



fcfm

Ingeniería Eléctrica
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

ingendesa



EL57A – SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA I



Pablo Medina Cofré

17-08-2010



fcfm

Ingeniería Eléctrica
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

ingendesa

Breve recorrido por la historia de los SEP's

- Un sistema eléctrico se divide clásicamente en tres áreas
 - Generación.
 - Transmisión.
 - Distribución.





Breve recorrido por la historia de los SEP's

- **Primeros pasos de la generación corriente continua:**
 - **1820:** Volta genera electricidad juntando metales diferentes a través de una solución salina.
 - **1823:** Abdicación de O'Higgins.
 - **1831:** Michael Faraday da los primeros pasos en la construcción de un generador de CC o dínamo.
 - **1867:** Siemens y Westinghouse inventan en paralelo los primeros dínamos con aplicaciones prácticas.
- **El principal consumo en un principio fue "iluminación".**
 - Entre 1878 y 1879, **Edison** inventó una lámpara que fue capaz de trabajar por aproximadamente 13 horas.
 - En sudamérica, se daba inicio a la guerra del pacífico.
 - **1883:** Iluminación de la Plaza de armas de Santiago (Portal Fernández Concha).
- **En 1882 aparece el primer "sistema eléctrico".**



fcfm

Ingeniería Eléctrica
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

ingendesa

Breve recorrido por la historia de los SEP's

- En 1882, Martin Deprez realiza experimentalmente transmisión de CC (1,1 kW, 1400 V, 57 km). Su rendimiento fue del 22%.
- Concepto de transmisión como lo conocemos no nace hasta la aparición de la corriente alterna.
- Personaje "clave del día": [Nikola Tesla](#).

HALL OF FAME / inventor profile



Nikola Tesla

Born Jul 10 1856 - Died Jan 7 1943

Electro-Magnetic Motor Alternating Current

Patent Number(s) 381,968

Inducted 1975

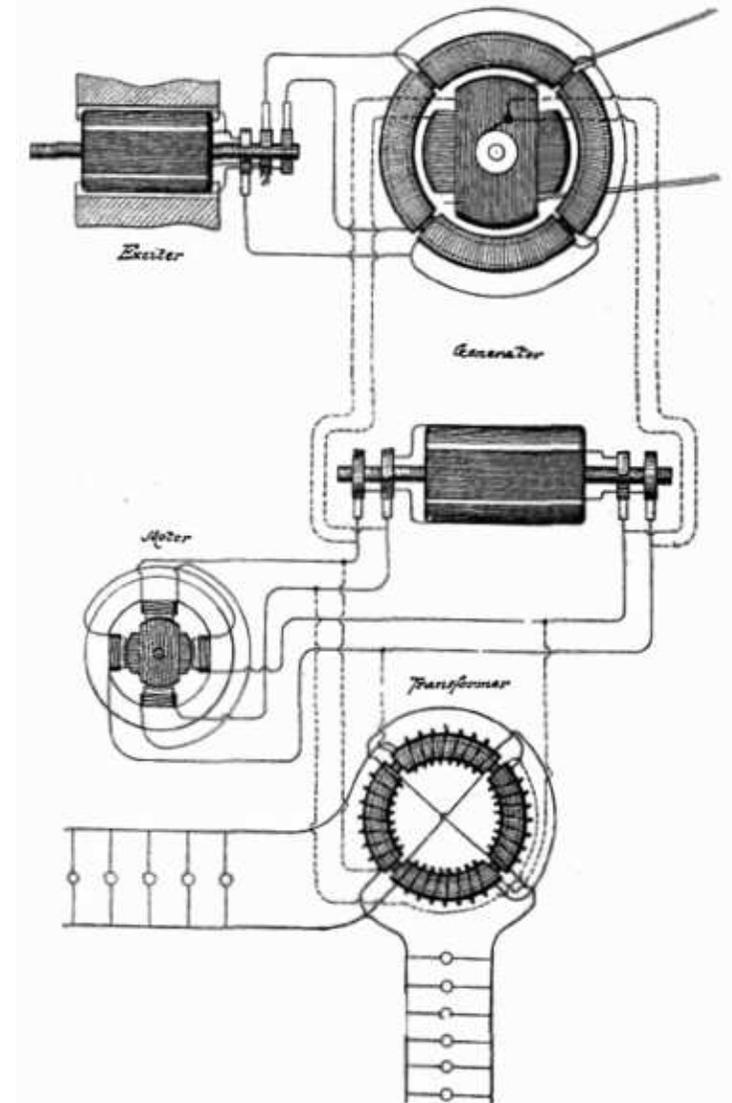
Nikola Tesla invented the induction motor with rotating magnetic field that made unit drives for machines feasible and made AC power transmission an economic necessity.

In 1887 and 1888 Tesla had an experimental shop at 89 Liberty Street, New York, and there he invented the induction motor. He sold the invention to [Westinghouse](#) in July 1888 and spent a year in Pittsburgh instructing Westinghouse engineers.



Breve recorrido por la historia de los SEP's

- **George Westinghouse:** inicios del uso masivo de C.A.
- Se sustentó principalmente en la patente de Tesla de "sistema polifásico"
- **Westinghouse- Tesla vs Edison:** "Guerra de corrientes".
- **Sistema AC** es el utilizado mayoritariamente en el mundo.
- ¿Por qué entonces existen proyectos HVDC?... Pronto.





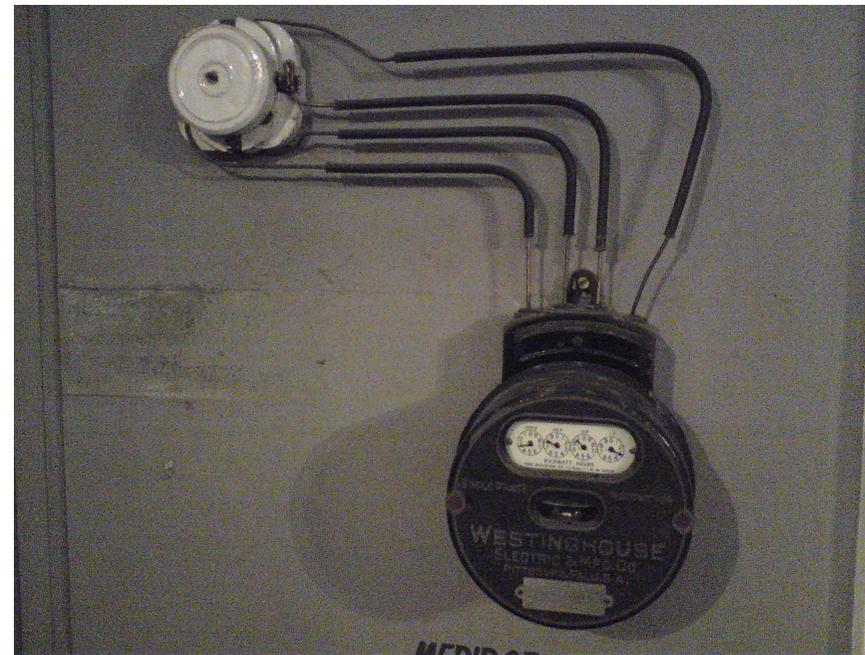
fcfm

Ingeniería Eléctrica
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

ingendesa

Breve recorrido por la historia de los SEP's

- **Medidor eléctrico de corriente alterna monofásico, Iquique.**
 - **Westinghouse.**
 - **100 Volts.**
 - **60 Hz.**
 - **20 [A].**
 - ***Año: 1892.***
- **Importante: Westinghouse crea el primer medidor de "amperes-hora" de C.A. en 1888.**



Gentileza: Museo regional de Iquique
(Orietta Ojeda)

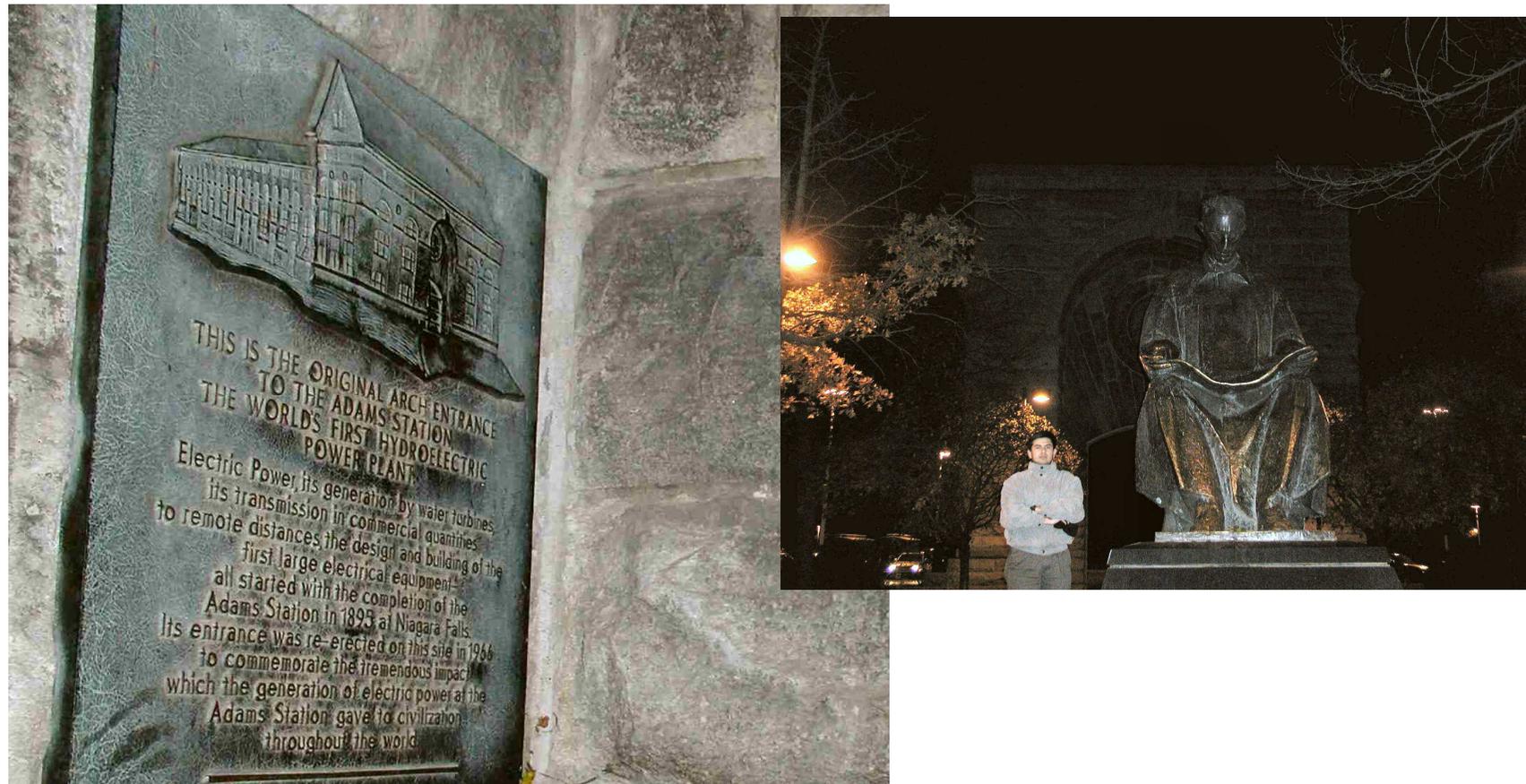


fcfm

Ingeniería Eléctrica
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

ingendesa

Breve recorrido por la historia de los SEP's



- **Adams Station entra en operaciones en 1895 (Estado de New York, Niagara Falls, frontera con Canadá).**



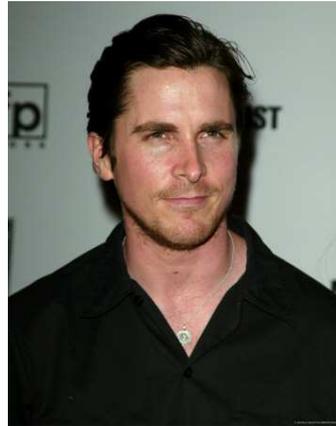
fcfm

Ingeniería Eléctrica
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

ingendesa

Minuto Pop

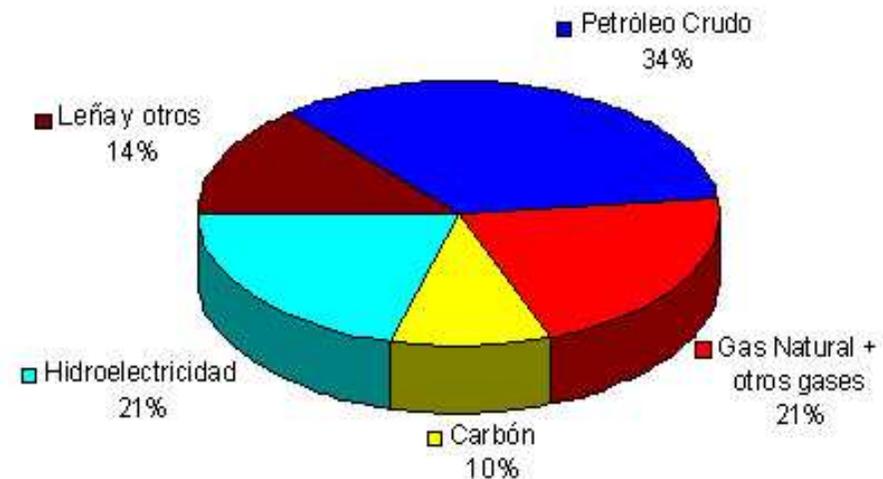
- ¿Qué personaje de la historia de los sistemas eléctricos de potencia relaciona a los siguientes artistas?





Matriz energética en Chile.

- **Energía primaria: No hay transformación**
 - **No Renovables (uso limitado en el tiempo).**
 - **Petróleo.**
 - **Gas.**
 - **Nuclear.**
 - **Renovables (uso sustentable en el tiempo)**
 - **Eólica.**
 - **Hidráulica.**
 - **Solar**





Matriz energética en Chile

- **Energía secundaria: Proviene de un centro de transformación .**

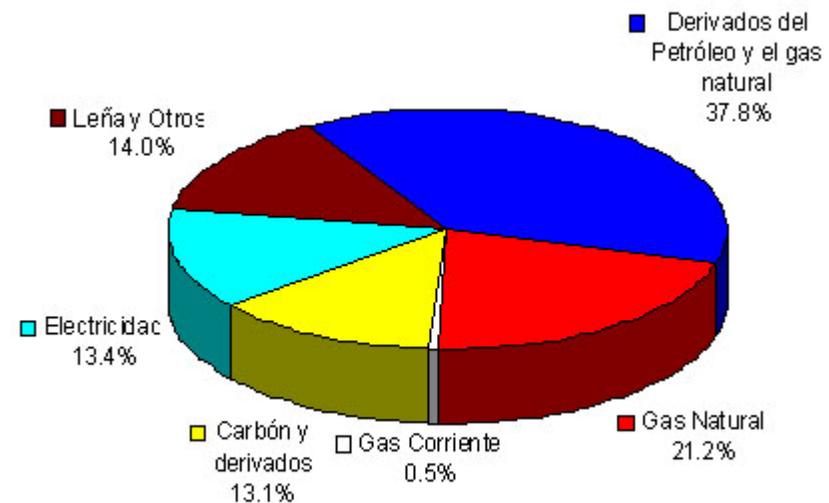
Energético Fuente	Energético Secundario
Petróleo Crudo	Petróleos Combustibles, Alquitrán, Diesel, Gasolina 93, 95 y 97, Gasolina de Aviación, Kerosene de Aviación, Kerosene, Nafta, Gas licuado (GLP), Gas de refinería, Coque de petróleo (Petcoke)
Carbón mineral	Coque mineral, Gas Coque, Gas de Altos Hornos, Alquitrán.
Gas natural	Metanol, Gas Licuado (GNL)
Petróleo Combustible, Diesel, Gas Natural, Carbón, Biomasa, Hídrico, Biogas, Eólica, Solar	Electricidad.
Gas Licuado, Gas Natural	Gas de ciudad
Biomasa	Biogás



Matriz energética en Chile

- **Más sobre energía secundaria.**
 - La energía secundaria llega a un consumidor final.
 - Leña, gas, entre otros, se incluyen también en esta lista.
 - Estos últimos también son “tratados”.

- Ver [balance energético](#)





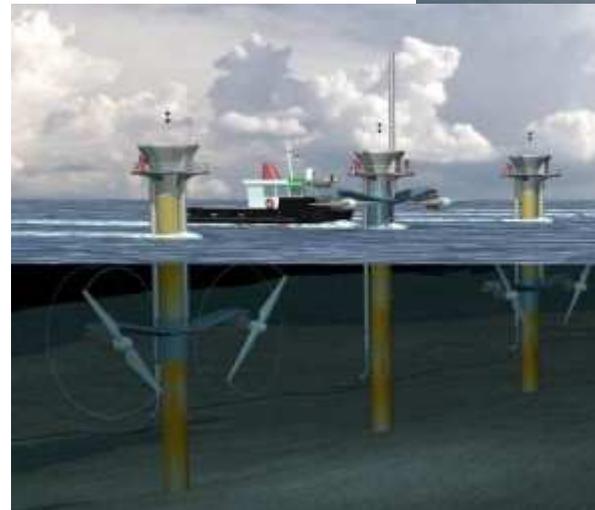
fcfm

Ingeniería Eléctrica
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

ingendesa

Generación eléctrica

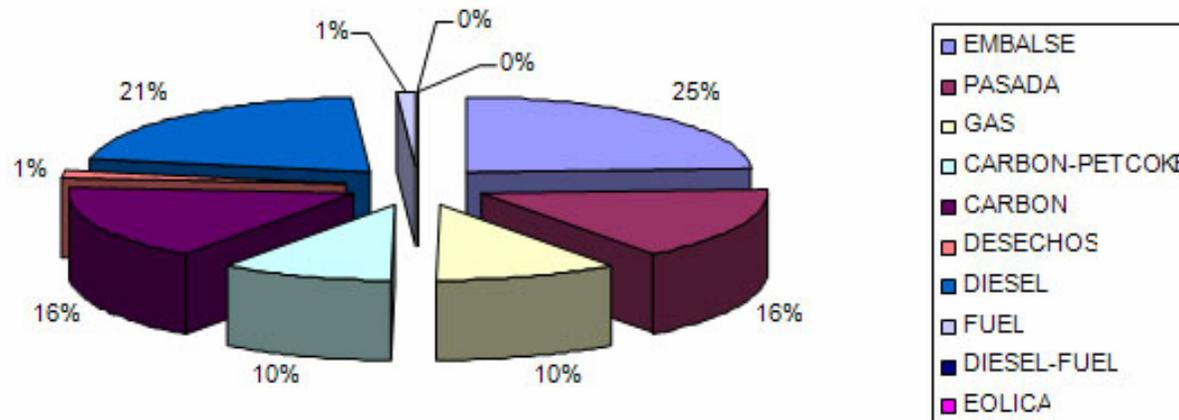
- **Interés mundial por nuevas formas de generación de electricidad:**
 - Solar.
 - Celdas de combustible.
 - Maremotriz.
- **En Chile generamos principalmente a partir de:**
 - Centrales hidroeléctricas.
 - Centrales térmicas.
 - Centrales eólicas.
- **El futuro es "todo", y está a la vuelta de la esquina.**





Generación en Chile.

- Según CNE:

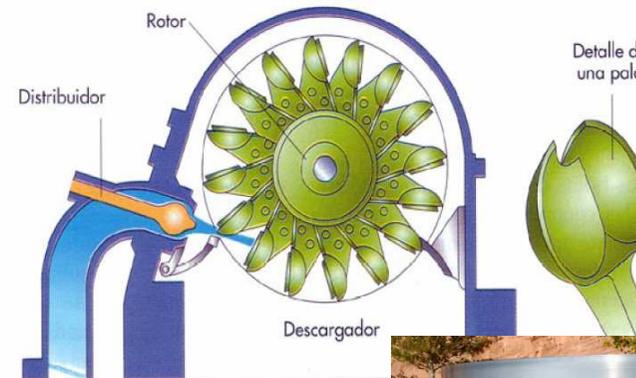


- ¿Diversidad de la matriz?
- Situación mostrada es a nivel nacional.



Centrales hidráulicas

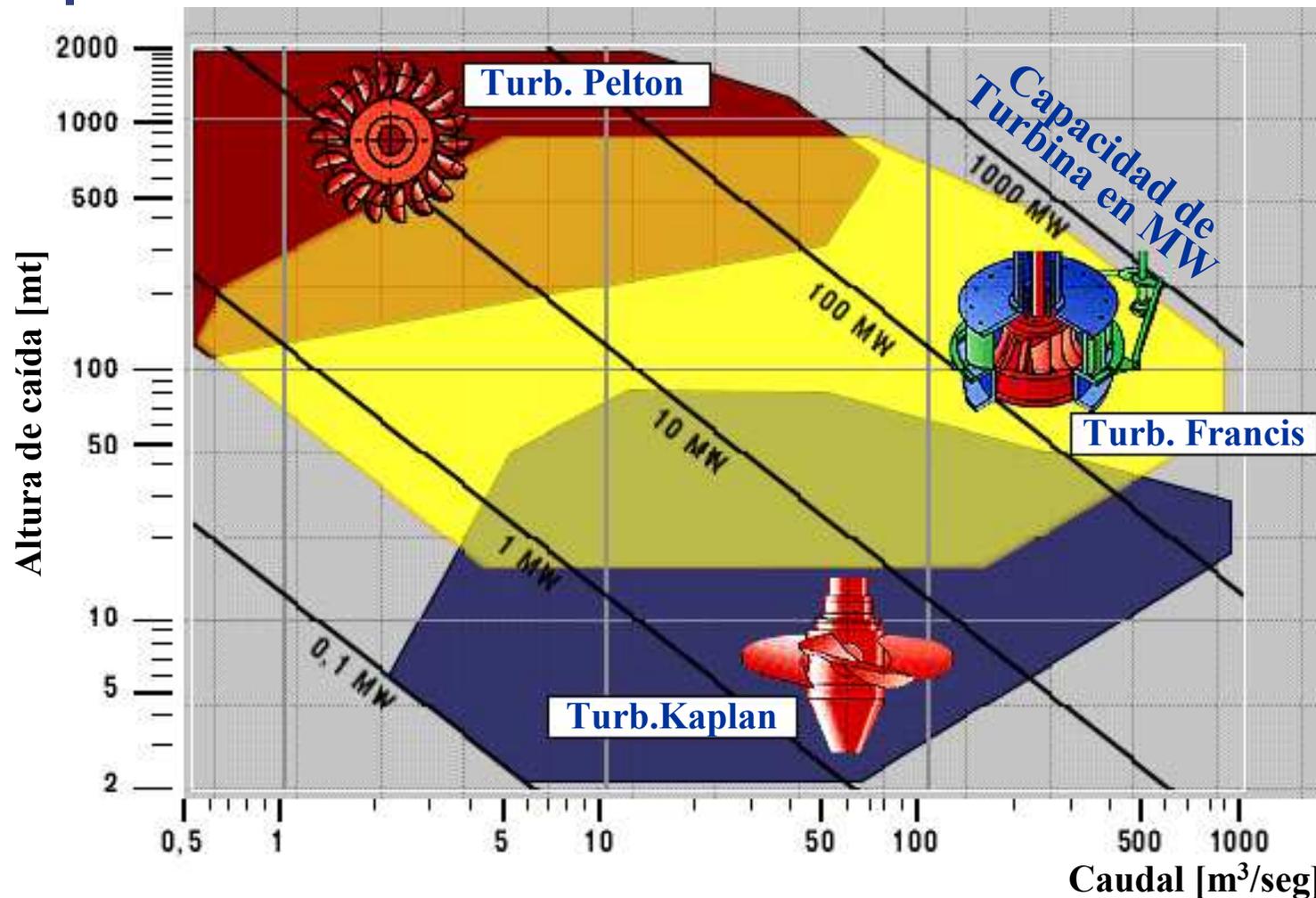
- **Dependiendo de cómo aprovechan la energía del agua, las hay:**
 - De Embalse.
 - De Pasada.
 - Mixtas.
 - Maremotrices.
- **Tres tipos de turbinas**
 - Pelton.
 - Francis.
 - Kaplan.

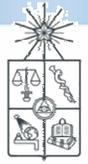




Centrales hidráulicas

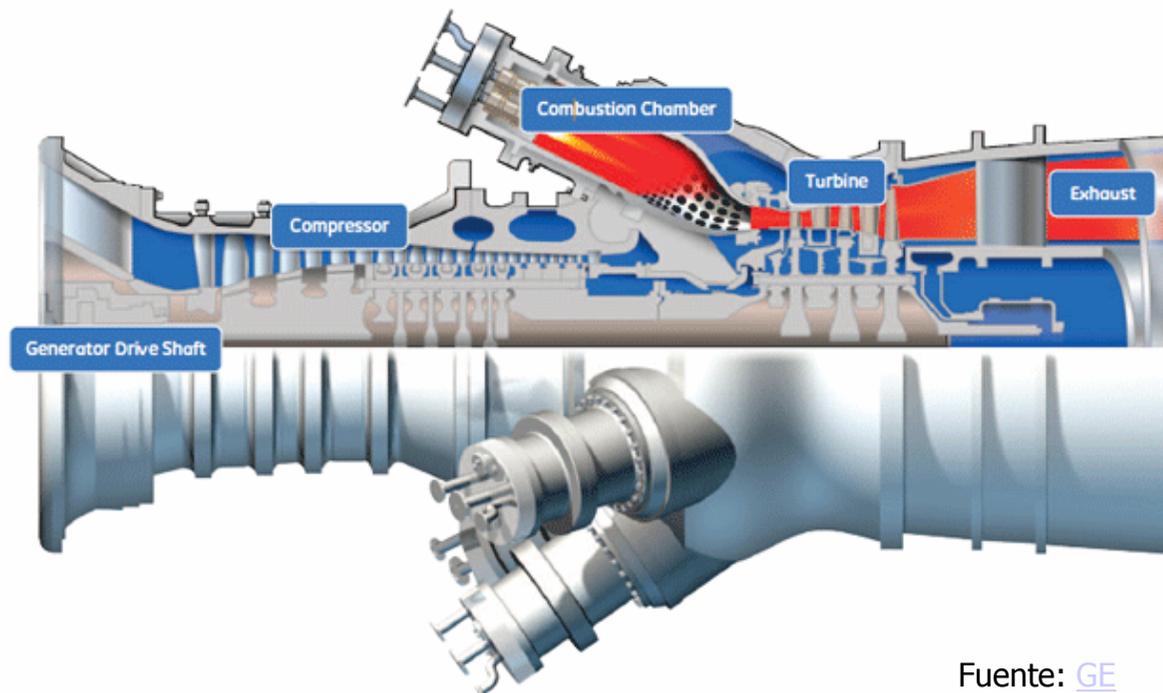
- **Aplicaciones de las turbinas**



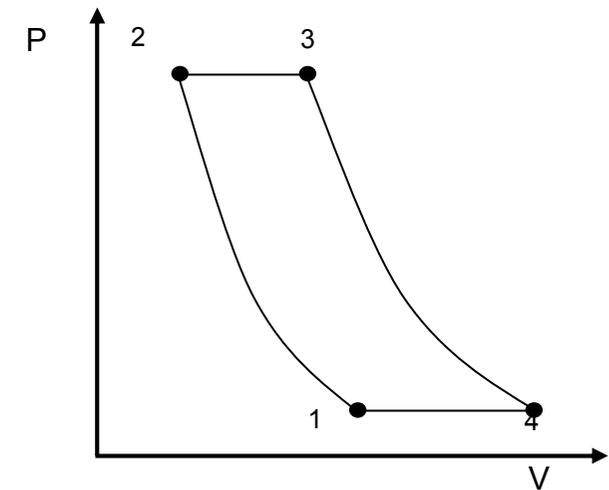


Centrales térmicas.

- Turbinas a gas. (ciclo de Brayton)



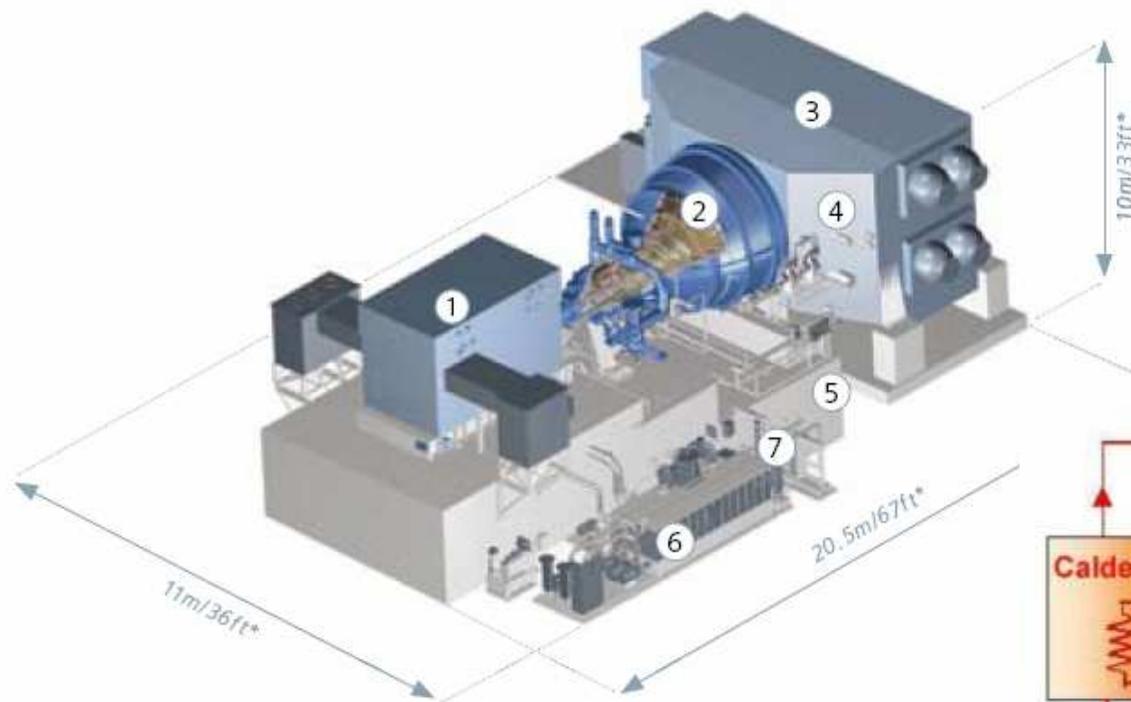
Fuente: [GE](#)



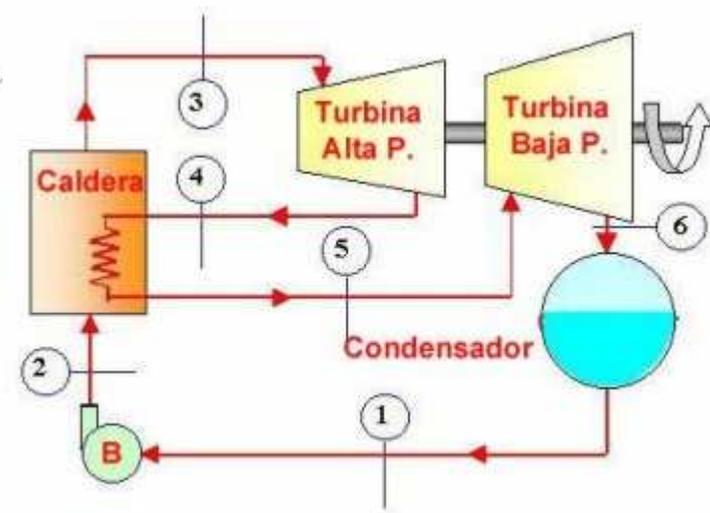


Centrales térmicas.

- **Turbinas a vapor. (ciclo de Rankine)**



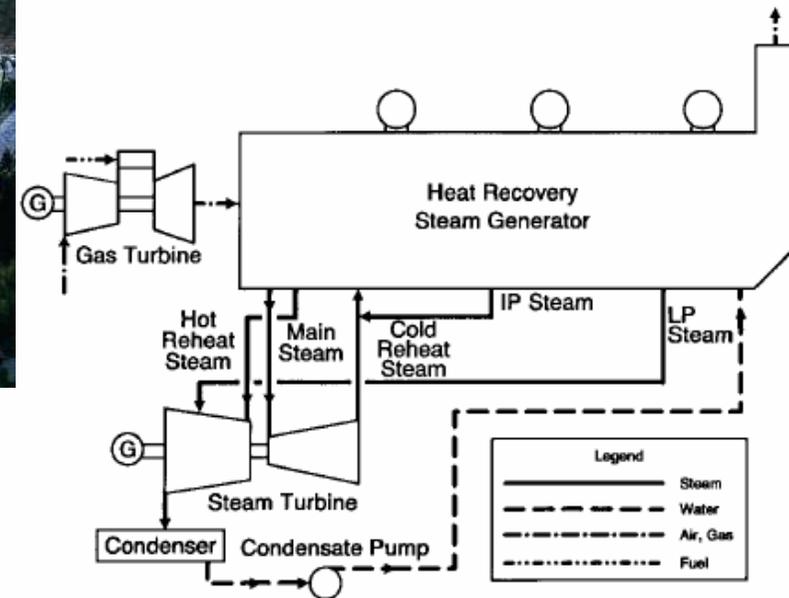
- | | |
|-------------------------|--------------------|
| 1 Generator | 5 Gland steam unit |
| 2 Steam turbine | 6 Lube oil unit |
| 3 Condenser | 7 Hydraulic unit |
| 4 Gland steam condenser | |





Centrales térmicas

- **Ciclo combinado**

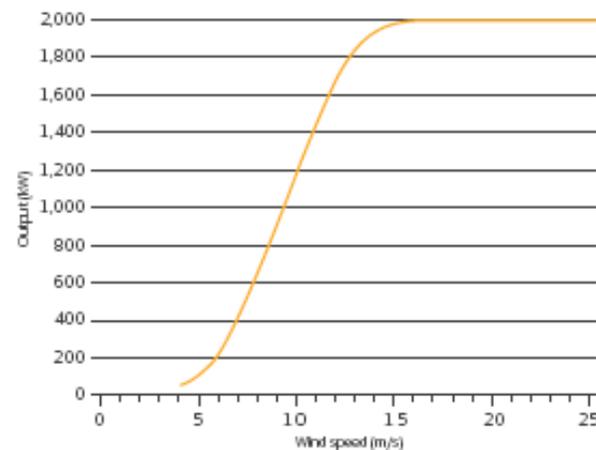




Centrales eólicas

- **Turbinas modulares (1 – 4 MW)**
- **Costo variables de operación es cero.**
- **Mayor precio por MW que centrales convencionales.**
- **Bajo “factor de ocupación”.**
- **Impacto medioambiental debido a:**
 - **Ocupación de grandes extensiones de terreno.**
 - **Paisajismo.**
 - **Alteración de ruta de aves migratorias.**

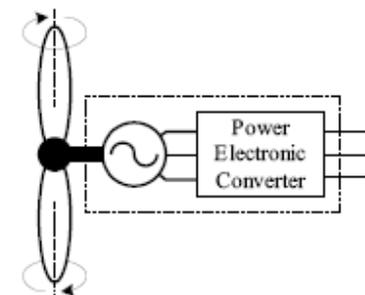
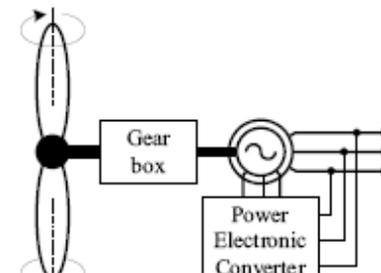
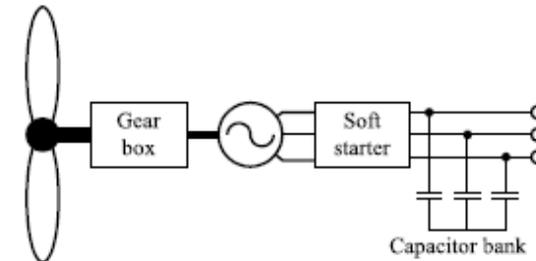
Power curve V80-2.0 MW





Centrales eólicas

- Turbinas de velocidad fija
- Turbinas de velocidad variable
- Control del "pitch".
- En las figuras:
 - Turbina de vel. fija con generador de inducción.
 - Turbina de vel. variable, c/control de "pitch" y generador de inducción.
 - Turbina de vel. variable, c/control de "pitch" y generador sincrónico.





fcfm

Ingeniería Eléctrica
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

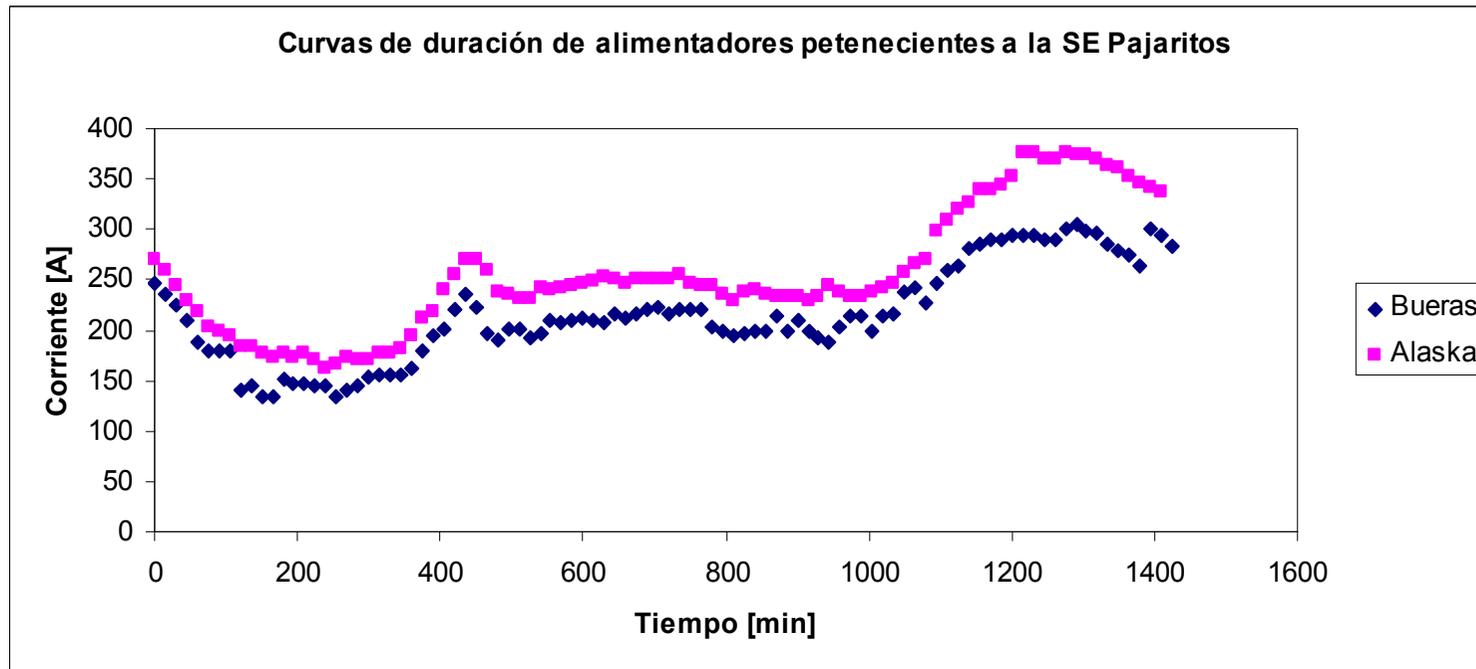
 ingendesa

Algunos parámetros de una central

- **Potencia nominal.**
 - **Potencia máxima.**
 - **Potencia mínima.**
 - **Potencia media.**
 - **Factor de planta.**
 - **Factor de utilización**
-
- **La potencia media y los factores están asociados a una ventana de tiempo.**



Consumos



Factor de diversidad

$$f_{div} = \frac{\sum_j D_{\max j}}{D_{\max}^{conjunto}}$$

Factor de demanda

$$f_d = \frac{D_{\max}}{P_{inst}}$$

Factor de coincidencia

$$f_{coi} = \frac{1}{f_{div}}$$