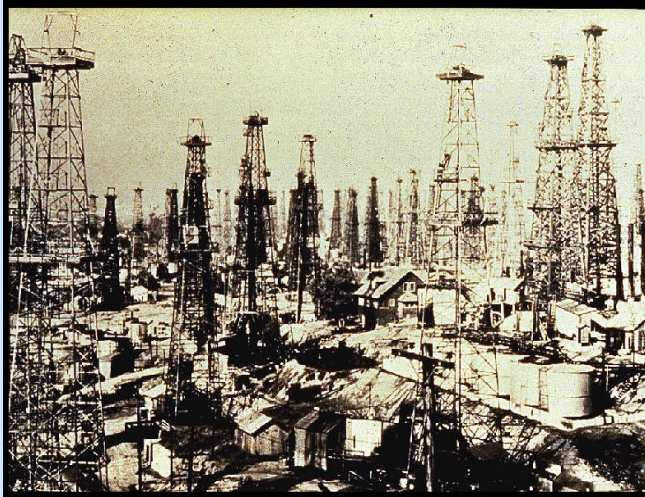




Escuela de  
Ingeniería  
Universidad  
de Chile



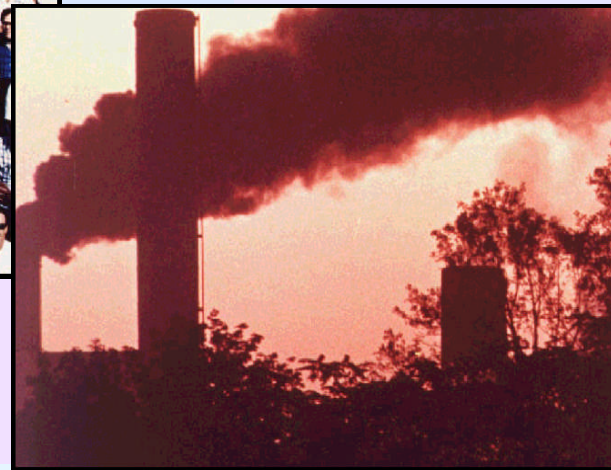
## 1.2 Tipos de centrales generadoras de energía eléctrica (I)



Recursos

Crecimiento demográfico

Medioambiente

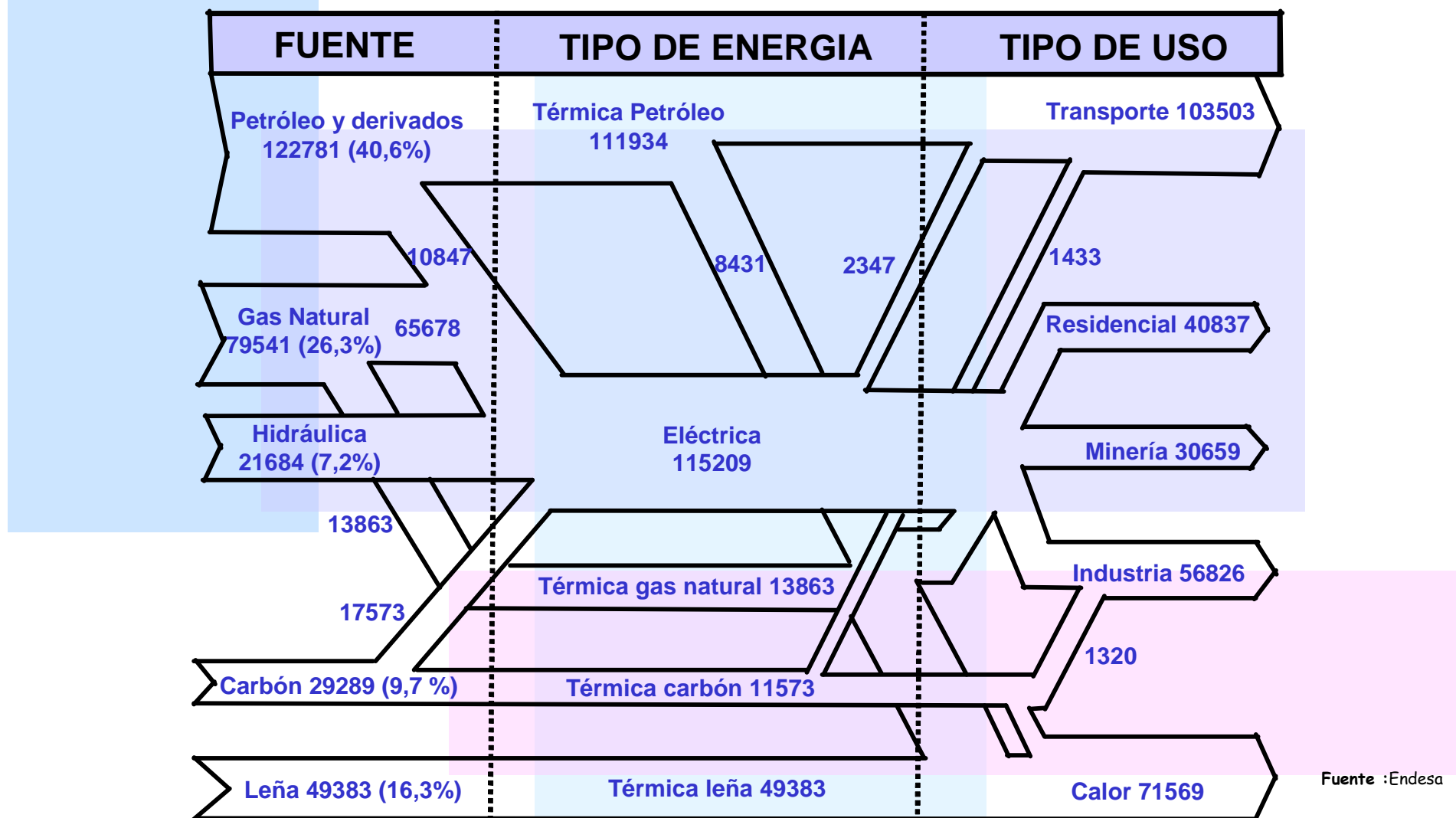


Fuente :General  
Atomics, San Diego  
Schools





## 1.2 Diagrama de flujo energético referido a GWh 2001 (III)



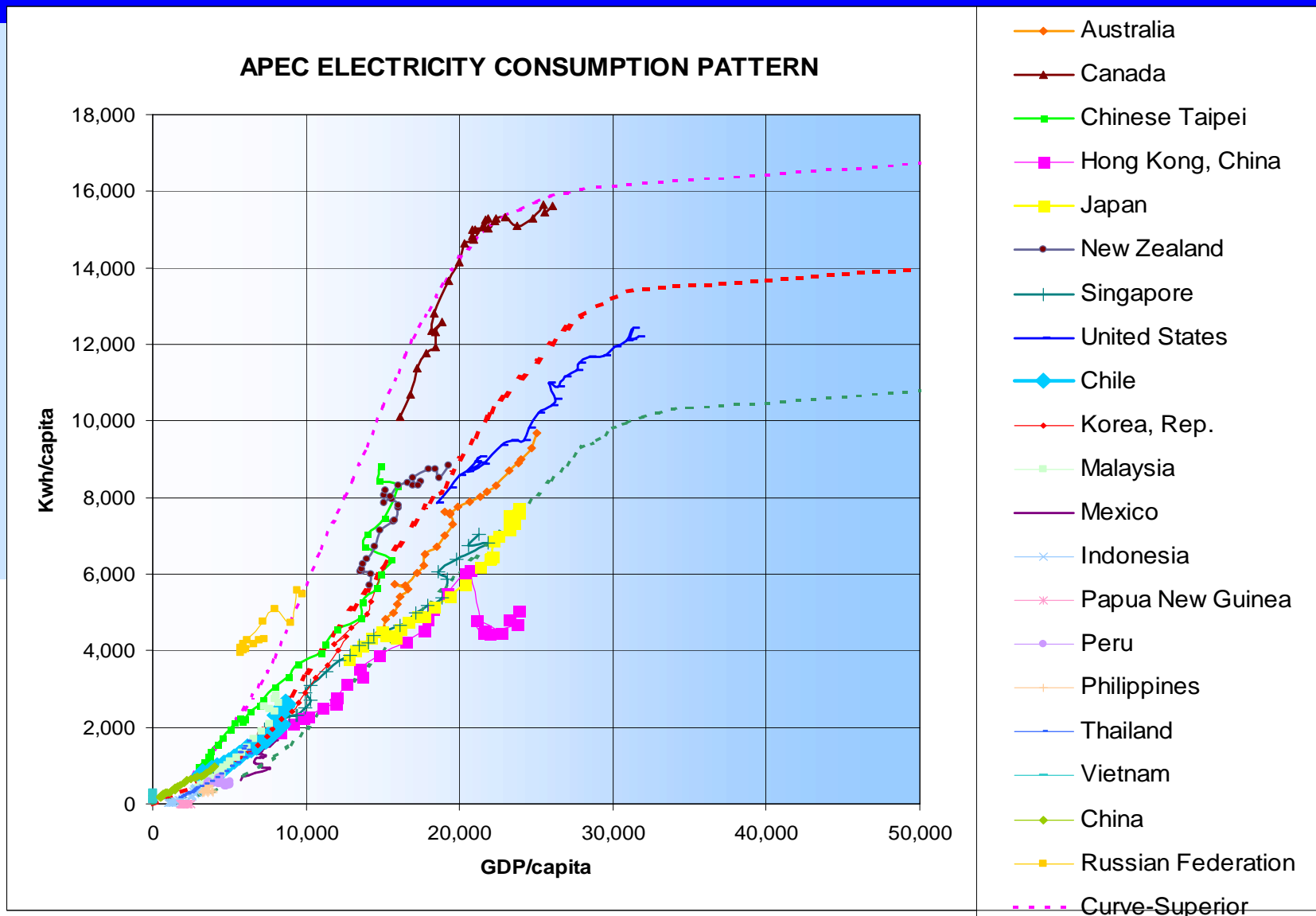


## 1.2 Tipos de centrales generadoras de energía eléctrica (IV)

**Consumo eléctrico anual por continentes (México incluido en Latinoamérica):**

Continentes	Población M hab	Consumo TWh	Proporción %	Valor relativo %	Cons. espec. MWh/hab
Norteamérica	225	1845	37,8	1,00	8,20
Europa	490	1399	28,7	0,76	2,85
URSS	242	741	15,2	0,40	3,06
Latinoamérica	250	136	2,8	0,075	0,54
África	300	88	1,8	0,05	0,29
Asia + Oceanía	2050	672	13,7	0,36	0,33
Total	3557	4881	100,0	---	1,37

Fuente :W. Brokering 1990





## 1.2 Tipos de centrales generadoras de energía eléctrica (V)

**Relación existente entre las energías primarias y sus productos asociados en las energías secundarias**

Energías Primarias	Conexión	Energías Secundarias
1. Petróleo crudo	1	Petróleos Combustibles
2. Gas natural	1	Alquitrán
3. Carbón	1	Petróleo Diesel
4. Leña y biomasa	1	Gasolina 93, 95 y 97
5. Hidroelectricidad	1	Gasolina 93 Con Plomo
6. Biogas	1	Gasolina de Aviación
7. Eólica	1	Kerosene de Aviación
8. Solar	1	Kerosene
	1	Nafta
	1	Gas Licuado
	1	Gas de Refinería
	1,2,3,6	Gas de Ciudad
	3	Gas de Altos hornos
	2	Gas Natural
	2	Metanol
	1,3	Coke
	3	Carbón
	1,2,3,4,5,6,7,8	Electricidad
	4	Leña
	4	Biogás

Fuente :CNE





## 1.2 Tipos de centrales generadoras de energía eléctrica (VI)

### Equivalencias de los combustibles chilenos:

Combustible	Poder calórico kCal/kg	Cantidad equivalente a		
		1 kWh	1 t petr.	1 t carb.imp.
Leña y desechos	2.500	2,00 dm <sup>3</sup>	7,9 m <sup>3</sup>	4,2 m <sup>3</sup>
Carbón Arauco	6.350	0,55 kg	2,2 t	1,18 t
Carbón Magallanes	4.800	0,73 kg	3,0 t	1,60 t
Petróleo combustible	10.000	0,28 lt	1,14 m <sup>3</sup>	0,61 m <sup>3</sup>
Diesel	10.000	0,28 lt	1,14 m <sup>3</sup>	0,61 m <sup>3</sup>
Gasolina	10.200	0,27 lt	1,30 m <sup>3</sup>	0,70 m <sup>3</sup>
Queroseno	10.200	0,27 lt	1,20 m <sup>3</sup>	0,64 m <sup>3</sup>
gas licuado	11.800	0,39 m <sup>3</sup>	1550 m <sup>3</sup>	830 m <sup>3</sup>
gas natural	11.000	0,41 m <sup>3</sup>	1630 m <sup>3</sup>	875 m <sup>3</sup>

Fuente :W.  
Brokering



## 1.2 Tipos de centrales generadoras de energía eléctrica (VII)

Fuentes Energéticas Combustibles Fósiles		
Tipo	Ventajas	Desventajas
<b>Carbón</b>	transportable, abundante	combustión sucia, contaminación del aire, lluvia ácida
<b>Petróleo crudo</b>	fuelle combustible flexible con múltiples derivados, transportable	recurso agotable, contaminación del aire
<b>Gas natural</b>	combustión limpia, transportable	recurso agotable, manejo peligroso

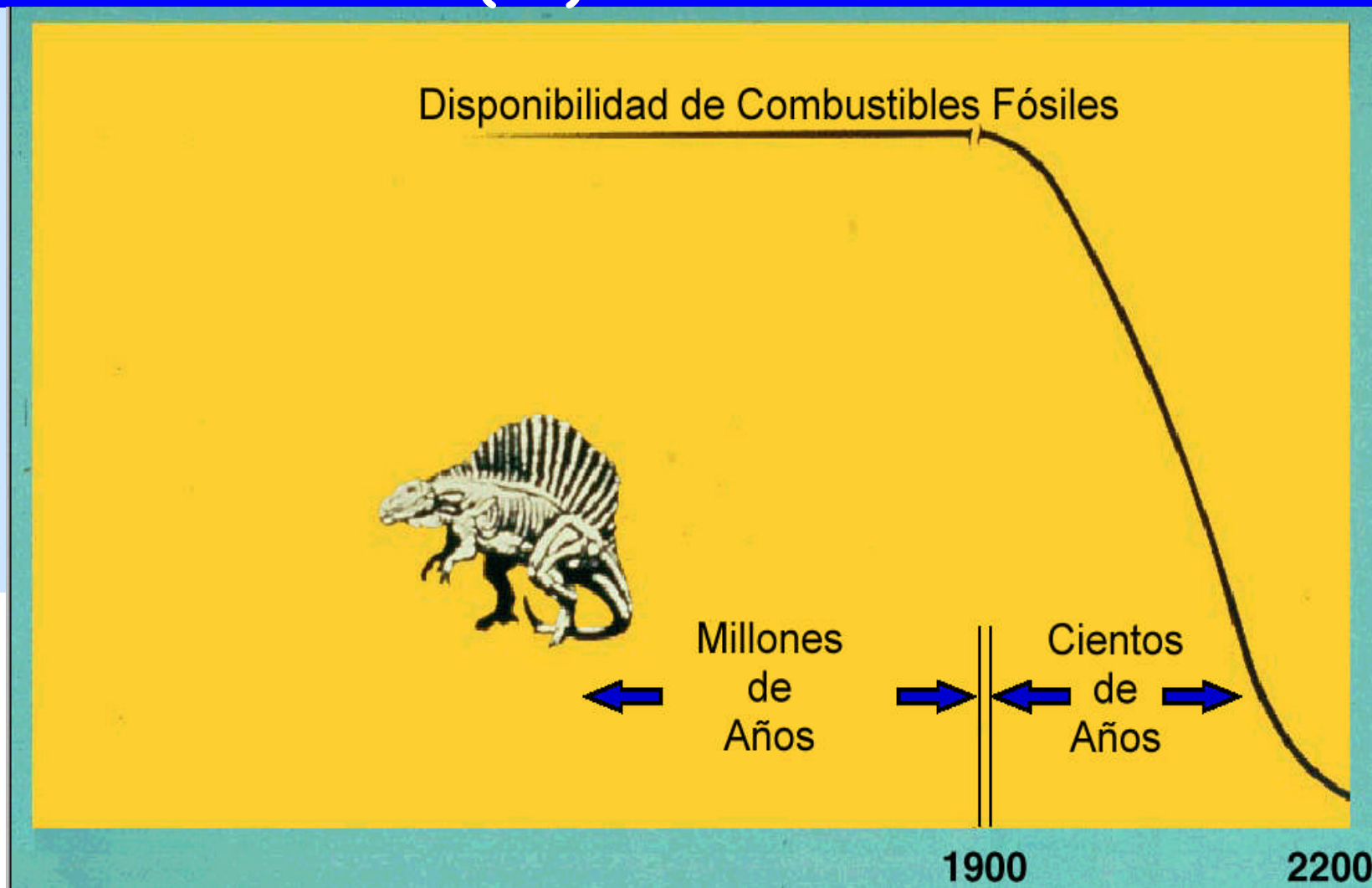


## 1.2 Tipos de centrales generadoras de energía eléctrica (VIII)

Fuentes Energéticas Otras fuentes de energía			
Tipo		Ventajas	Desventajas
<b>Fisión</b>		limpio, sin emisiones de CO <sub>2</sub> , no produce contaminación inmediata	manejo de desechos peligroso, problemas de salud
<b>Hidroelectricidad</b>		limpia, sin emisiones de CO <sub>2</sub>	impacto ambiental en construcción de embalses, condicionamiento geográfico
<b>Eólica</b>		limpia, sin emisiones de CO <sub>2</sub>	número elevado de unidades (molinos) -> impacto ambiental, condicionamiento geográfico
<b>Geotérmica</b>		limpia, sin emisiones de CO <sub>2</sub>	condicionamiento geográfico
<b>Solar</b>		limpia, sin emisiones de CO <sub>2</sub>	condicionamiento geográfico



## 1.2 Tipos de centrales generadoras de energía eléctrica (IX)



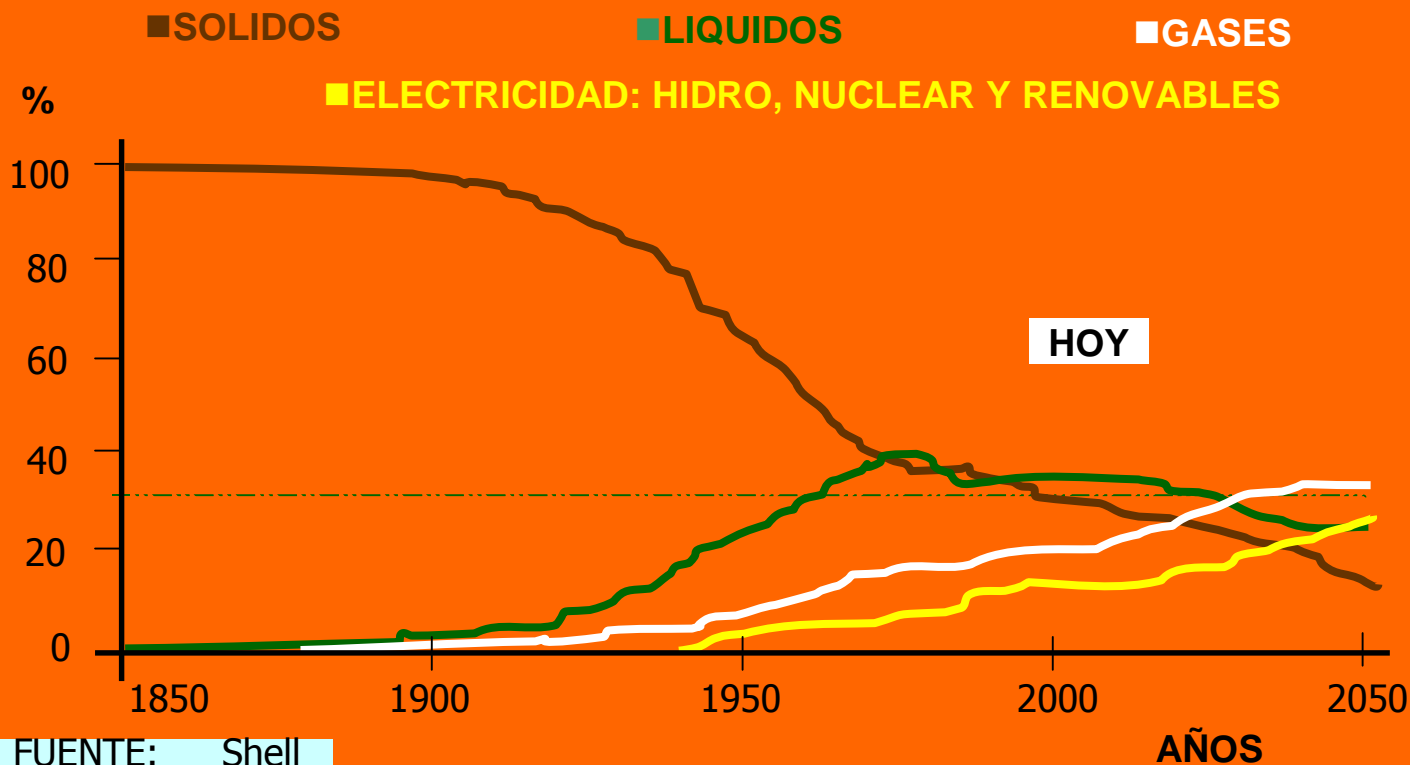
Fuente :General  
Atomics, San Diego  
Schools



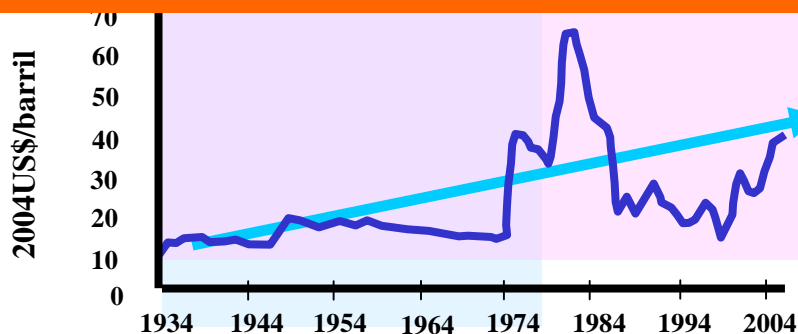


# TENDENCIA MUNDIAL

## CONSUMO DE ENERGIA EN EL MUNDO



- SOLIDO A GAS EN MENOS DE 100 AÑOS
- ELECTRICIDAD ES CRECIENTE

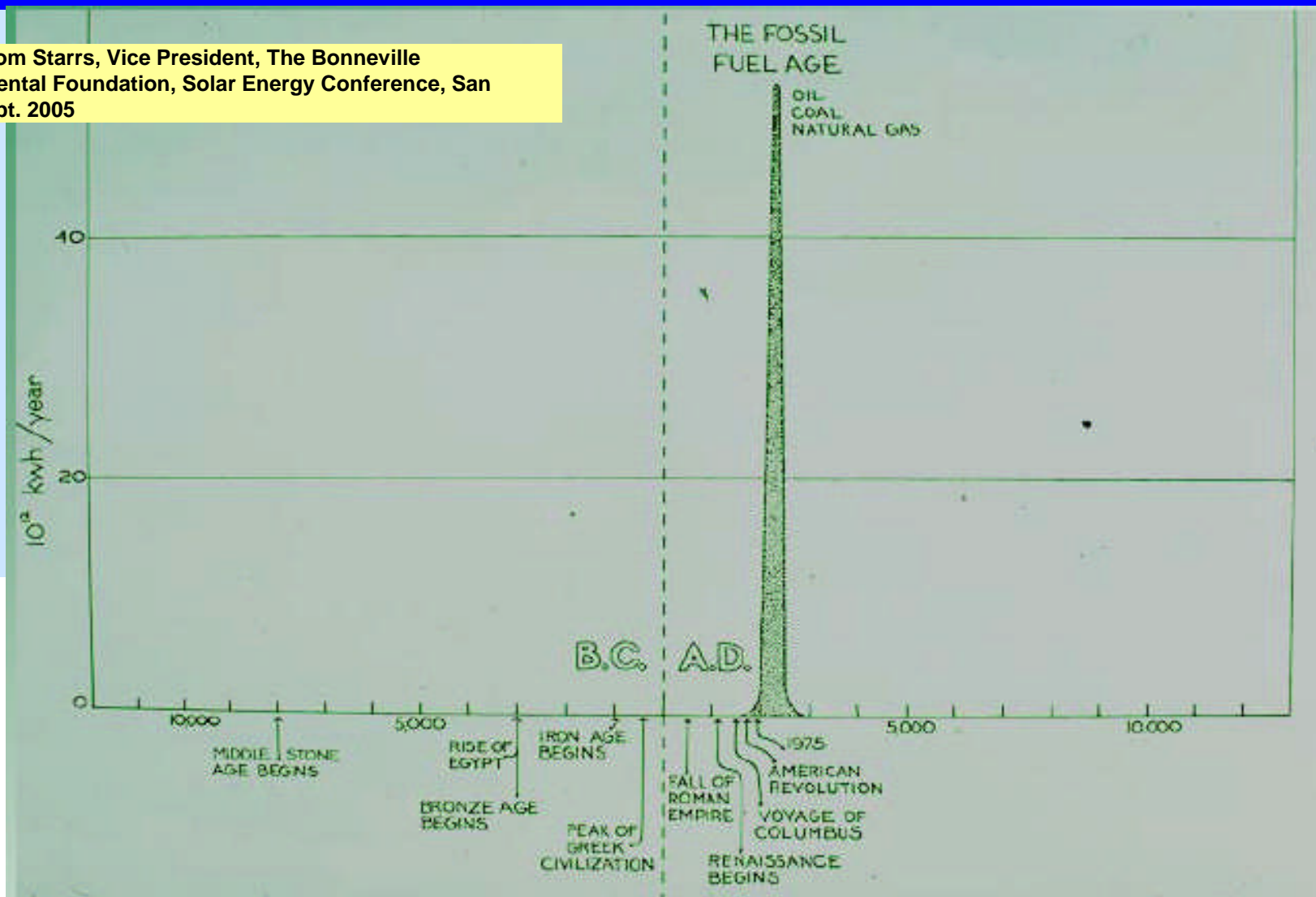




Escuela de  
Ingeniería  
Universidad  
de Chile



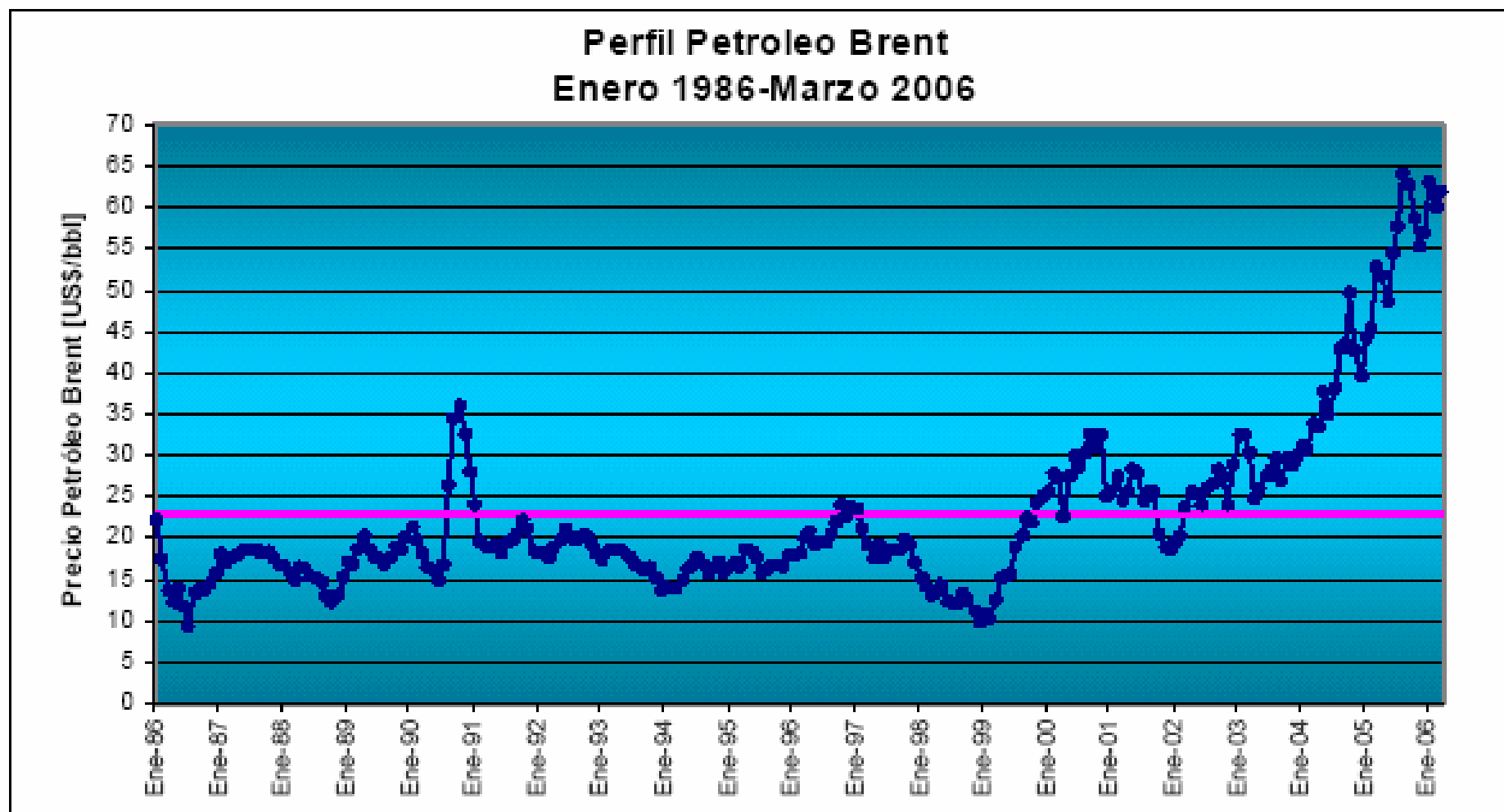
Fuente: Tom Starrs, Vice President, The Bonneville Environmental Foundation, Solar Energy Conference, San Diego, Sept. 2005





## Informe de Precio de Nudo Abril 2006

GRÁFICO N° 3: EVOLUCIÓN PETRÓLEO BRENT, PERÍODO ENERO 1986-MARZO 2006.



Fuente: Platt's. OLADE



# Los Procesos de Generación de Electricidad (X)

## • Tradicional

### Fluido

Agua  
Vapor  
Gas  
viento

### Energía mecánica

Turbina hidráulica  
Turbina a vapor  
Turbina a gas  
Turbina eólica

### Energía eléctrica

Generador sincrónico  
Generador de inducción  
con inversor

A  
B  
C

## • Otras Formas

### Energía

Química,  
Solar,  
etc.

### Tecnología asociada

Celdas de combustible  
Celdas fotovoltaicas  
Gradientes de salinidad  
etc.

### Energía eléctrica

inversor



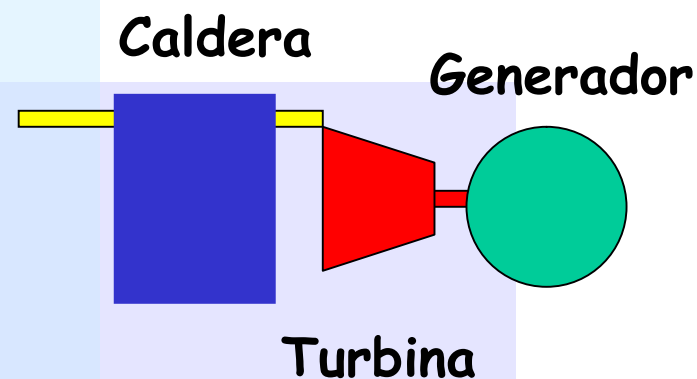
A  
B  
C





## 1.2 Alternativas de Generación (XI)

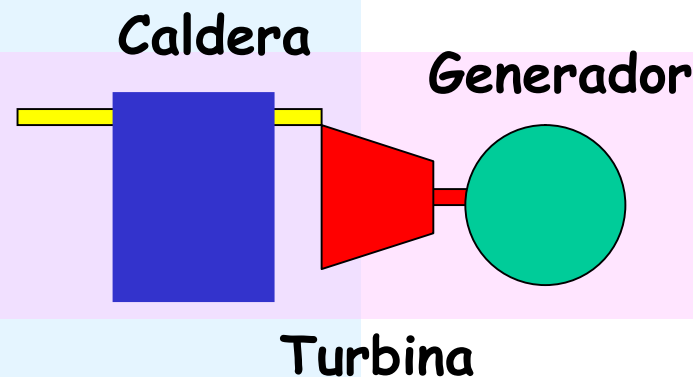
- Térmicas a Carbón, Turbina a Vapor
- Reactores Nucleares
- Hidroeléctricas
- Turbina a Gas,
- Ciclo Combinado,
- Otros: Celdas Solares, Celdas de Combustible, Biomasa', Geotermia, Eólica





## Alternativas de Generación (XII)

- Térmicas a Carbón Costo: 800-1100 US\$/kW
- Reactores Nucleares Costo: >2000 US\$/kW
- Hidroeléctricas Costo: 1000-2000 US\$/kW
- Turbina a Gas Costo: 300-500 US\$/kW
- Ciclo Combinado Costo: 500-800 US\$/kW
- Eólico Costo: 1000-1500 US\$/kW
- Geotérmico Costo: 1500-2500 US\$/kW
- Otros: Celdas Solares, Celdas de Combustible, etc.





## 1.2 Tipos de centrales generadoras de energía eléctrica (XII)

### Alternativas de Generación:

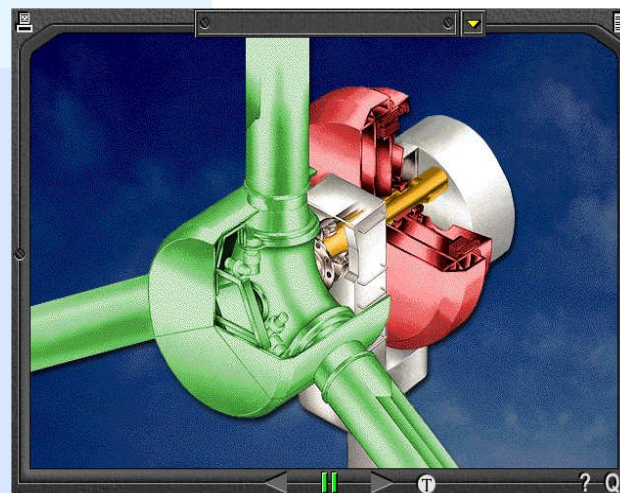
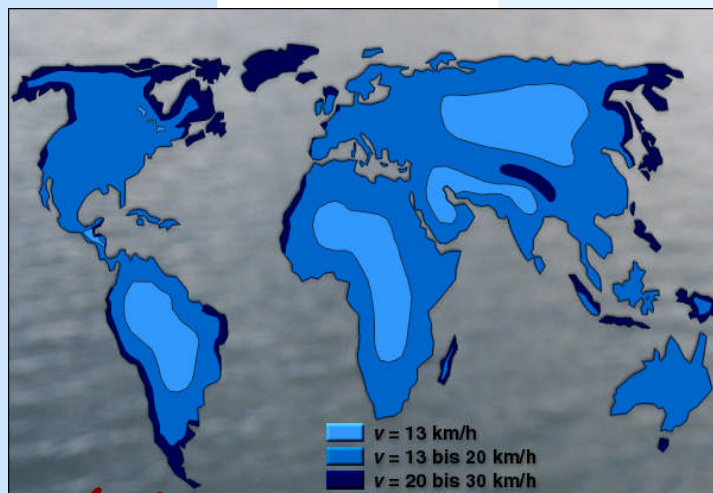
- Largest solar PV: Pocking (Germany), 10 MWp (since April 2006)
- First **wave power**: Povia de Varzim (Portugal), 2.25 MW (expected summer 2006)
- Largest **wind**: Horns Rev & Nysted (Denmark), 160 MW (since a few years)
- First **marine current**: Lynmouth (UK), 300 kW (since 2003)
- Largest **space power**: International Space Station, 78 kW (since 2000)
- Largest **nuclear**: Kashiwazaki (Japan), 8.2 GW (since 1997)
- Largest **pumped storage**: Bath County (USA), 2.1 GW (operating since 1985)
- Largest **hydro**: Itaipu (Brazil/Paraguay), 12 GW (completed 1983)
- Largest **solar thermal power**: Kramer Junction (USA), 350 MWe (since 30 years)
- Largest **tidal power**: La Rance (France), 240 MW (since 40 years)





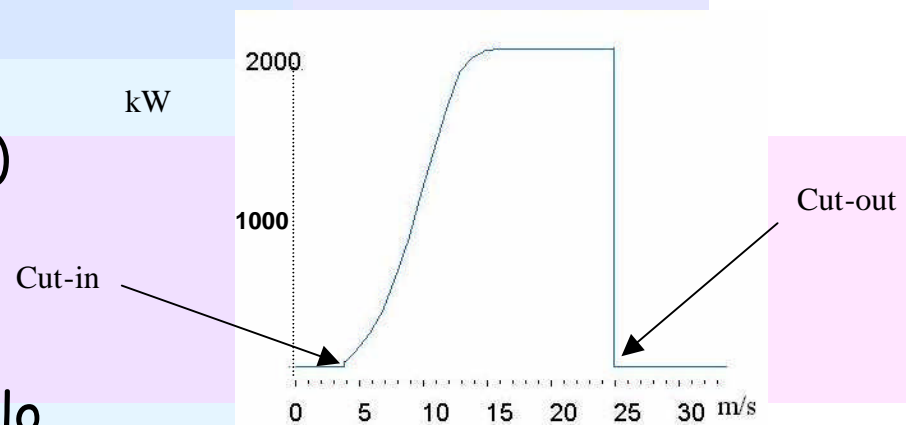
## 1.2 Tipos de centrales generadoras de energía eléctrica (XIII)

### Generación Eólica (27000 MW, 17000 en Europa)



#### • Características

- Modulares (actualmente 1MW-4MW)
- Bajo impacto en el medioambiente !!
- Costos variables de operación cero
- Analogía con central de pasada
- Tecnología en alto grado de desarrollo
- Disponibilidad = 98%,  $f_p = 35-40\%$  :



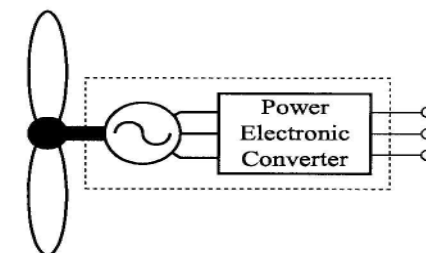
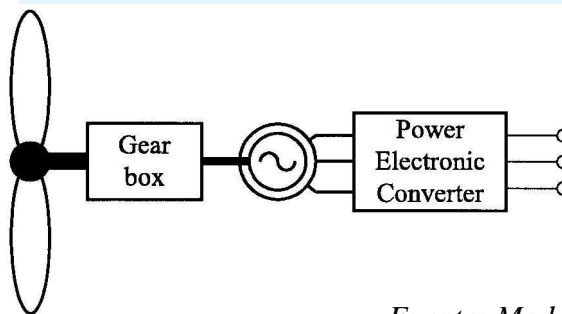
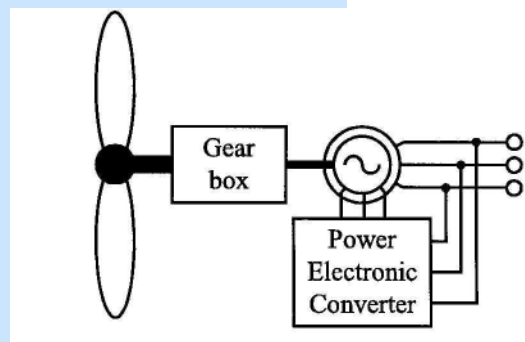
Fuente : [www.windpower.org](http://www.windpower.org)  
Curva de potencia de un aerogenerador





## 1.2 Tipos de centrales generadoras de energía eléctrica (XIV)

### Alternativas Tecnológicas de Control



*Fuente: Modeling of Wind Turbines for Power System Studies*

- *Generador de inducción con convertidor en el rotor*
- *Generador de inducción jaula de ardilla*
- *Generador sincrónico*



*Alto Baguales, Coyaique*



## 1.2 Tipos de centrales generadoras de energía eléctrica (XV)

### Alternativas Tecnológicas (Resumen)

Tipo de turbina	Perturbación al conectar a la red	Regulación de Voltaje	Flicker	Distorsión armónica	Control de reactivos
Velocidad fija / active stall-control	Moderado	No controlado	Moderado	-	Banco de condensadores
Velocidad fija / pitch-control	Moderado	No controlado	Alto	-	Banco de condensadores
Velocidad variable / generador de inducción con control de resistencia rotórica	Moderado	Controlado	Moderado	-	Banco de condensadores
Velocidad variable / generador de inducción con convertidor en el rotor	Moderado	Controlado	Bajo	Moderado	Controlado
Velocidad variable / generador conectado a través de un convertidor de potencia	Bajo	Controlado	Bajo	Moderado-Alto	Controlado



Escuela de  
Ingeniería  
Universidad  
de Chile



## 1.2 Tipos de centrales generadoras de energía eléctrica (XVI)

### Generación Eólica: Modos de Operación





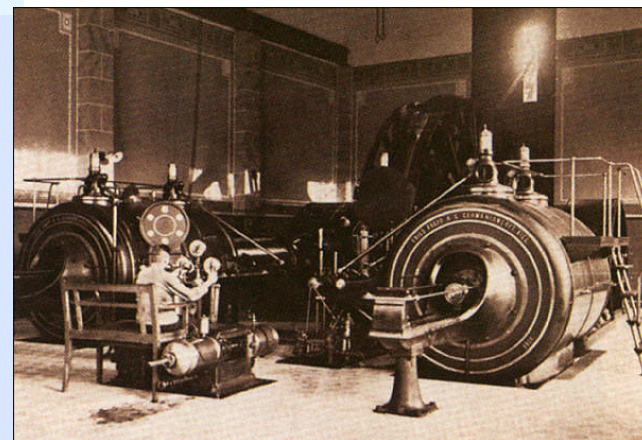
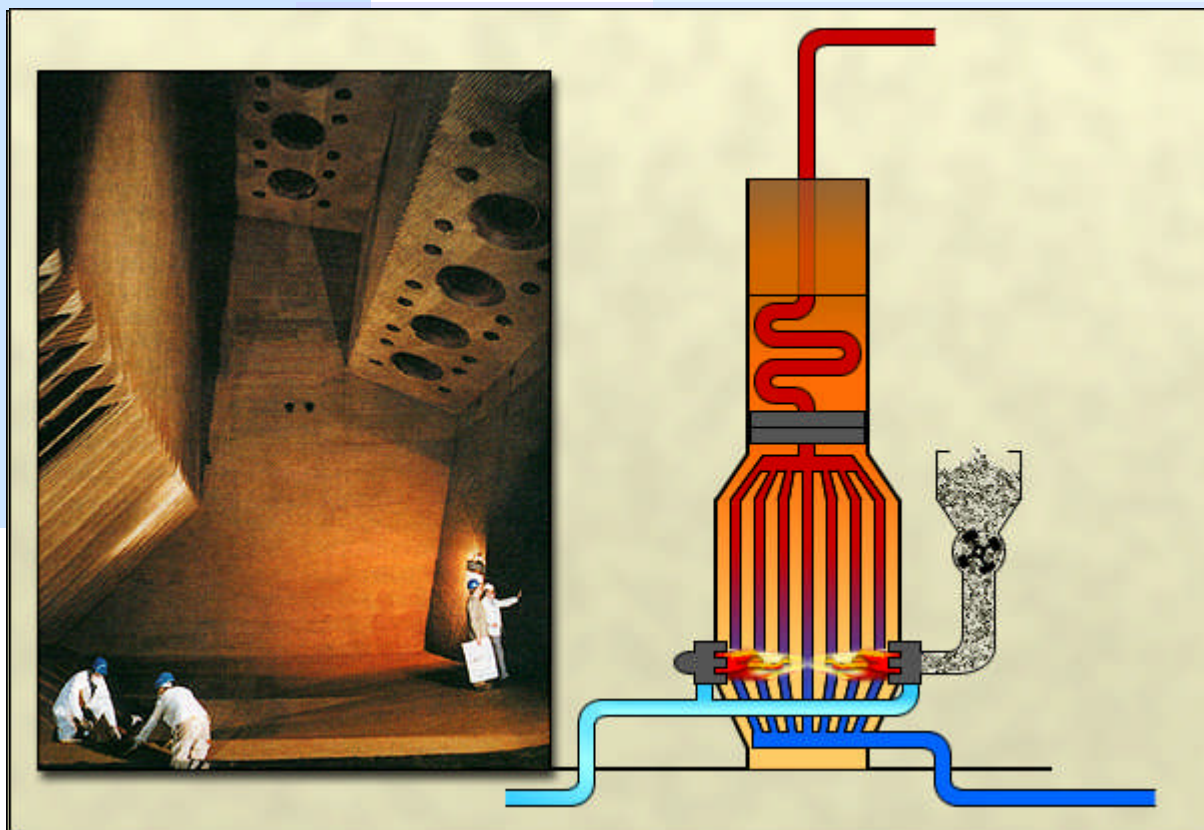


Escuela de  
Ingeniería  
Universidad  
de Chile



## 1.2 Tipos de centrales generadoras de energía eléctrica (XVII)

Térmicas a Carbón, Turbina de Vapor:





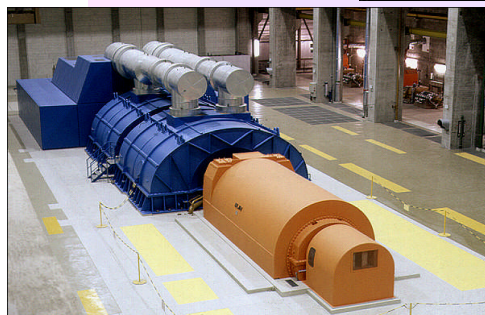
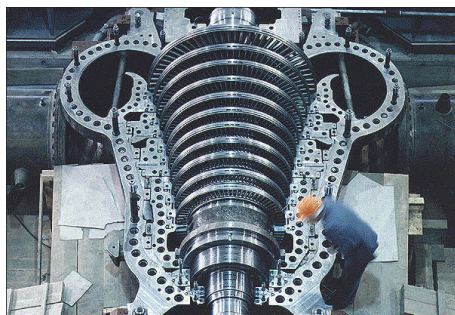
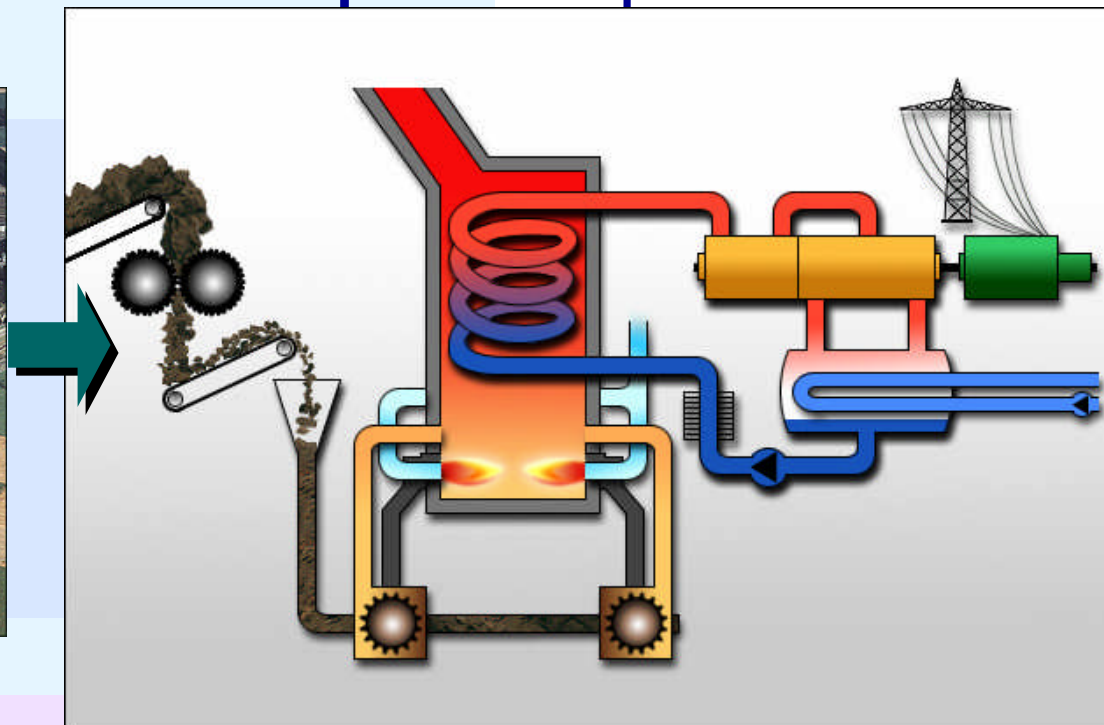
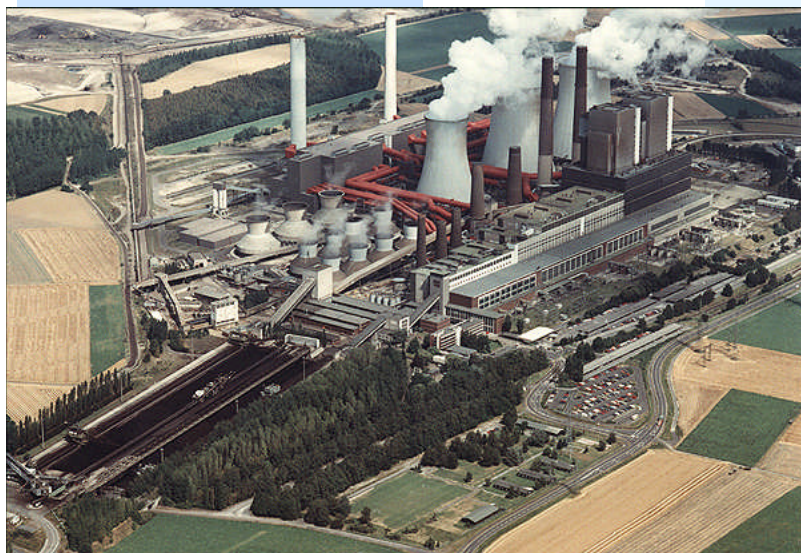


Escuela de  
Ingeniería  
Universidad  
de Chile



## 1.2 Tipos de centrales generadoras de energía eléctrica (XVIII)

### Térmicas a Carbón, Turbina de Vapor: Principio

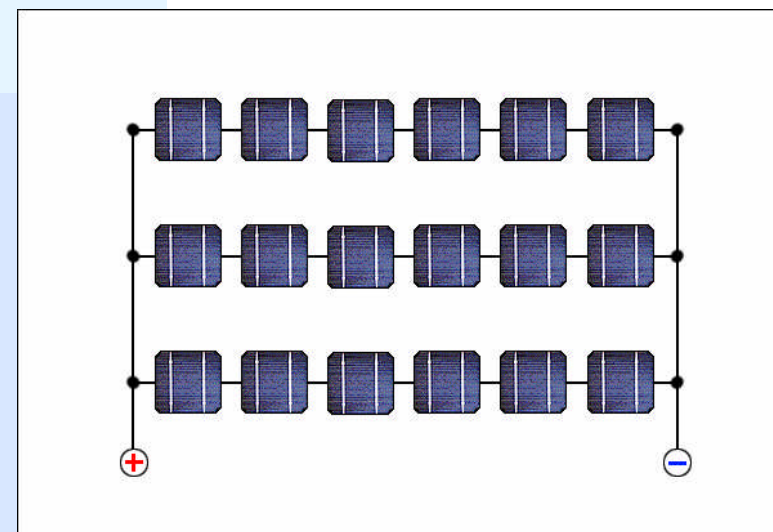
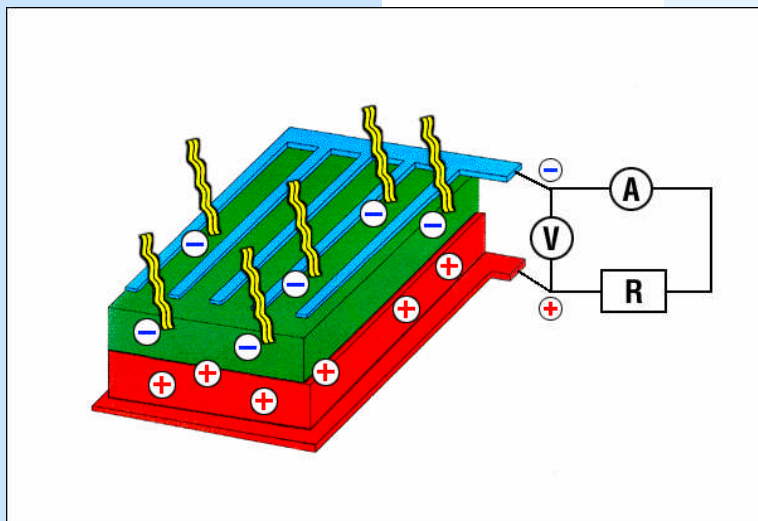




## 1.2 Tipos de centrales generadoras de energía eléctrica (XIX)

Celdas Solares: Principio de funcionamiento

Esquemas de Operación



Energía Solar: Otras Formas

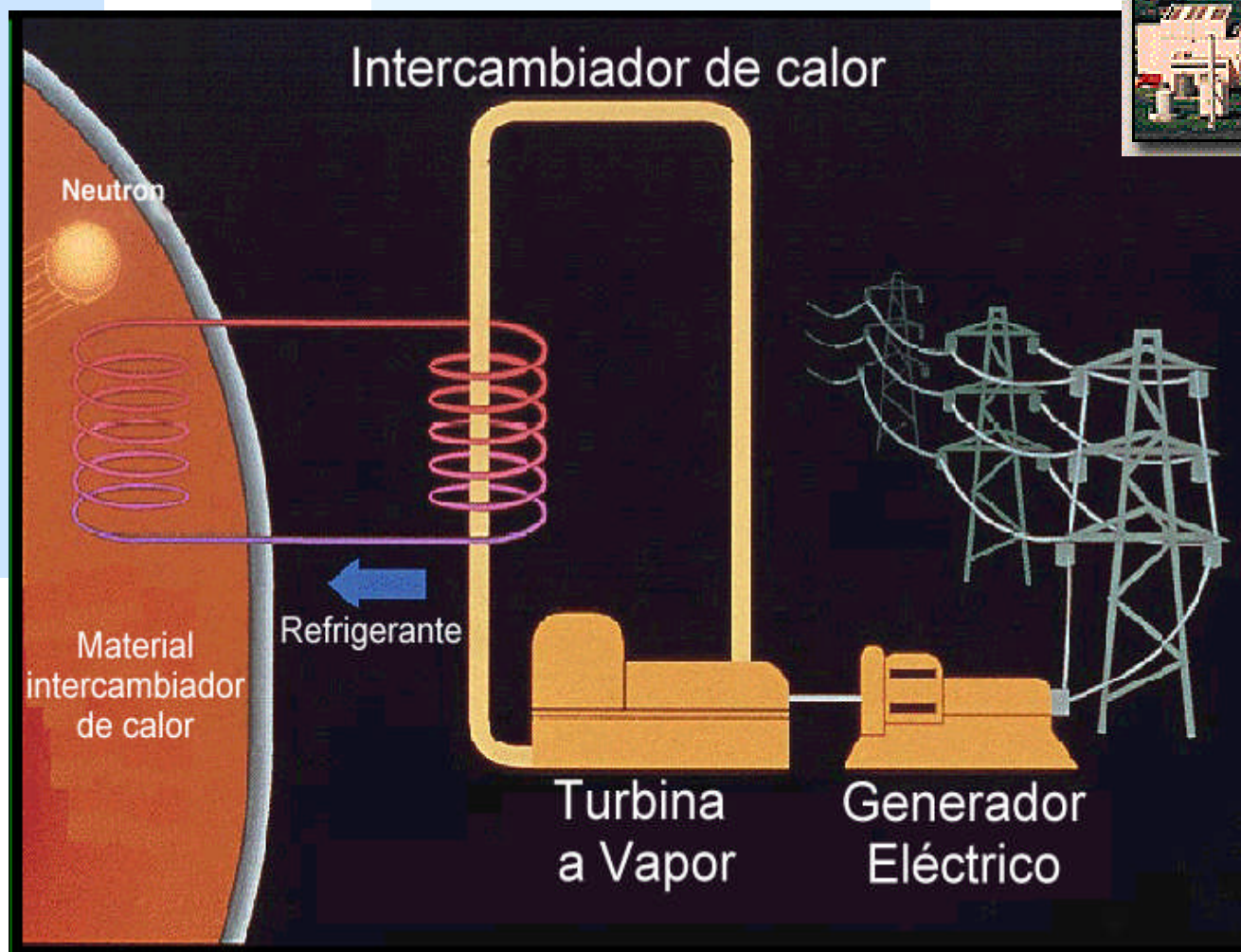
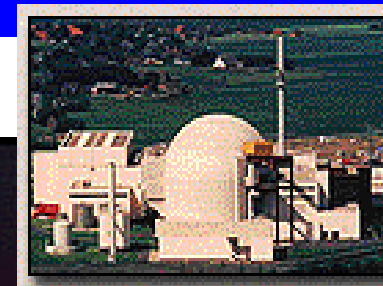






## 1.2 Tipos de centrales generadoras de energía eléctrica (XX)

### Fusión/Fisión Nuclear:





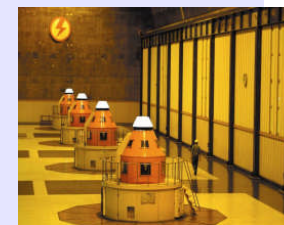
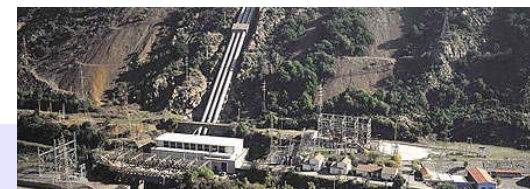
## 1.2 Tipos de centrales generadoras de energía eléctrica (XXI)

**Generación Hidráulica:**  
(700000 MW, 21 % capacidad mundial de generación)

- **Tipos de Centrales:**

- aprovechan caudal del río (pasada, mixtas)
- represa/embalse natural desde una cierta altura
- de bombeo
- mareomotriz
- marinas

- **Tipos de Turbinas:**



Pelton



Francis



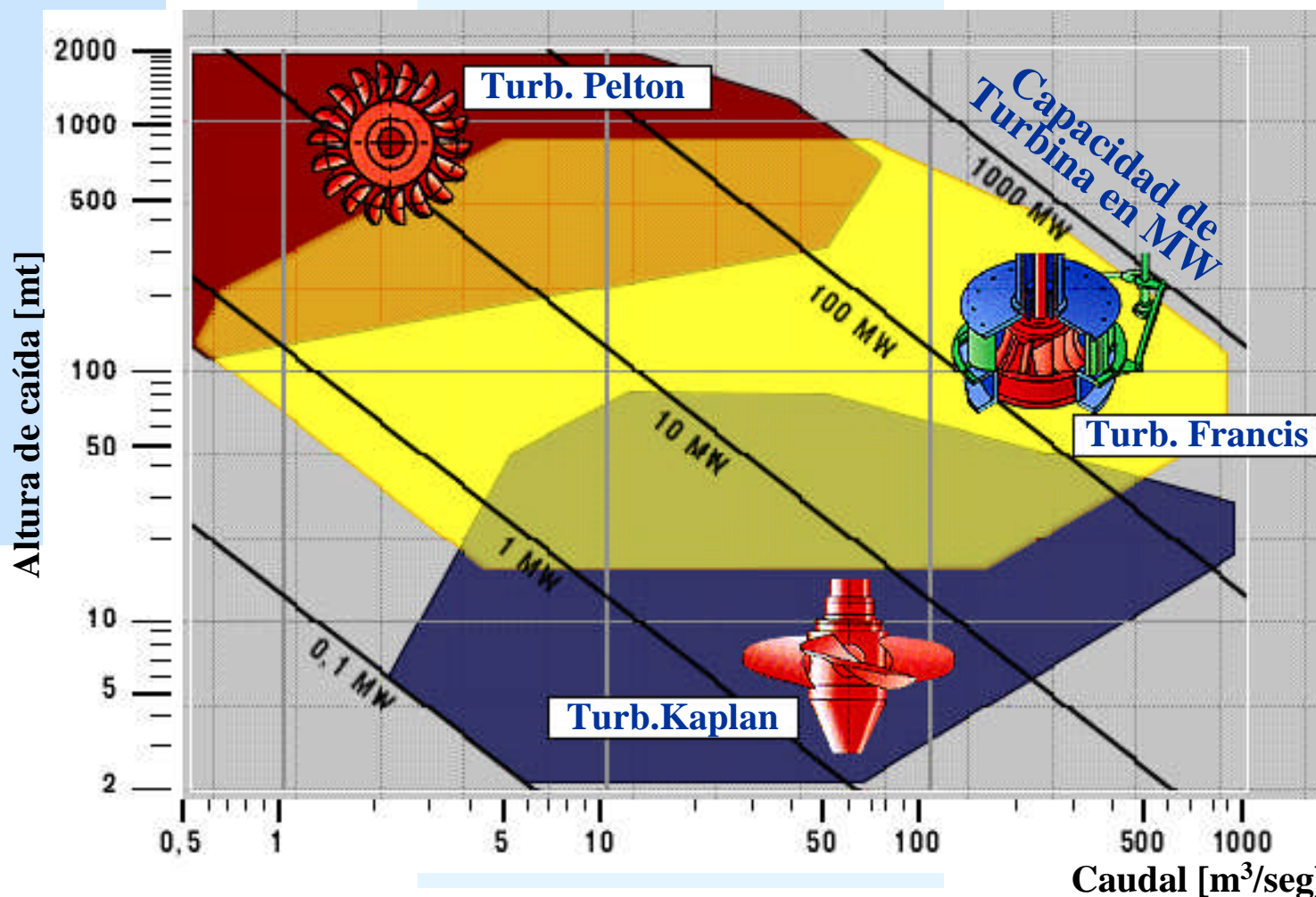
Kaplan

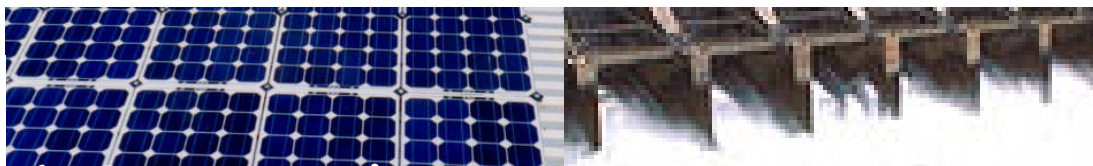




## 1.2 Tipos de centrales generadoras de energía eléctrica (XXII)

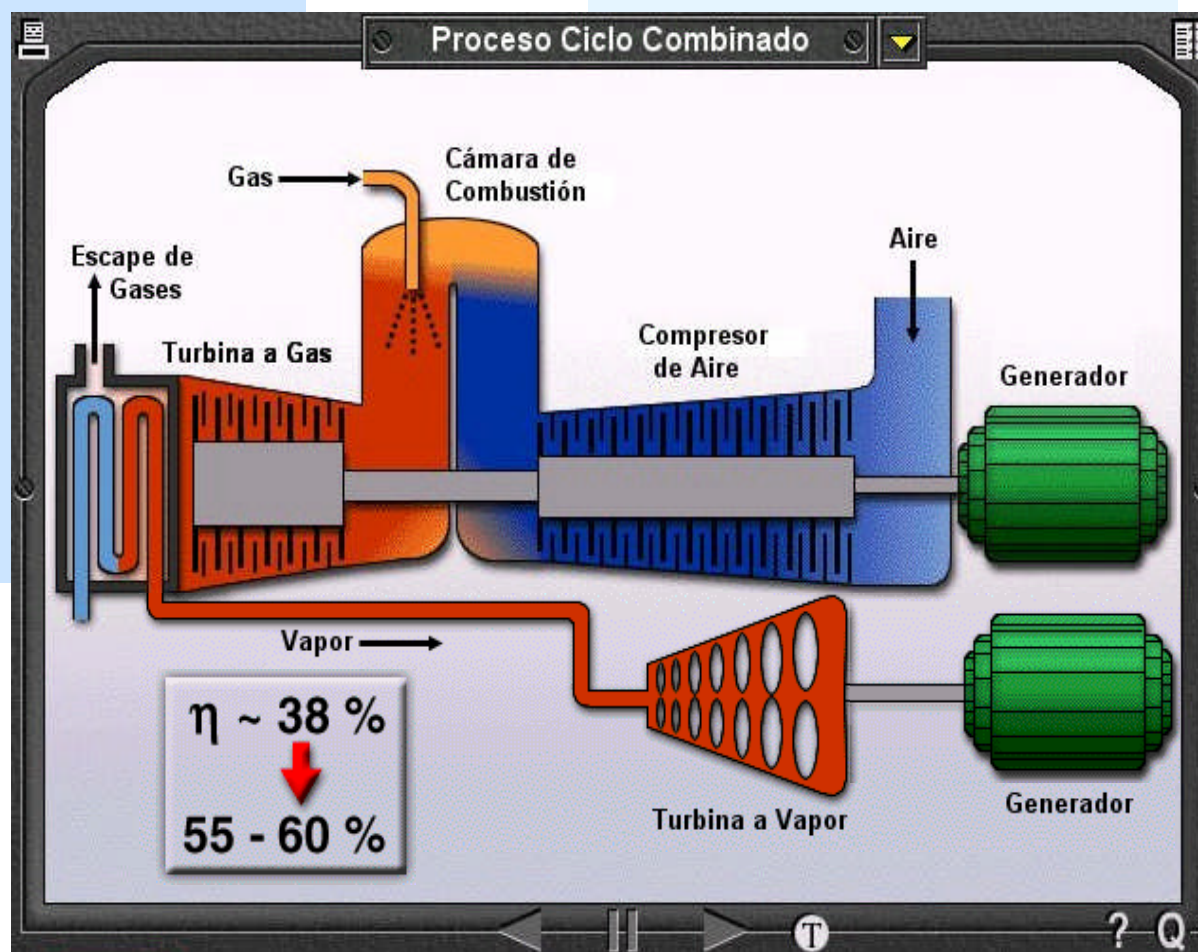
### Turbinas Hidráulicas: Ambitos de Aplicación





## 1.2 Tipos de centrales generadoras de energía eléctrica (XXIII)

### Ciclo Combinado: Principio de funcionamiento





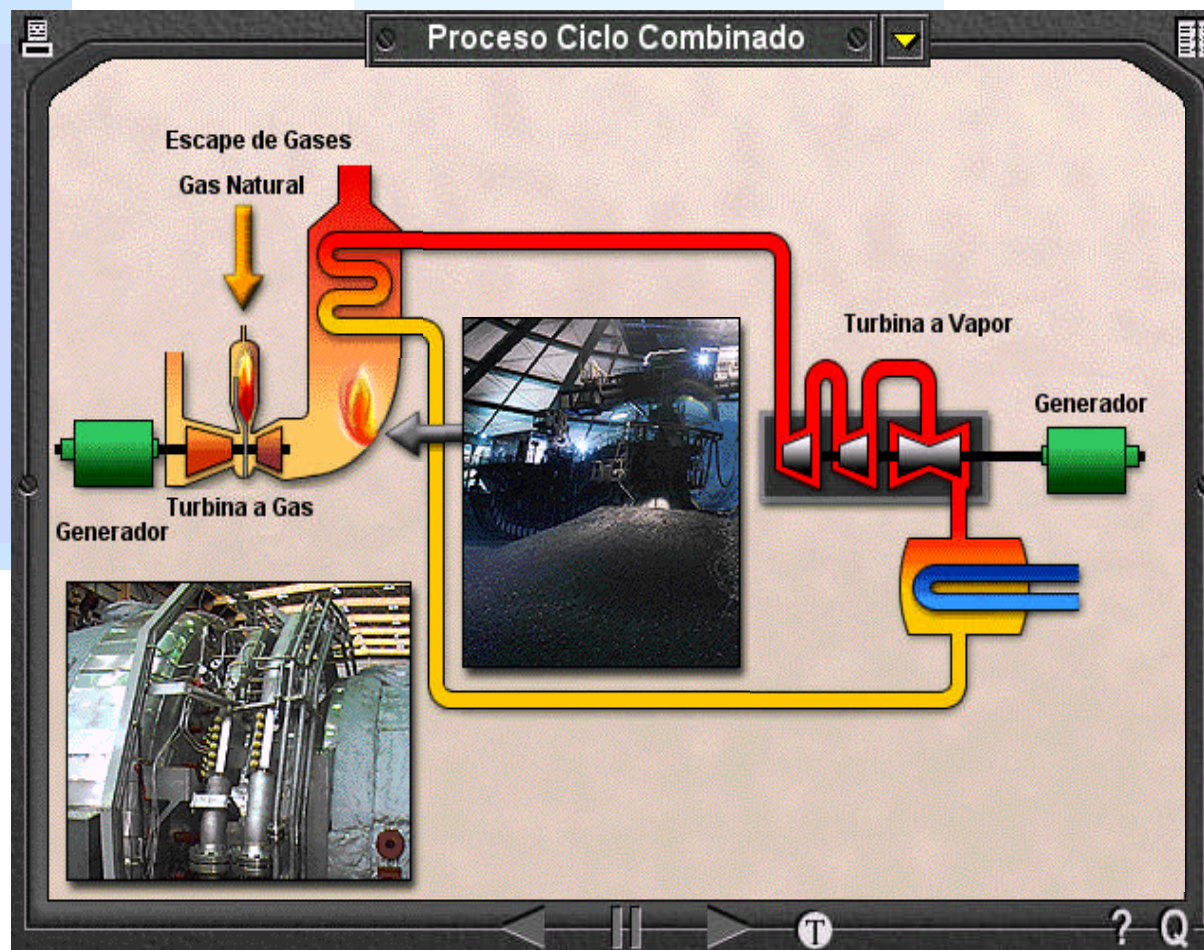


Escuela de  
Ingeniería  
Universidad  
de Chile



## 1.2 Tipos de centrales generadoras de energía eléctrica (XXIV)

### Ciclo Combinado: Modos de Operación I

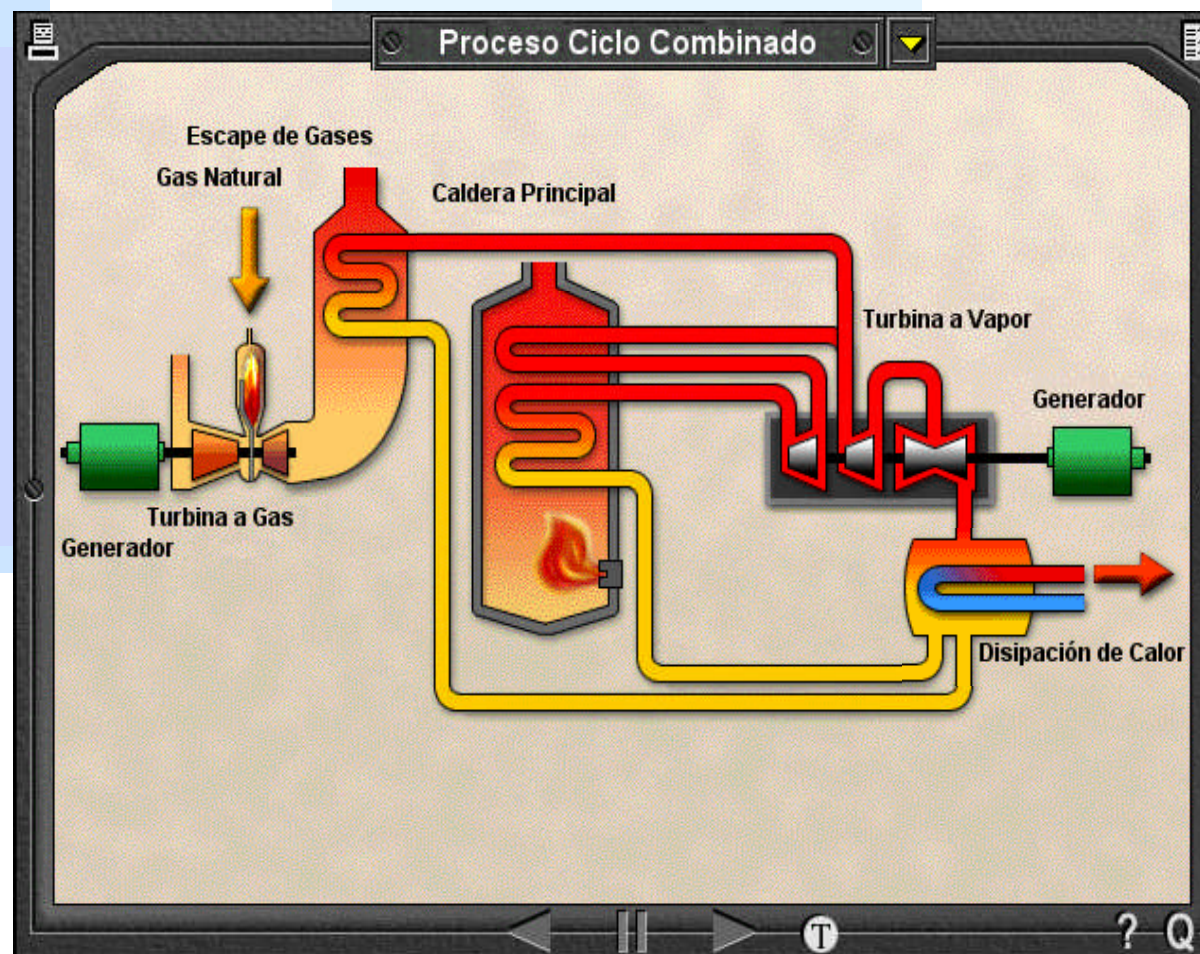






## 1.2 Tipos de centrales generadoras de energía eléctrica (XXV)

### Ciclo Combinado: Modos de Operación II











Escuela de  
Ingeniería  
Universidad  
de Chile



## CARACTERIZACION TECNOLOGIAS: Energía Solar

- En el desierto Mojave de California.
- En operación por dos décadas
- 9 plantas con un total de 350 MWe

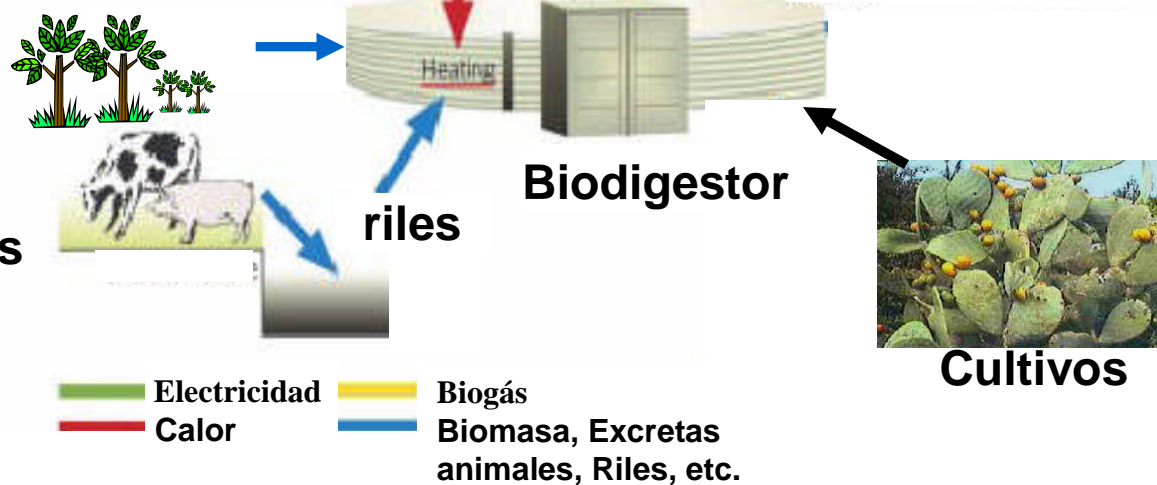




The diagram illustrates various sources of biomass for energy production. At the top, a horse, trees, a factory, and a city are shown. Arrows indicate the flow of biomass from these sources to a central green oval labeled 'BIOMASA'. A yellow box at the bottom right indicates a power output of '0.5- 70 MW'.

## Desechos agrícolas y forestales

## Industria de alimentos







## 1.2 Tipos de centrales generadoras de energía eléctrica (XXVI)

### Celda de Combustible: Principio de Funcionamiento







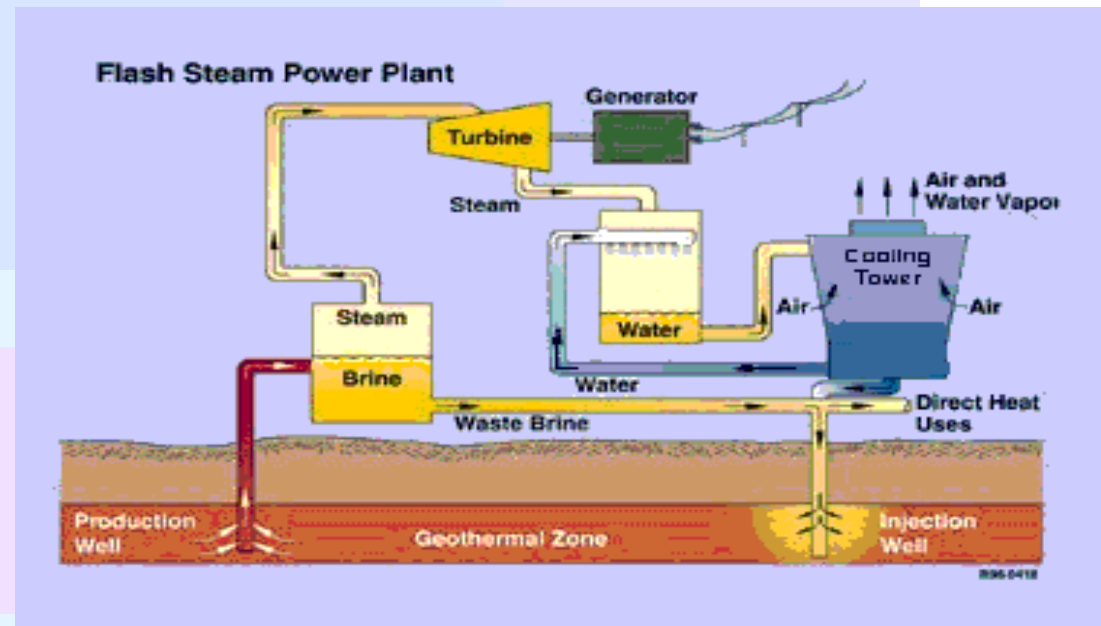
## 1.2 Tipos de centrales generadoras de energía eléctrica (XXVII)

### Geotermia:

**Tipos de tecnologías:** "Flash", "Vapor seco", "Binaria" y de "Roca Seca". La elección de una de estas tecnologías depende de la conjunción de distintas características del yacimiento geotérmico, entre las que cabe mencionar:

- Existencia o no de agua en forma natural en la fuente de calor geotérmico,
- Características químicas del agua existente en el yacimiento,
- Temperatura de la fuente de calor geotérmico,
- Profundidad de la fuente de calor.

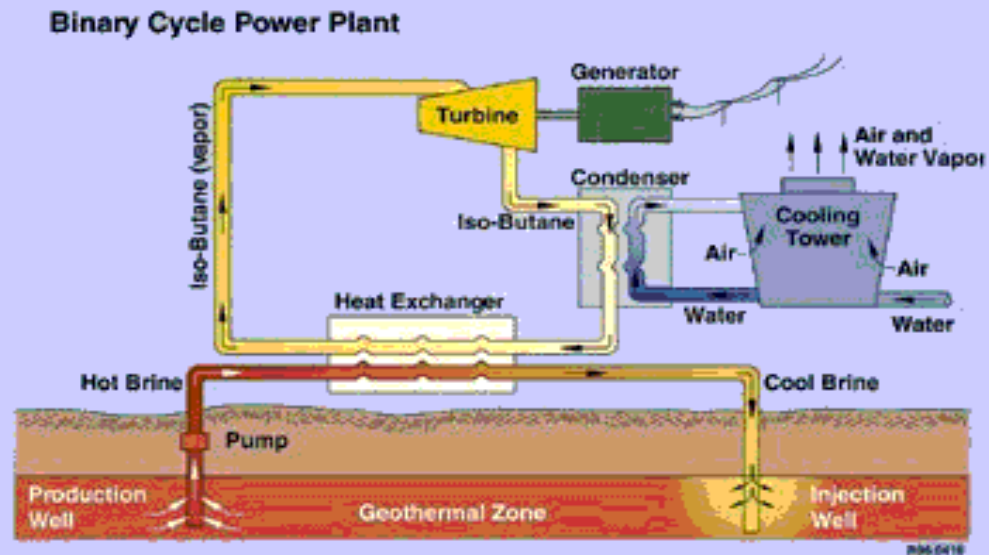
#### • Flash





## 1.2 Tipos de centrales generadoras de energía eléctrica (XXVIII)

### • Ciclo Binario



### • Características

- Modularidad
- Altos Costos de Inversión
- En general bajo impacto en el medioambiente
- Costos variables de operación cercanos a cero
- Analogía con central de pasada



## Diferenciaciones usadas para centrales (XXIX)

- Potencia o capacidad nominal ( $P_{nom}$ )
- Potencia o capacidad máxima ( $P_{max}$ )
- Potencia mínima ( $P_{min}$ )
- Potencia instalada (en central) ( $P_{inst}$ )
- Potencia media ( $P_{med}$ )
- Potencia garantizada,
- Factor de planta ( $F_{pl}$ )
- Factor de utilización ( $F_{utl}$ )