

fcfm

Generación de Energía Eléctrica con Fuentes Renovables

EL-6000

Modulo Energía Eólica



Semestre Otoño 2010
Ing. Keith Watt Arnaud



6. Sistemas Eléctricos Chilenos

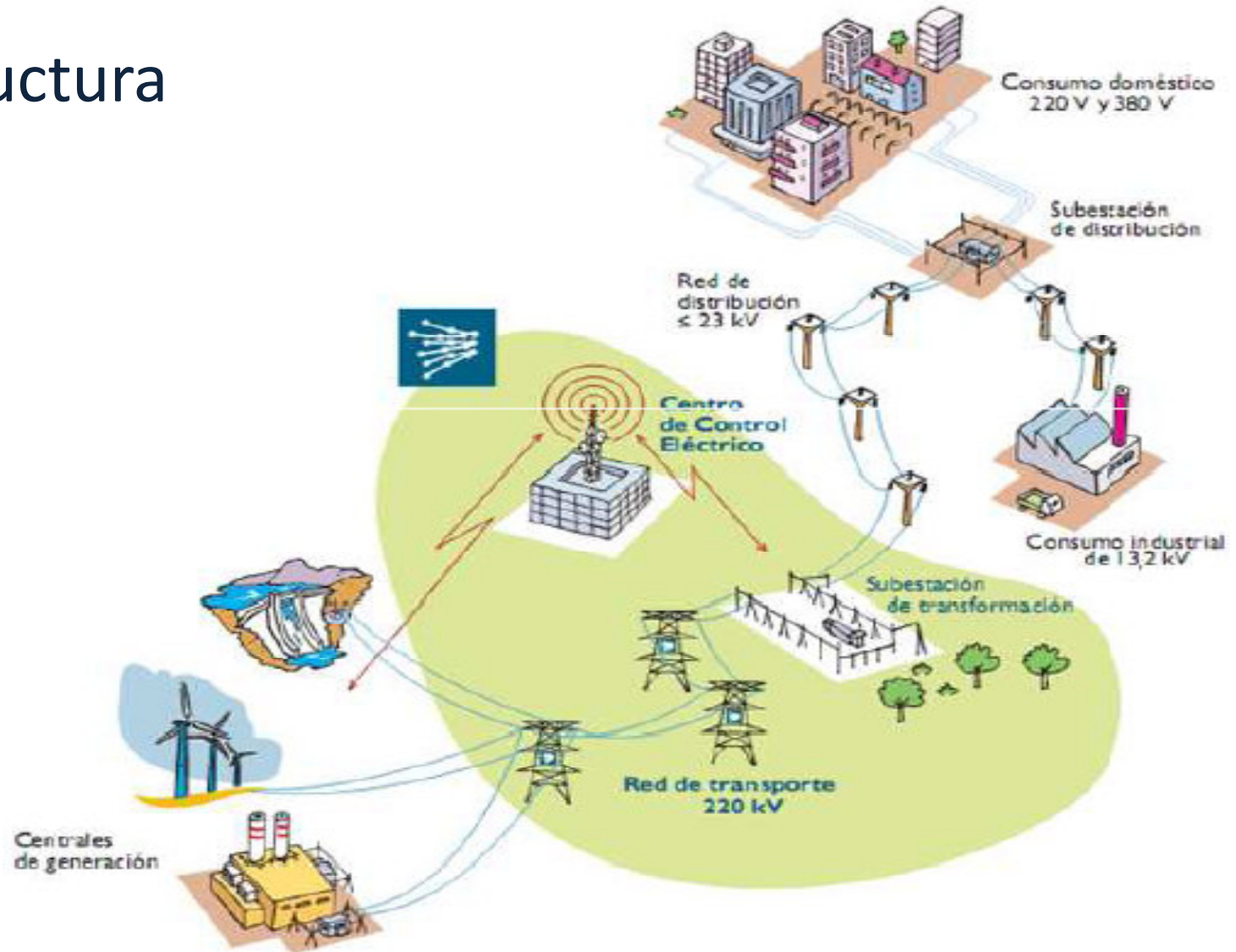
**Generalidades, La Ley y la Operación
del Sistema**

Nociones Básicas

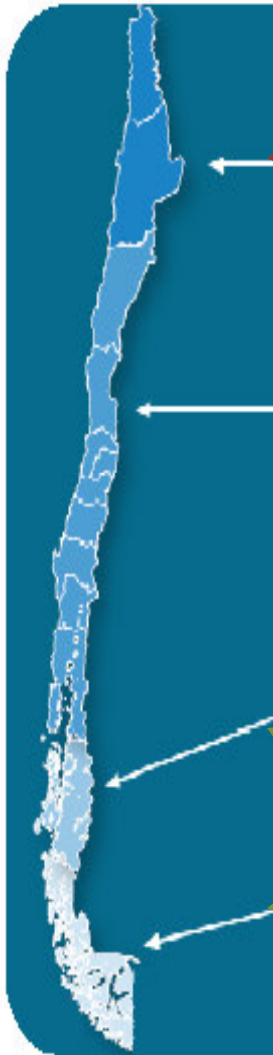


Generalidades

- Estructura



Generalidades



- Sistemas Electricos

- SING

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

- SIC

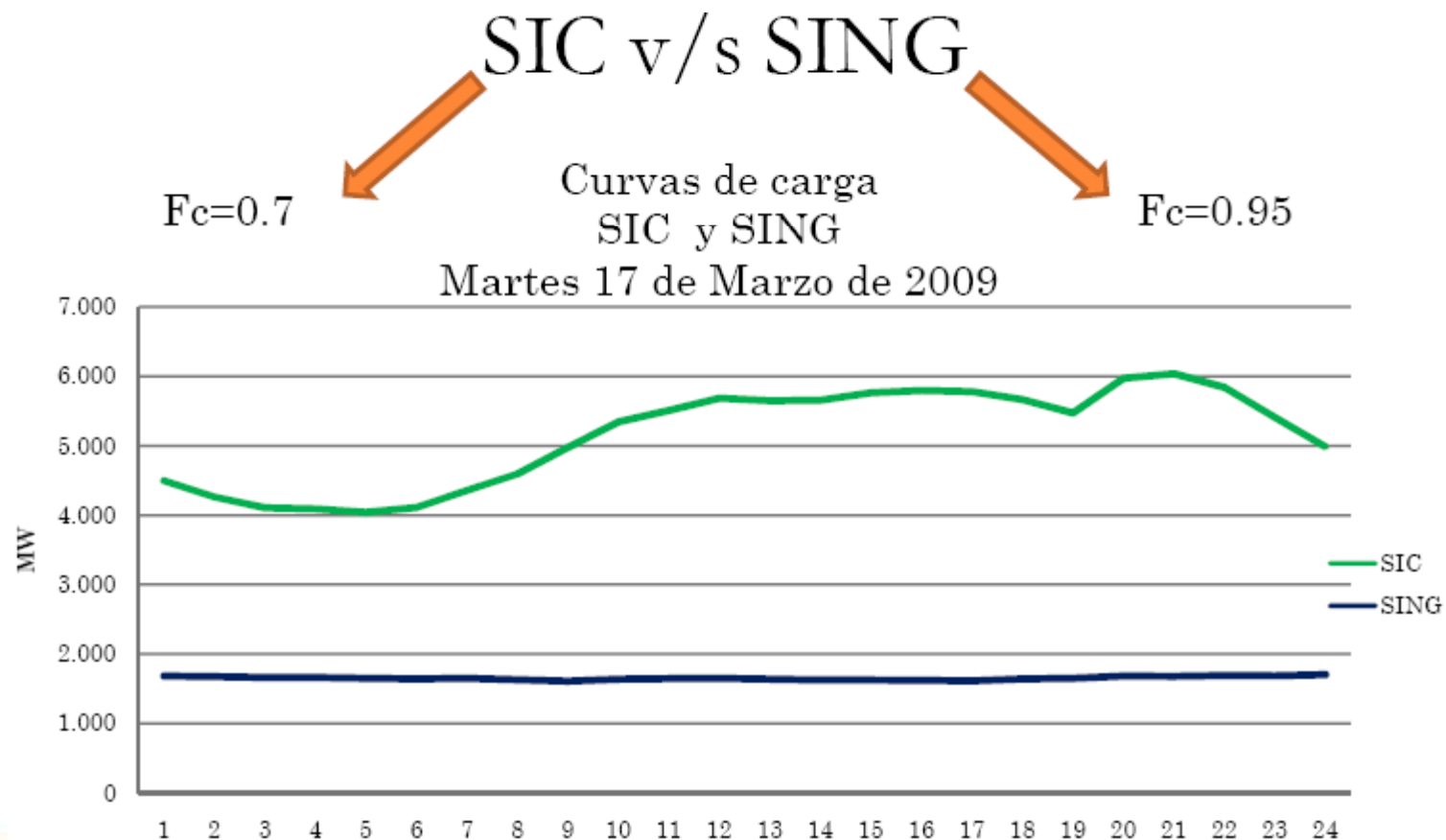
- Taltal a Chiloé
 - 60% Consumos Regulados
 - 40% Clientes Libres
 - Sistema Hidro térmico

- Sistemas de Aysen y Magallanes

- Menores a 200 MW

Generalidades

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

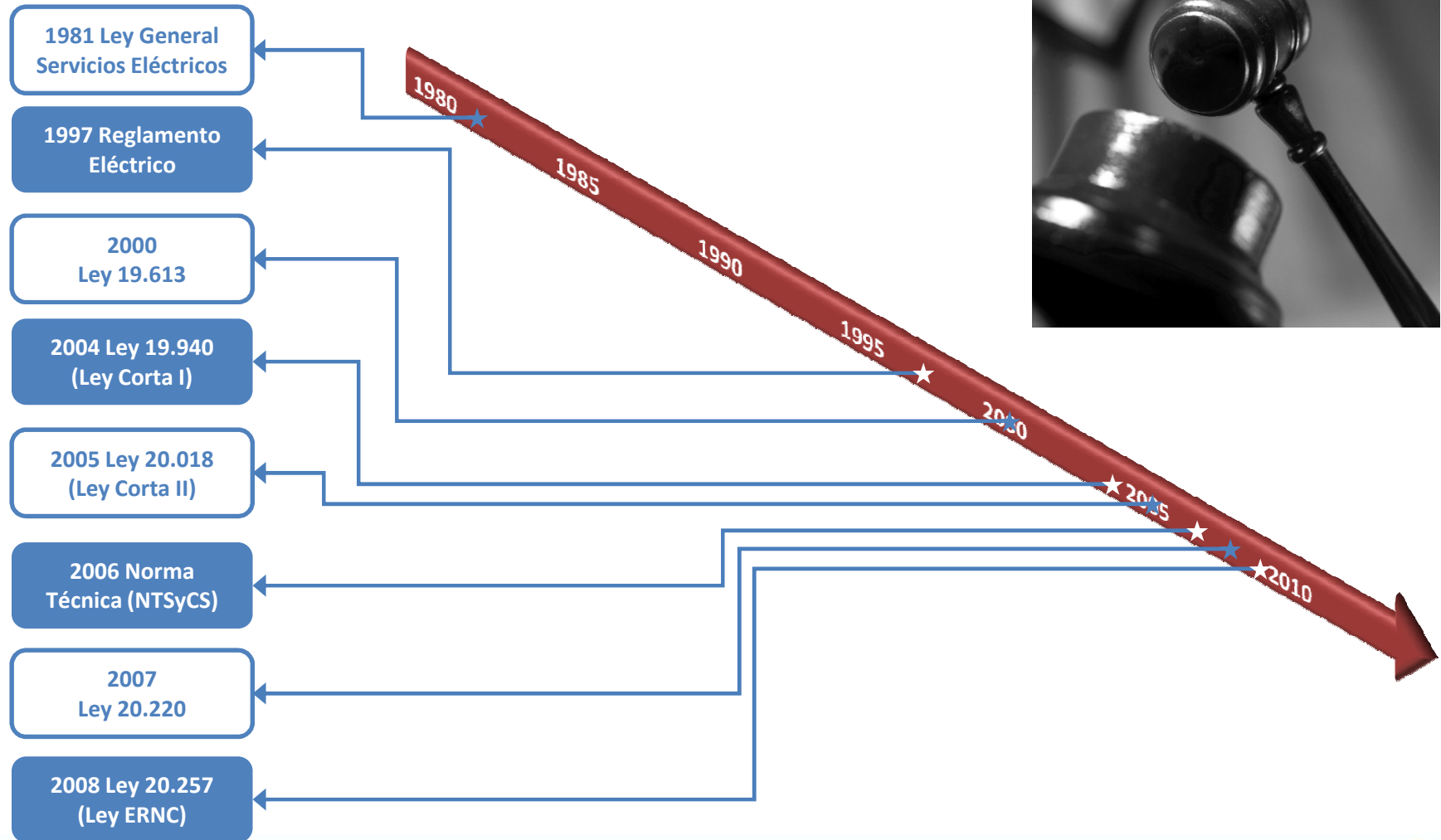


La Legislación

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

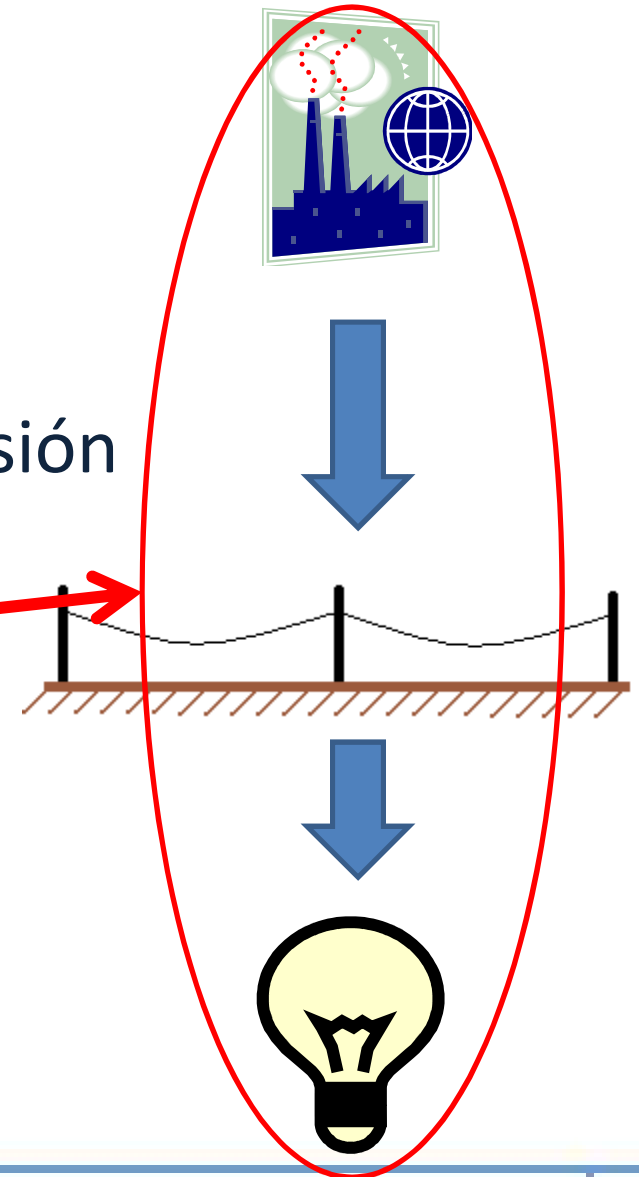


La Ley Eléctrica y sus Grandes Cambios



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)

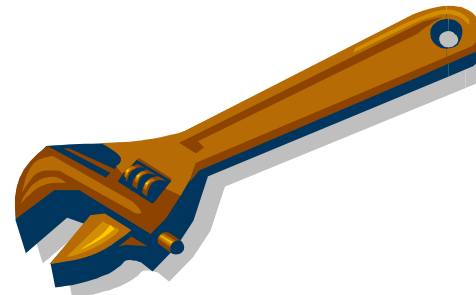
- Establece las condiciones Legales, Técnicas y Comerciales, para:
 - Concesiones de Servidumbre
 - Tarificación
 - Conexión al sistema
 - Operación
 - Etc.



“El manual del Buen Comportar Eléctrico”

Ley 19.613 (99 bis)

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



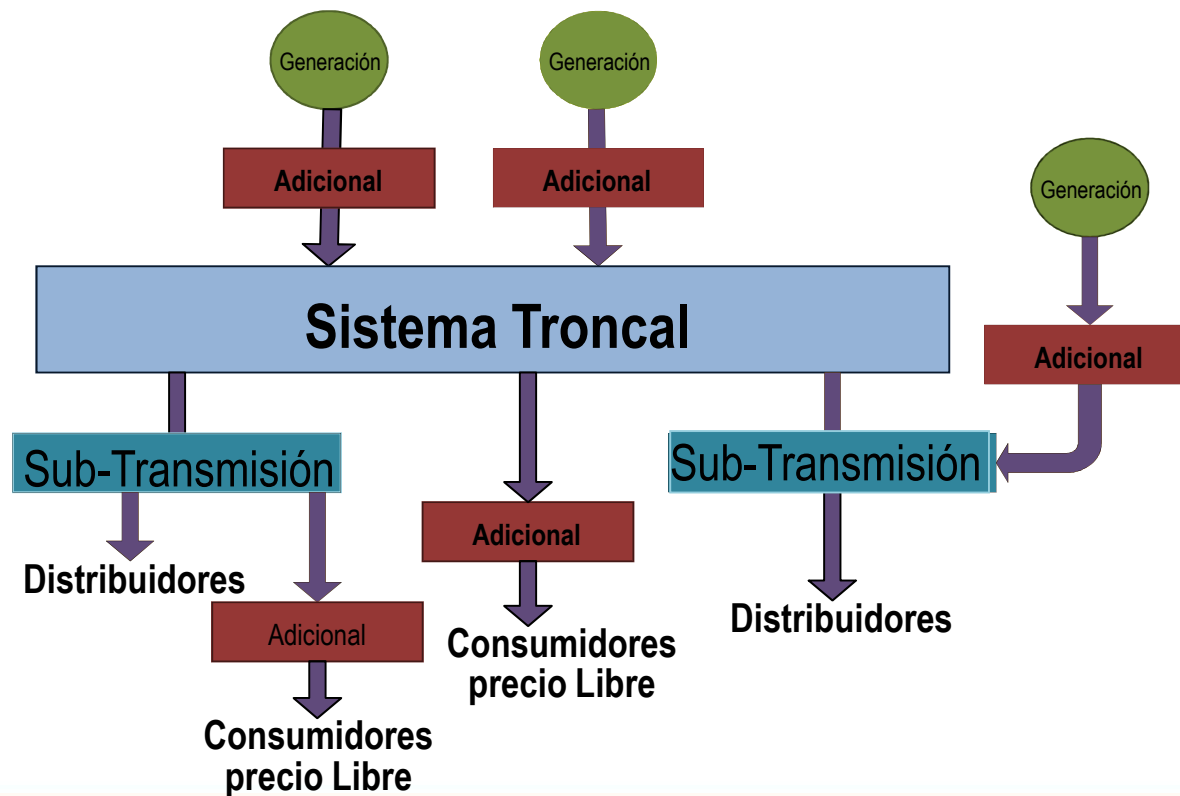
Ya no se Declaran de Fortuitos o de Fuerza Mayor

- 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



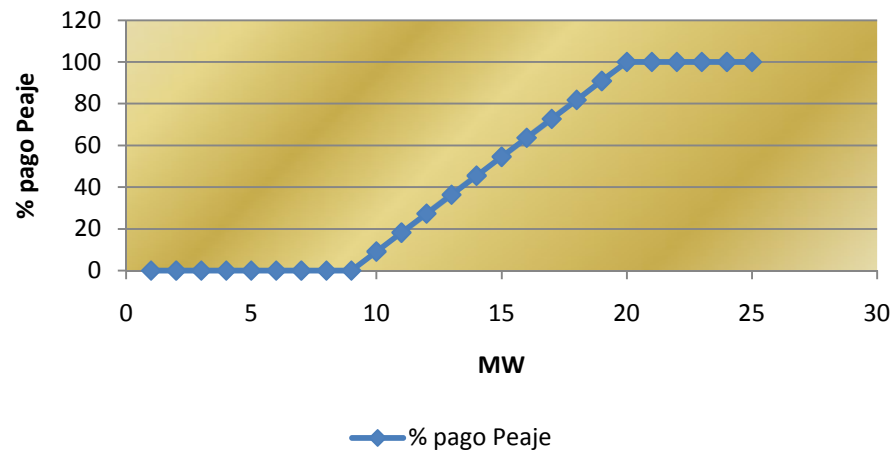
Ley 19.940 (Ley Corta I)

- 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
 - 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 ala Seguridad y Calidad:
 - Frecuencia
 - Tensión
 - 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

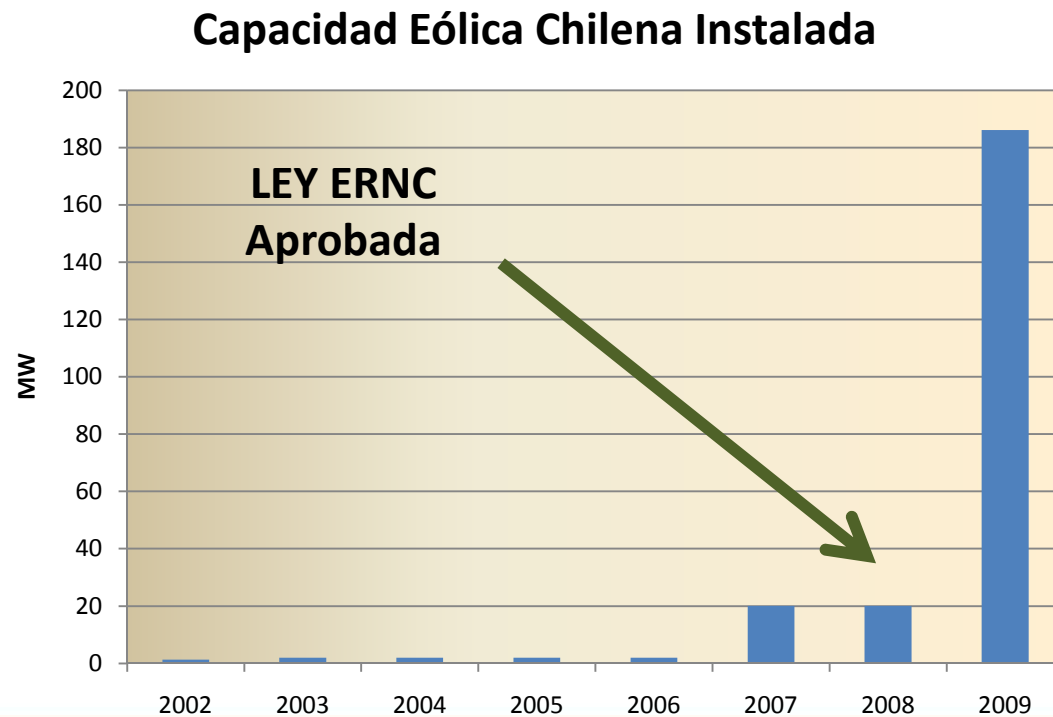
- Modifica LGSE con respecto a ERNC
 - Definiciones de energías ERNC
 - Solar
 - Eólica
 - Hidráulica de Pasada < 20 MW
 - Etc.
- Requerimientos de Generación Mínima por Fuentes ERNC
 - 5% en 2010 hasta 2014
 - Incremento de 0,5% cada año 2015 hasta 2024
 - 10% en 2024 en adelante
- Multa
 - 0,4 UTM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



Crecimiento Energía Eólica Chile

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

Año	MW
2002	1,3
2003	2
2004	2
2005	2
2006	2
2007	20,1
2008	20,1
2009	186,1



Operación Económica de un Sistema Eléctrico

- Como se Opera un SEP?
 - CDEC Coordina a los Generadores determinando la Operación a Mínimo Costo del Sistema.
 - Distintas Tecnologías
 - Distintos Costos de Operación
 - Termicas Costo Combustible
 - Solar, Eólica, Mareomotriz -> Costo Cero
 - Hidro Pasada -> Costo Cero
 - Hidro Embalse -> Costo de Oportunidad del uso del Agua
 - (Generar hoy => Implica No Generar mañana)
 - El CDEC determina:
 - Cuando y Cuanto cada Central Genera
 - Se Determina el Costo Marginal Horario del Sistema



Operación Económica

- Problema de Optimización
 - Mínimo Costo de Operación
- **Función Objetivo**

Mínimo Costo de Operación = Mínimo Costo de Combustible

- **S.A**
 - Generación = Demanda más Perdidas
 - Criterios de Seguridad
 - Etc.



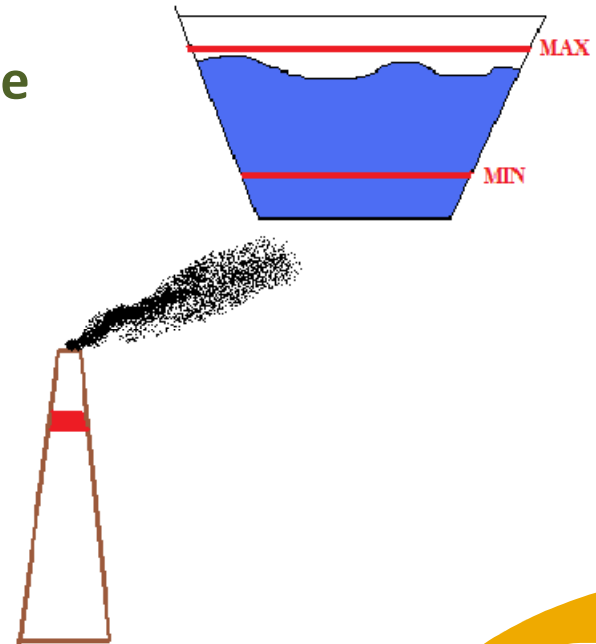
Operación Económica

- Variables del problema de optimización.
 - Demandas (MW)
 - Consumos (MWh)
 - Afluentes, caudales turbinados, efluentes, etc (m³/s)
 - Volumen de los embalses
 - Consumo específico de centrales térmicas (TonCarbón/MWh) y costos de combustibles (USD/TonCarbón)
 - Flujos por las líneas del sistema de transmisión



Operación Económica

- Restricciones del Problema
 - Centrales Hidráulicas
 - Cotas Mínimas y Máximas Embalse
 - Convenios de Riego
 - Caudales Máximos y Mínimos
 - Centrales Térmicas
 - Emisiones de contaminantes
 - Tiempos de partida
 - Tasa de toma y baja de carga
 - Sistema de Transmisión
 - Capacidad de las líneas
 - Criterios de seguridad



Operación Económica

- Existencia de Centrales de Embalse

- Existe un Acople Temporal

- Luego el problema de optimización es

$$Z = \sum_t \sum_i C_i(P_i^T(t))$$

s.a.

$$\sum_i P_i^T(t) + \sum_j P_j^H(t) = D(t) + L(t)$$



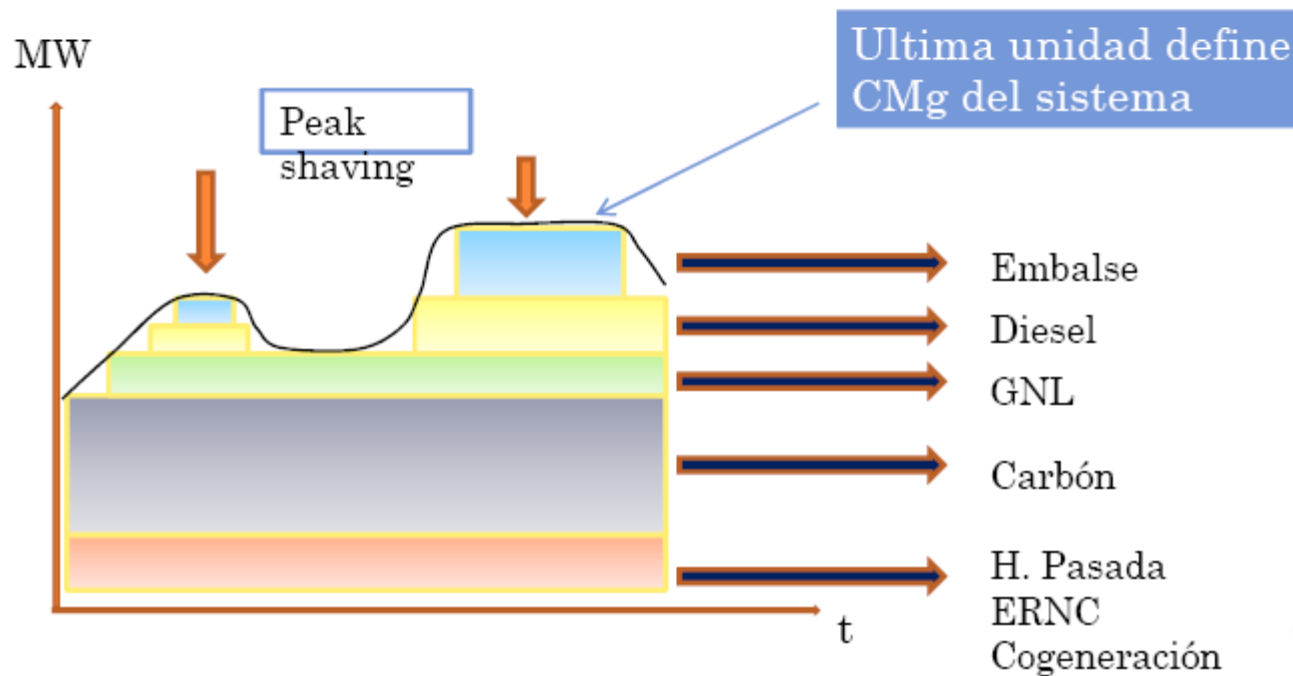
Acople temporal

Volumen Final de embalses etapa i = Volumen Final de embalses etapa i+1



Operación Económica

- Problema de Optimización
 - Resultado Lista de Orden de Merito
 - El CDEC despacha las Centrales más Baratas



Ejemplo Despacho

- Tenemos el Siguiente Parque Generador

Central	Tipo	Potencia Máx [MW]	Costo USD/MWh	Potencia Disponible [MW]
Pincucho	Hidro Pasada	300	0	230
Polvos	Carbón	240	60	230
Roedores	CC GAS	560	30	540
Palafitos	Minihidro	40	0	36
Palos	Eolica	120	0	30
Negros	TG Diesel	150	110	140
Haguaquieta	Hidro Embalse	400	80	300

- Cual es el Costo marginal para una Demanda de 1200 MW?



Ejemplo Despacho

- Ordenamos las Centrales de Menor a mayor Costo

Central	Tipo	Potencia Máx [MW]	Costo USD/MWh	Potencia Disponible [MW]	Pot. Dis. Acumulada
Pincucho	Hidro Pasada	300	0	230	230
Palafitos	Minihidro	40	0	36	266
Palos	Eolica	120	0	30	296
Roedores	CC GAS	560	30	540	836
Polvos	Carbón	240	60	230	1066
Haguaquieta	Hidro Embalse	400	80	300	1366
Negros	TG Diesel	150	110	140	1506

- El Costo Marginal es de 80 USD/MWh
- Que pasa si Existe Hidrología Seca?



Ejemplo Despacho

- Si se esta en Hidrología seca, el recurso hídrico se ve disminuido

Central	Tipo	Potencia Máx [MW]	Costo USD/MWh	Potencia Disponible [MW]	Pot. Dis. Acumulada
Pincucho	Hidro Pasada	300	0	100	100
Palafitos	Minihidro	40	0	36	136
Palos	Eolica	120	0	30	166
Roedores	CC GAS	560	30	540	706
Polvos	Carbón	240	60	230	936
Haguaquieta	Hidro Embalse	400	105	125	1061
Negros	TG Diesel	150	110	140	1201

- El Costo Marginal es de 110 USD/MWh
- Que pasa si Nuestra Potencia Hidráulica disponible es aún más baja?

- Existiría Racionamiento

