



Generación de Energía Eléctrica con Fuentes Renovables EL-6000

Modulo Energía Eólica

**Semestre Primavera 2010
Ing. Keith Watt Arnaud**

Objetivos

Al final de esta unidad el estudiante deberá:

1. Identificar las principales variables del recurso viento.
2. Cuantificar y dimensionar los principales aspectos de un proyecto de generación eólica.
3. Entender las ventajas y desventajas de un parque generador

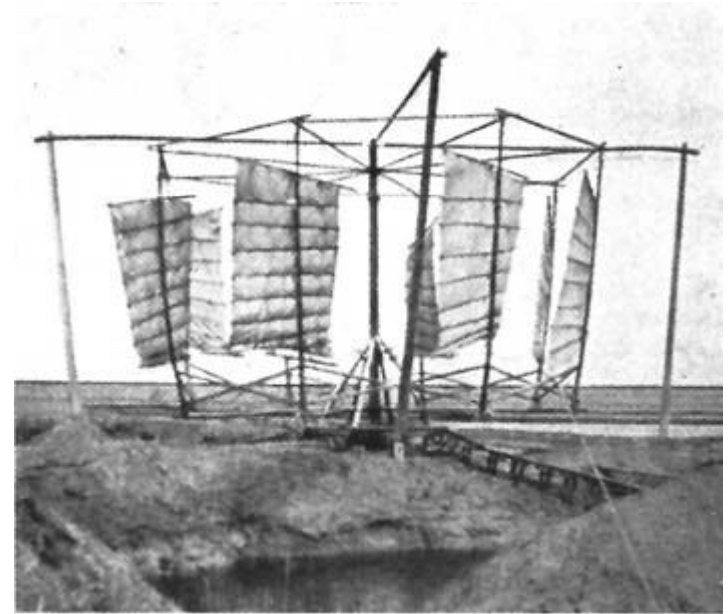


1. Desarrollo Histórico de la Generación Eólica



El Viento y las Antiguas Civilizaciones

- Según Historiadores los Primeros Molinos de Viento provienen del Oriente
 - Mesopotamia 1700 A.C.
 - » Eje Vertical
 - » Uso en Riego
 - China 1000 A.C.
 - » Eje Vertical
 - » Multi-direccionalidad
 - Sri Lanka 300 A.C.
 - » Usado para generar Calor
 - » Temperaturas hasta los 1000 °C



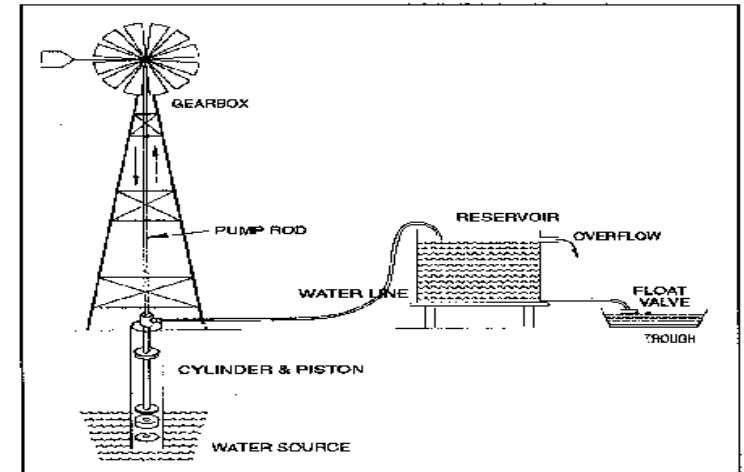
Los Comienzos en Europa

- Los Molinos de Eje Horizontal
 - Fueron Desarrollados en Europa
 - **Primeros fueron los Ingleses & Franceses**
 - » 1100 D.C
 - » Uso para la Molienda
 - **Luego fue desarrollado por el Resto de Europa**
 - » 1200 D.C Holanda y Alemania
 - » 1300 D.C Polonia y Rusia
 - » 1300 D.C Sur de Europa



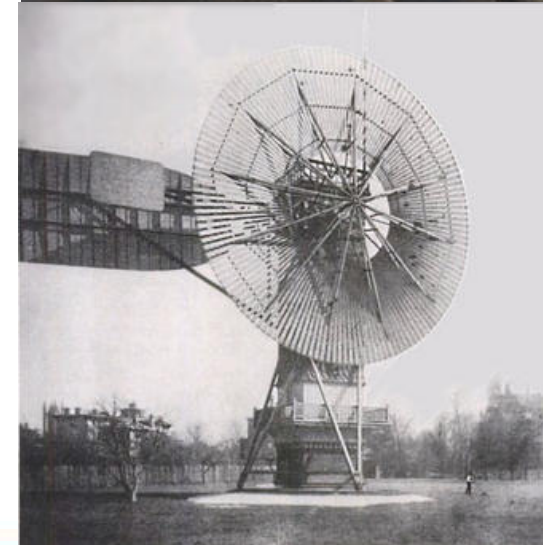
Estados Unidos y las Turbinas de Bombeo

- Estados Unidos Desarrolla las primeras Turbinas Metálicas en el siglo 19.
 - Usados para la extracción de Agua profunda
 - Permitieron el desarrollo e irrigación del centro de Estados Unidos
 - **Creándola en una Potencia agrícola**



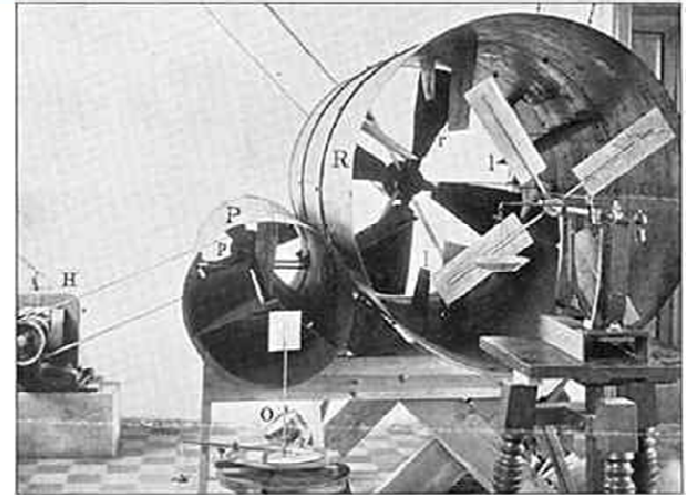
El Pionero de la Generación Eléctrica con Viento

- 1887-1888
 - Charles Brush Construye la primera turbina eólica completamente automatizada
 - Dinamo Eficiente
 - 12 kW
 - 144 Aspas de madera de Cedro
 - Diámetro de 17 m
 - Vida útil de 20 años
 - Usado para cargar las baterías de su mansión



El Viento y la Generación Eléctrica

- Primer Desarrollo Masivo para Generación de Electricidad.
 - Principio del Siglo 20
 - **El Danés Poul La Cour**
 - Máquinas de Corriente Continua
 - Almacenamiento en Baterías
 - Usado para crear hidrogeno y oxigeno.
 - Creo los primeros Túneles de Viento
 - **Grandes Avances en Aerodinámica**
 - **Descubrió que para Generar Electricidad**
 - Menos aspas -> Mayor Eficiencia



El Viento y la Generación Eléctrica

- 1919 Albert Betz determina límite teórico de la potencia eólica
 - **59 % de máxima extracción**
- Desarrollo de la Generación Eléctrica se estanca hasta segunda Guerra Mundial
 - **Bajos precios del petróleo**
- 1956-57 Johannes Juul crea primera turbina Eólica de Corriente Alterna
 - **200 kW**
 - **Generador de Inducción**



El Viento y la Generación Eléctrica

- Crisis del petróleo de 1973 y 79 Promueve el desarrollo mundial de energías renovables en el mundo
- 1980 Carpintero Danés C. Riisager Construye turbina de 22 kW
 - Impulsando la industria Danesa de turbina Eólicas.
- 1986 Primer Parque marítimo en Ebeltoft, Dinamarca (11x55 kW)



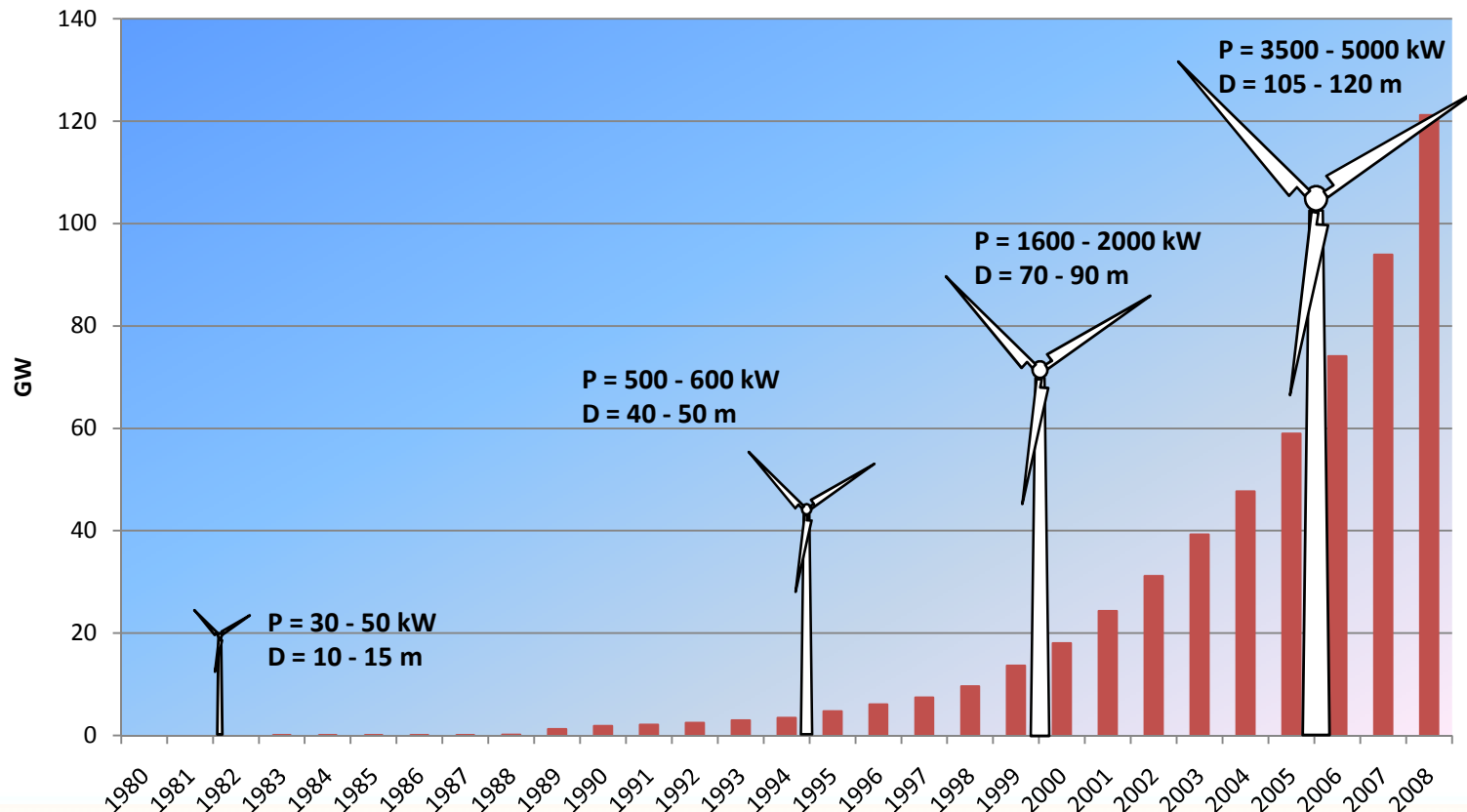
Comienzos de la Industria Eólica

- Dinamarca
 - Es el primer país en desarrollar turbinas eólicas en serie de 33 a 55 kW. (radios de 10 a 15 m)
 - **Subsidio fiscal promueve e incentiva el desarrollo.**
- Alemania
 - Desarrollo lento durante los 80
 - 1991 el EFL (Electricity Feed law) el gran incentivo
 - **Garantizaba acceso a Red**
 - **Tarifa fija de generación**
 - En 2000, REL (Renewable Energy Act)
 - **Fomenta desarrollo de parques inland**
 - **Crea marco legal para instalaciones offshore**

Crecimiento de la Energía Eólica

- Gran Crecimiento Mundial especialmente durante los 90

Capacidad Eólica Mundial Instalada



Crecimiento de la Energía Eólica

- Uso de subsidios y tarifas especiales incentivó la instalación de Centrales de Energía Eólica y otras ERNC.
- Dos Tipos de Esquemas de Subsidio
 - Sistema Feed in Tariff
 - Sistema de Cuota

Crecimiento de la Energía Eólica

- Sistema Feed in Tariff
 - El Gobierno paga un Precio Fijo por cada MWh generado
 - Precio se define tal de que pague la inversión en un cierto plazo
 - Países Como Dinamarca, Alemania y España lo aplicaron
 - Estos Países poseen los mayores niveles de penetración
- Sistema de Cuota
 - El Gobierno fija una cantidad de MWh que deben generarse a base de ERNC por Ley.
 - Se crea un mercado de certificado de Generación ERNC
 - Inglaterra, Italia y Suecia algunos de los países que lo Implementaron
 - Básicamente la Multa fija el Precio de Incentivo para generar en ERNC



2. Desarrollo en Chile

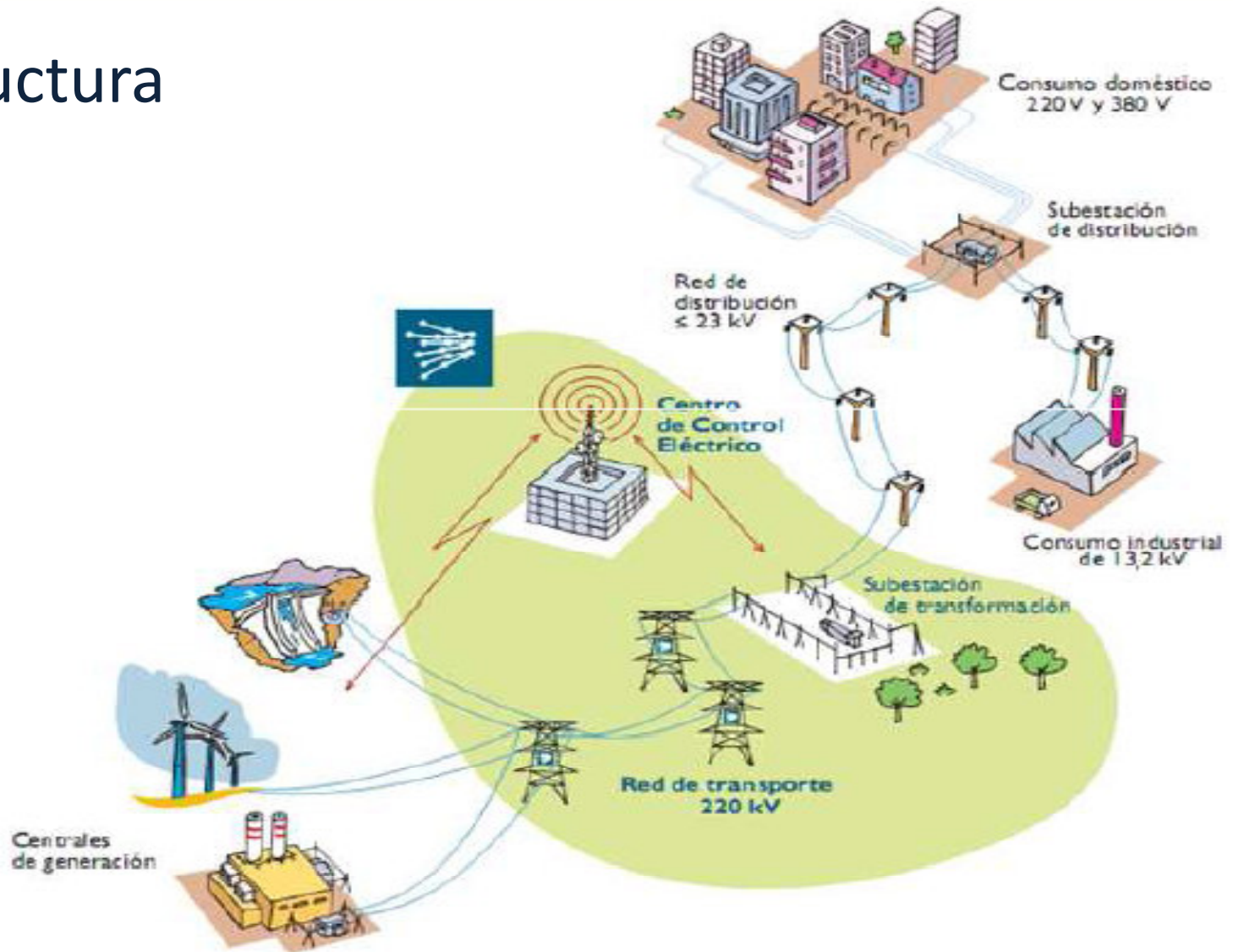
**Generalidades, La Ley y el Mercado
Eléctrico**

Nociones Básicas



Generalidades

- Estructura



Generalidades



- Sistemas Eléctricos

- SING

- 90% Clientes Libres
 - 10% Consumos regulados
 - Netamente Térmico

- SIC

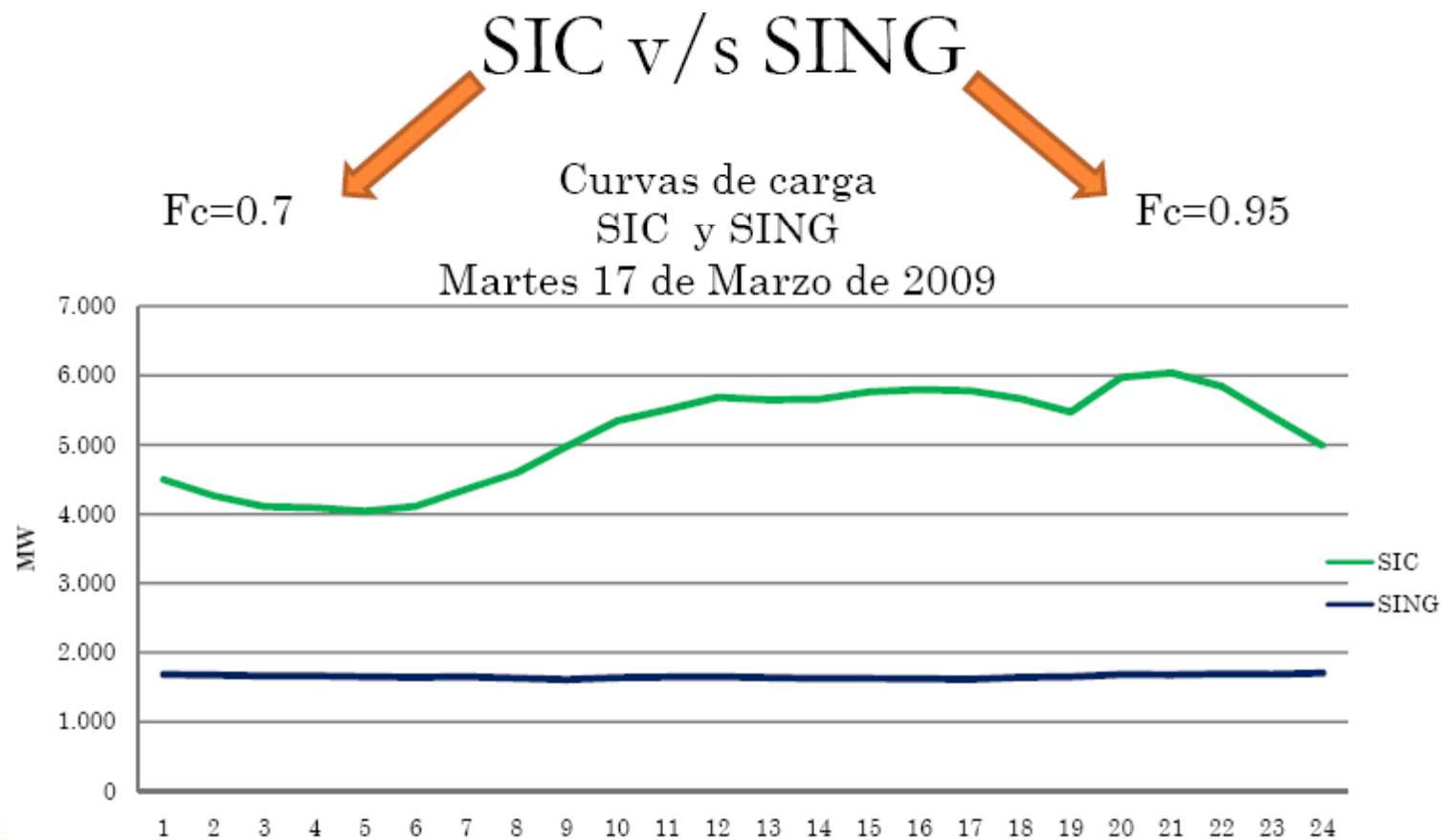
- Taltal a Chiloé
 - 60% Consumos Regulados
 - 40% Clientes Libres
 - Sistema Hidro-Térmico

- Sistemas de Aysen y Magallanes

- Menores a 200 MW

Generalidades

- Demanda Eléctrica
 - Estacionalidad (variación meses de Invierno y Verano)
 - Característica Cíclica (Comportamiento periódico diario)

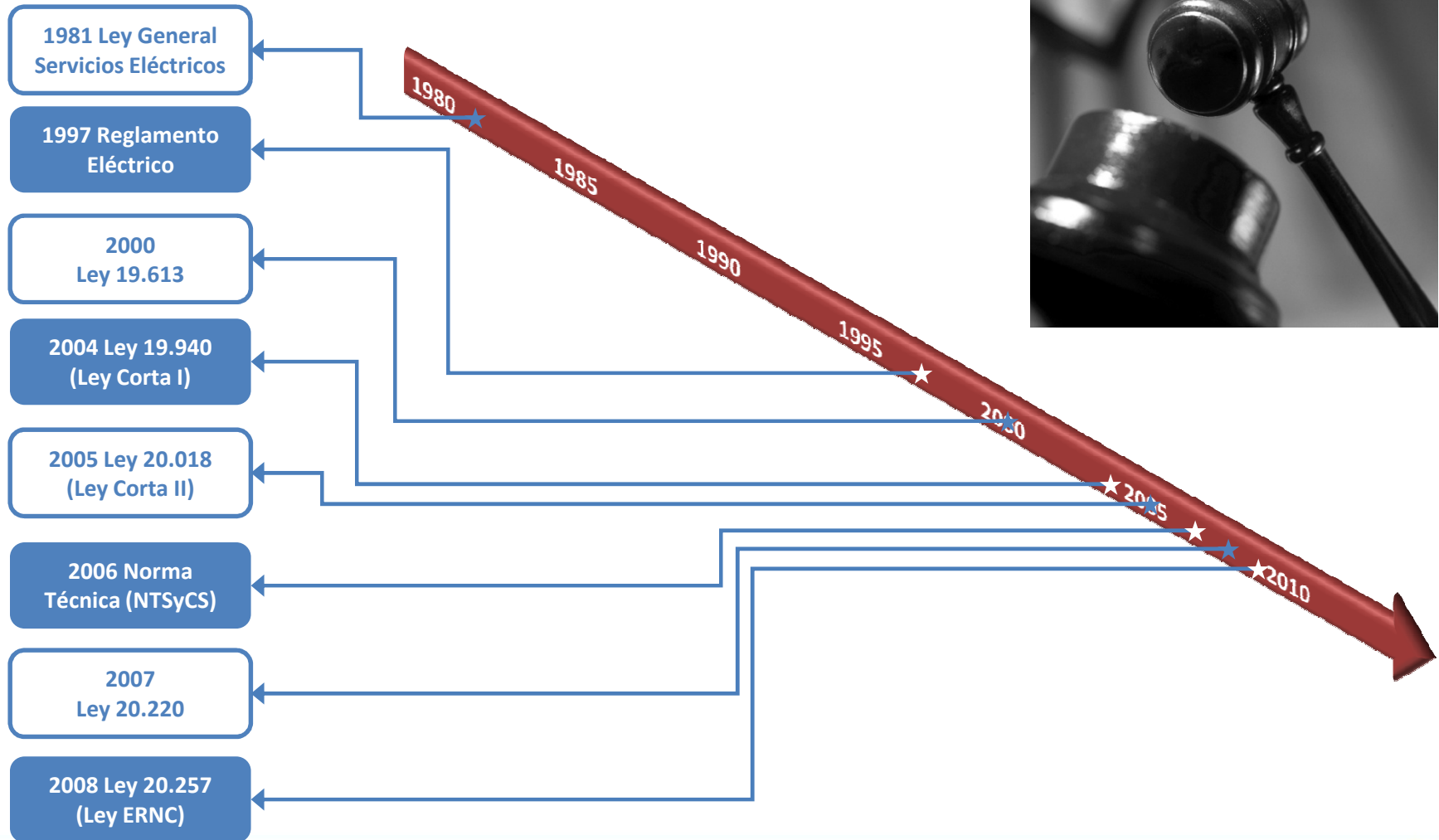


La Legislación

- Chile ha tenido grandes cambios normativos y regulatorios a su Legislación de Servicios Eléctricos.
 - Primer País Mundial en Privatizar el Sistema Eléctrico

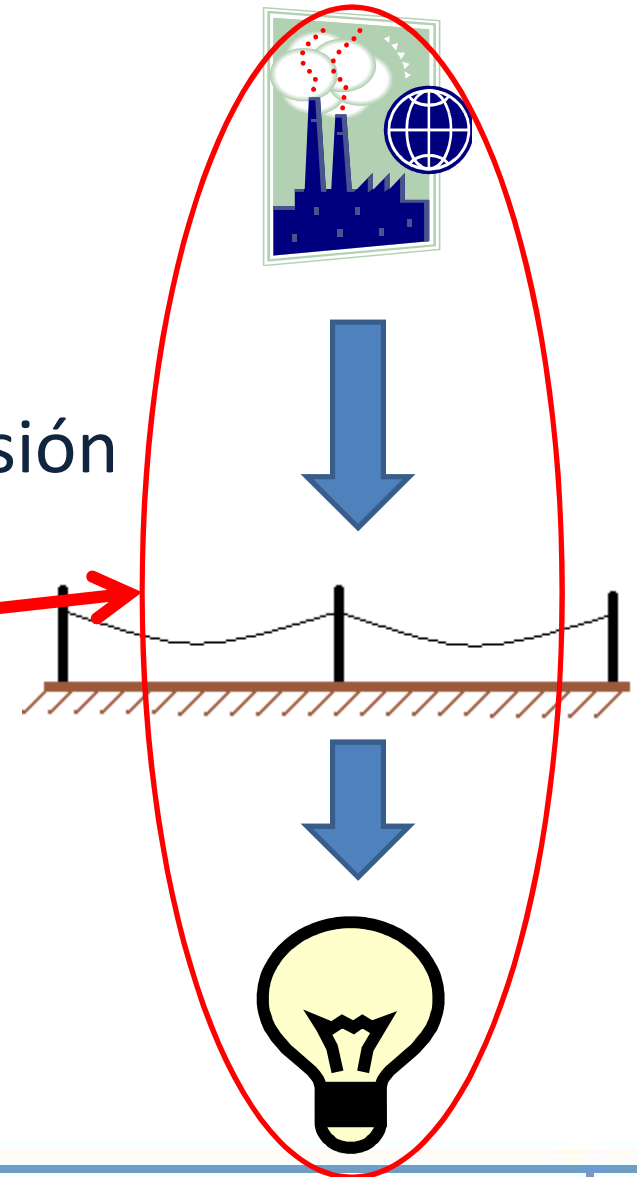


La Ley Eléctrica y sus Grandes Cambios



Ley General de Servicio (LGSE)

- Privatización del Sector Eléctrico Chileno
- Desintegración Vertical de segmentos Generación, Transmisión y Distribución
 - No puede haber un solo dueño
- Introducción de Competencia en Segmento Generación



Ley General de Servicio (LGSE)

- Permite Contratos de Suministro entre Generadores y Consumidores
 - Contratos Financieros
- Operación a Mínimo Costo Global
- Creación del CDEC-SIC
 - Centro de Despacho
 - Empresa que determina la operación del sistema velando por:
 - La seguridad
 - La Calidad
 - Al menor costo operacional posible



Reglamento Eléctrico (DS N°327)

- Establece las condiciones Legales, Técnicas y Comerciales, para:
 - Concesiones de Servidumbre
 - Tarificación
 - Conexión al sistema
 - Operación
 - Etc.



“El manual del Buen Comportar Eléctrico”

Ley 19.613 (99 bis)

- Decreto de Racionamiento
 - Racionamientos por
 - Falla de Centrales
 - Hidrologías Secas



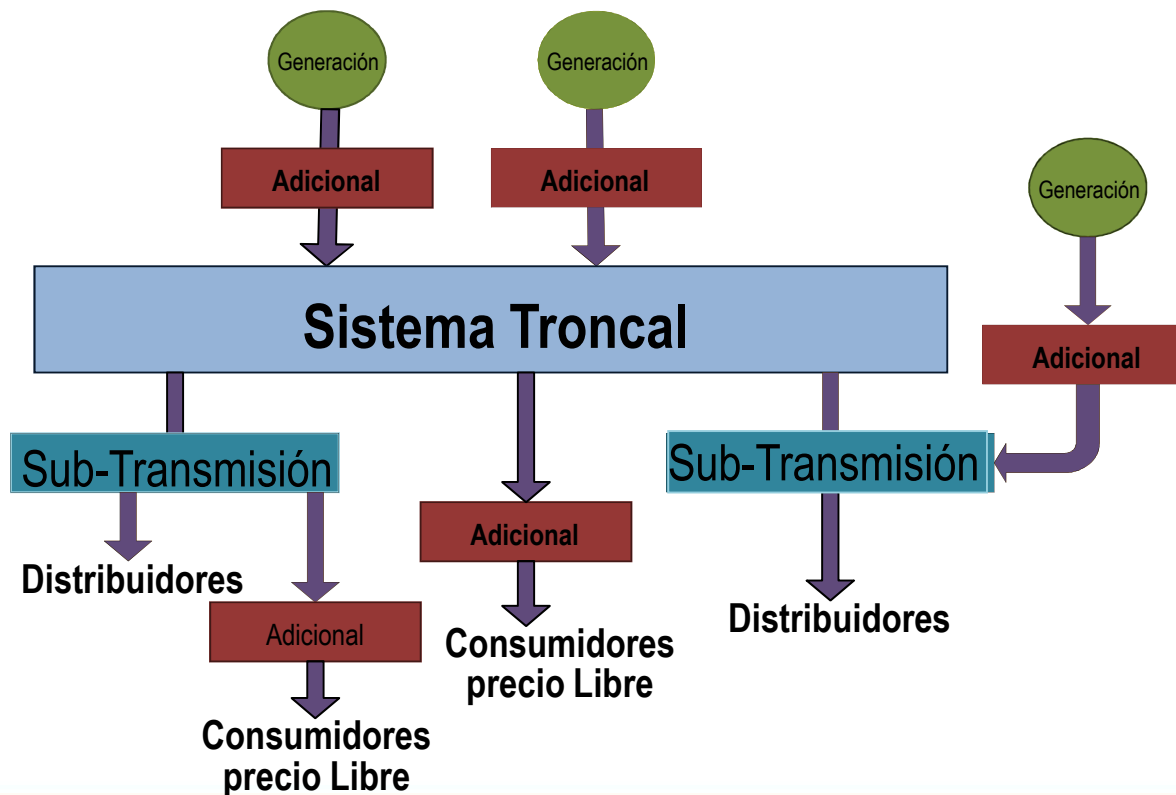
Ya no se Declaran Fortuitos o de Fuerza Mayor

- Los generadores deberán pagar a los clientes regulados los cargos por desabastecimiento de Energía



Ley 19.940 (Ley Corta I)

- Define el Sistema de Transporte de Energía Eléctrica
 - Establece Marco Regulatorio para su Operación
 - División Sistemas Troncal, Adicional y Subtransmisión



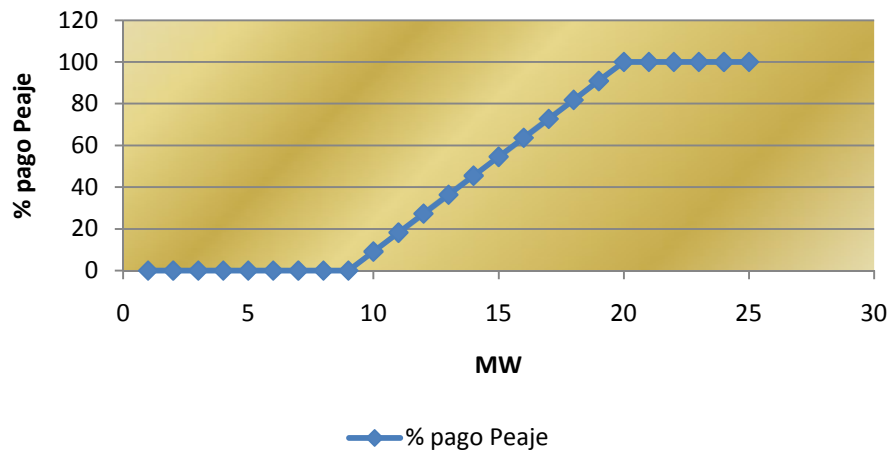
Ley 19.940 (Ley Corta I)

- Establece Nuevo régimen de tarifas Peajes
 - AVI + COMA
- Establece el Panel de Expertos
- Tarificación Sistemas Medianos (1.5 a 200 MW)
- Servicios Complementarios (Art. 91 bis)
 - Importante para ERNC
 - Aun no se preparan los reglamentos
- Operación, Peajes y acceso de pequeñas centrales

Ley 19.940 (Ley Corta I)

- Pequeñas Centrales **No convencionales**
 - Centrales conectadas a Subtransmisión < 20 MW
 - Exentas de pagar peajes del Sist. Troncal
 - Proporcionalmente para > 9 MW

Excención de Pago de Peaje



- Centrales Conectadas a Distribución
 - Acceso permitido centrales < 9 MW
 - Obras necesarias para evacuar energía
 - Las paga el generador



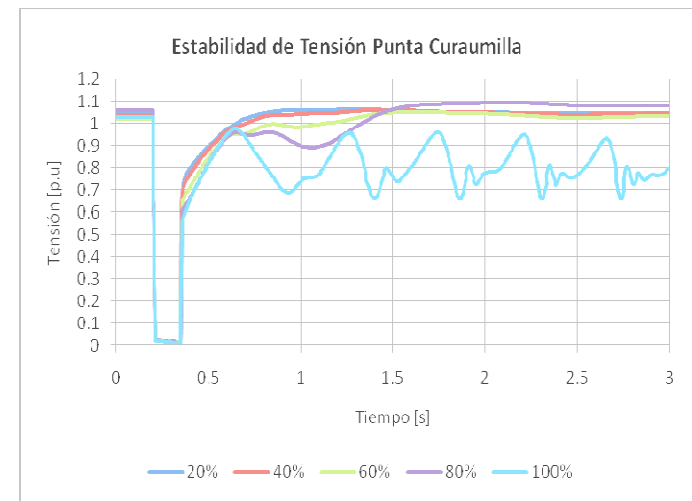
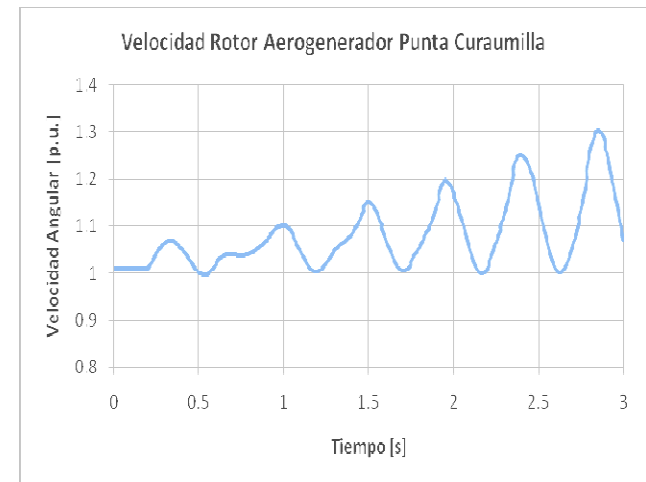
Ley 20.018 (Ley Corta II)

- Regula el Tema de la Licitaciones de Contratos de Suministro para empresas de Distribución
 - Crea el marco legal para las Licitaciones
 - Establece las restricciones para la licitaciones



Norma Técnica Seguridad y Calidad de Servicio

- Reemplaza varias Definiciones del DS 327
 - **Establece Restricciones mínima de operación del sistema referente a Seguridad y Calidad:**
 - Frecuencia
 - Tensión
 - Factor de Potencia
 - Recuperación Dinámica
 - Márgenes de Estabilidad
 - Exigencias Mínimas de Diseños de Instalaciones



Ley 20.220

- La Ley Tokman
 - Mejora el Marco Legal
 - Resguardar el suministro a Clientes Regulados en caso que Generadores se vayan a Quiebra.
 - Seguir asegurando el suministro de los clientes



Ley ERNC 20.257

- Modifica LGSE con respecto a ERNC
 - Definiciones de energías ERNC
 - Solar
 - Eólica
 - Hidráulica de Pasada < 20 MW
 - Etc.
- Requerimientos de Generación Mínima por Fuentes ERNC
 - 5% en 2010 hasta 2014
 - Incremento de 0,5% cada año 2015 hasta 2024
 - 10% en 2024 en adelante
- Multa
 - 0,4 UTM por MWh primeros años
 - 3 años de Incumplimiento es 0,6 UTM por MWh



Crecimiento Energía Eólica Chile

- Capacidad Eólica Instalada en Chile
 - Alto Bahuales (Sistema Aysen)
 - Centrales Zona Los Vilos SIC

Año	MW
2002	1.3
2003	2.0
2004	2.0
2005	2.0
2006	2.0
2007	20.1
2008	20.1
2009	186.1
2010	186.1

