

Modelos Regulatorios en Generación

Curso : Mercados Energéticos
Universidad de Chile

Cristián M. Muñoz M.
cmunozm@aes.com

Noviembre 2006

Introducción

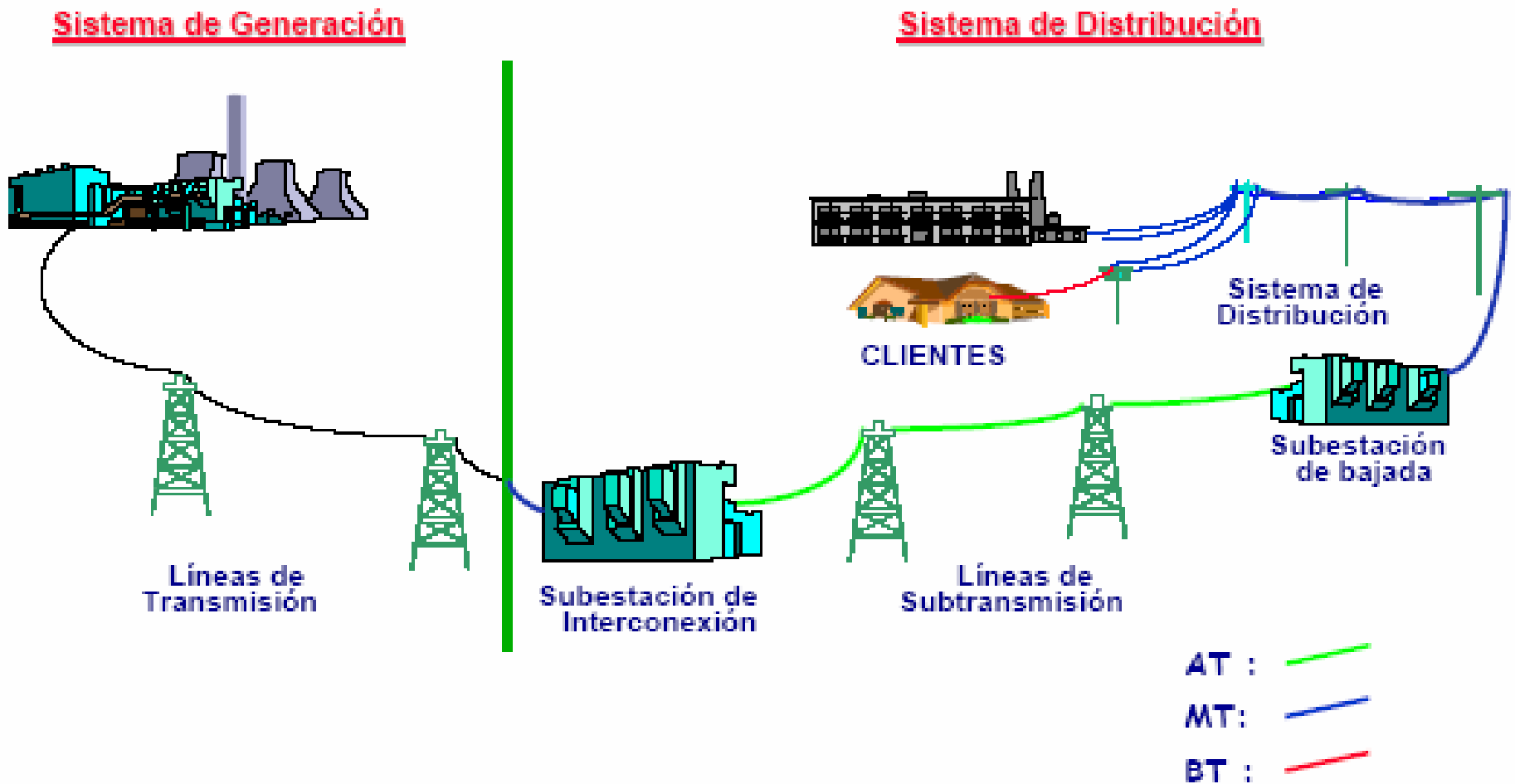
Singularidades de un sistema eléctrico (1)

- Sistema interconectado:
 - La acción de un agente afecta fuertemente al resto
- Energía eléctrica no es diferenciable:
 - Consumidor no puede diferenciar de quién es la energía que está recibiendo
- Energía eléctrica no se puede almacenar:
 - una vez producida debe ser consumida
- Inversiones:
 - Altas inversiones con retornos de largo plazo (sobre 20 años).
 - En algunos casos se requieren concesiones del estado:
 - Líneas: paso por propiedad pública
 - Centrales hidroeléctricas: derechos de agua
 - Alto impacto ambiental,
 - se requiere de permisos ambientales

Singularidades de un sistema eléctrico (2)

- Alto costo social de no contar con energía por racionamientos:
 - Intervención del estado para evitar costos políticos
- Debe existir un organismo que coordine la operación del sistema eléctrico.
- Operación de los generadores debe ser coordinada en base a ciertos criterios técnicos: económicos y de seguridad y calidad de servicio
- Históricamente se han distinguido tres sectores bien diferentes:
 - Generación (G): centrales de distinta tecnología
 - Transmisión (T): redes de alta tensión
 - Distribución (D): red de baja tensión
- Sin embargo, existe un sector que poco mencionado:
 - Comercialización (C) o Retail

Esquema G-T-D-R



Características de los sectores G-T-D-C

- Generación:
 - Existen distintas tecnologías en función del combustible primario que utilizan: carbón, hidráulicas, eólicas, geotérmicas, etc.
 - En centrales hidroeléctricas requiere concesión de derechos de agua
 - No existen grandes economías de escala, pues en general las unidades de generación se adaptan a los crecimientos de demanda
 - Existe competencia, generalmente oligopolios
- Transmisión:
 - Red que conecta las centrales con la demanda agregada
 - Tecnologías comunes para líneas y equipos en de alta tensión
 - Requiere derechos de servidumbre
 - Existen fuertes economías de escala
 - Discusión acerca de cómo regular:
 - Por monopolio natural
 - Por competencia

Características de los sectores G-T-D-C

- Distribución:
 - Líneas y equipos que llevan la energía a clientes finales
 - Consenso de que se debe regular bajo el concepto de monopolio natural.
 - Estructura regulatorias:
 - Tasa de retorno o “*cost-plus*”: regulación surgida en USA a comienzos de 1900
 - Empresa modelo: regulación surgida en Chile en los setenta
 - Price-cap: regulación surgida en Inglaterra y Gales en los ochenta.
- Comercialización
 - Conecta G con el cliente final
 - Intensivo en RRHH
 - No existen economías de escala importantes
 - Competencia
 - Normalmente está integrada con G, o bien, con D (excepción UK)

Problemáticas regulatorias en G-T-D-C (1)

- En general, G-T-D-C fue considerado como un todo
 - Modelo integrado verticalmente en una misma zona
 - Empresa integrada, podía estar en manos del estado o bien en manos de una empresa privada (USA)
 - G se tarifica por “*peak load pricing*”, Electricité de France, Boiteux 1949.
 - T-D se definieron como monopolio natural → tasa de retorno
- Primera gran reforma en Chile: a comienzos de los ochenta, se crean las bases de un sistema eléctrico operando en manos de compañías privadas.
 - Se define G-T como competencia
 - D se regula como monopolio natural → empresa modelo
 - C se incluye dentro de G, o bien, D
- Segunda gran reforma en Inglaterra y Gales, en los noventa:
 - Define G como competencia
 - T monopolio natural y estatal
 - D es monopolio natural privado → price-cap
 - C es competencia

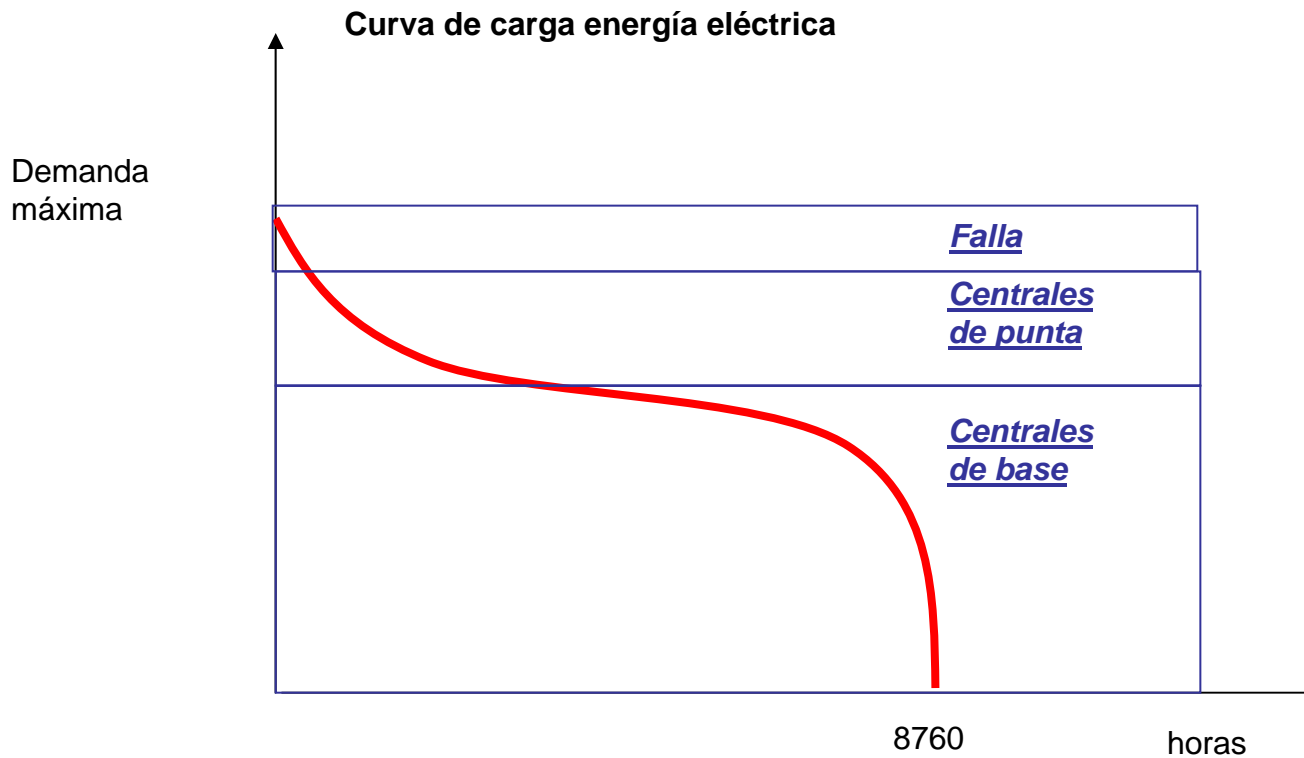
Problemáticas Generales de Regulación en Generación

Problemática

- Problema de G:
 - Cómo abastecer la demanda a mínimo costo, para un nivel de calidad dado
- En la literatura este problema se conoce como “*Resource Adequacy*” o suficiencia
- Representa la capacidad del sistema para suministrar la demanda en el largo plazo, en vista de:
 - fluctuaciones e incertidumbre en la cantidad demandada
 - energía eléctrica no se puede almacenar
 - largo tiempo requerido por las nuevas centrales
- Y en el corto plazo, el problema se reduce a operar las centrales existentes a mínimo costo de operación.
 - Problema del despacho

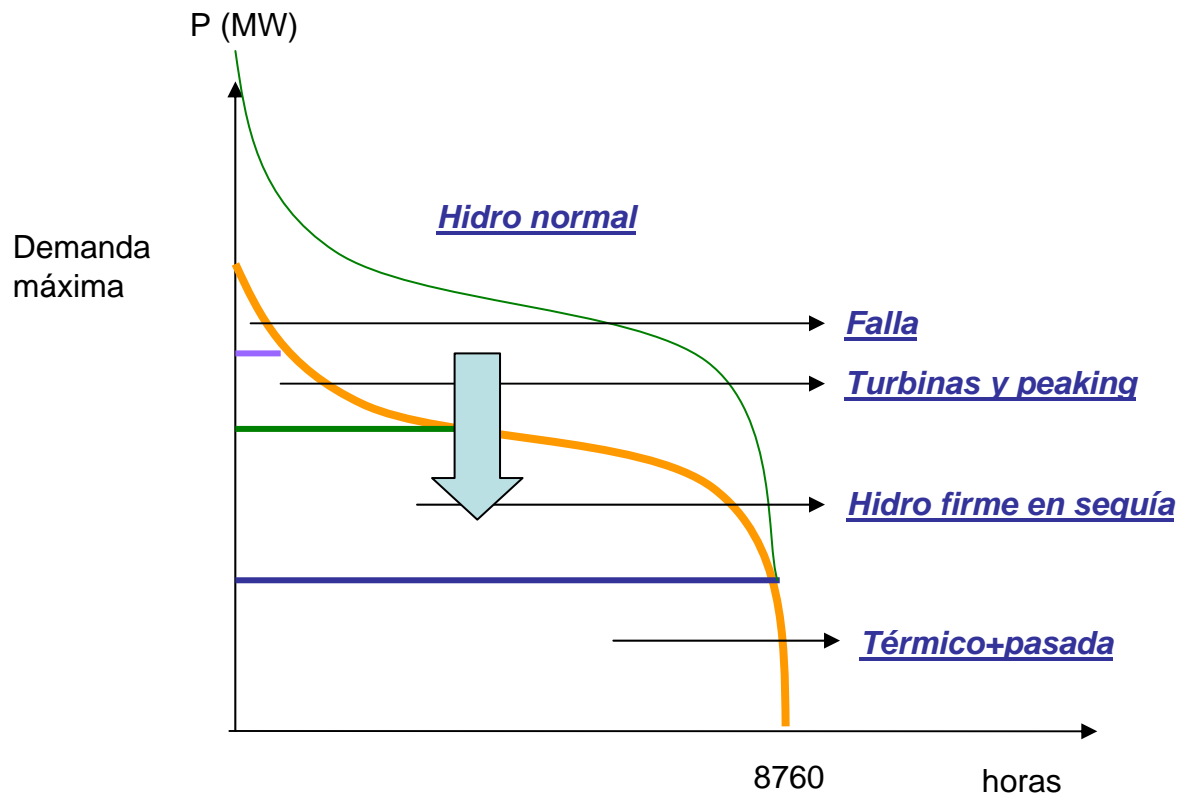
Resource Adequacy

- Cómo abastecer la curva de carga al menor costo posible.



Sistema hidrotérmico

- En un sistema hidrotérmico debe tenerse en cuenta la variabilidad hidrológica.



Problema de expansión de largo plazo

$$\text{Min} \left(\Phi(a, b) = \int_0^{D_{\max}} (a(p) + b(p) \cdot t) \cdot dp \right)$$

donde:

Φ = Costo anual de operación, falla e inversión

$a(p)$ = Amplitud del costo del kW instalado (US\$/kW - año)

$b(p)$ = Costo variable de operación del kW instalado (US\$/kWh)

$p(t)$ = potencia (kW)

Se demuestra que para lograr el mínimo costo, debe cumplirse:

$$\Phi_{\text{minimo}} = a(d_{\max}) \cdot d_{\max} + \int_0^{8760} p \times b \times dt$$

Demanda máxima Valorizada al
costo instalación potencia punta

Energía valorizada al costo marginal

Problema del Despacho: sistemas térmicos

Problema:

$$z = \text{Min} \left(\sum_{i=1}^n c_i \times g_i \right)$$

s.a

$$\sum_{i=1}^n g_i = d$$

$$g \leq \bar{g}$$

donde :

z = costo operativo

i = índice de generadores

n = número de plantas

c_i = costo variable de operación planta i

g_i = generación planta i

d = demanda

g = vector de generaciones

\bar{g} = vector de capacidades instaladas

- Problema de programación lineal
- Existen restricciones adicionales: pérdidas de energía, limitaciones en las líneas de transmisión, costos de partida, mínimos operacionales, etc.

Problema del Despacho: sistemas térmicos (2)

- La solución al despacho de generación es
 - “genere con las plantas de acuerdo a un criterio de costos variables de operación crecientes (según “lista de mérito”) hasta atender el total de la demanda.”
 - La última unidad que genera es conocida como generador marginal.
- Los multiplicadores simplex de cada restricción corresponden en términos de la teoría económica a los costos marginales de corto plazo del sistema.
- El precio spot está dado por: $\frac{\partial z}{\partial d} = \pi_d = c_j^*$
- En sistemas hidrotérmicos el problema es más complicado:
 - Cómo usar la energía hidroeléctrica "gratis" que está almacenada en los embalses, evitando así gastos de combustible con las unidades termoeléctricas

Entonces: ¿Regulación o Competencia?

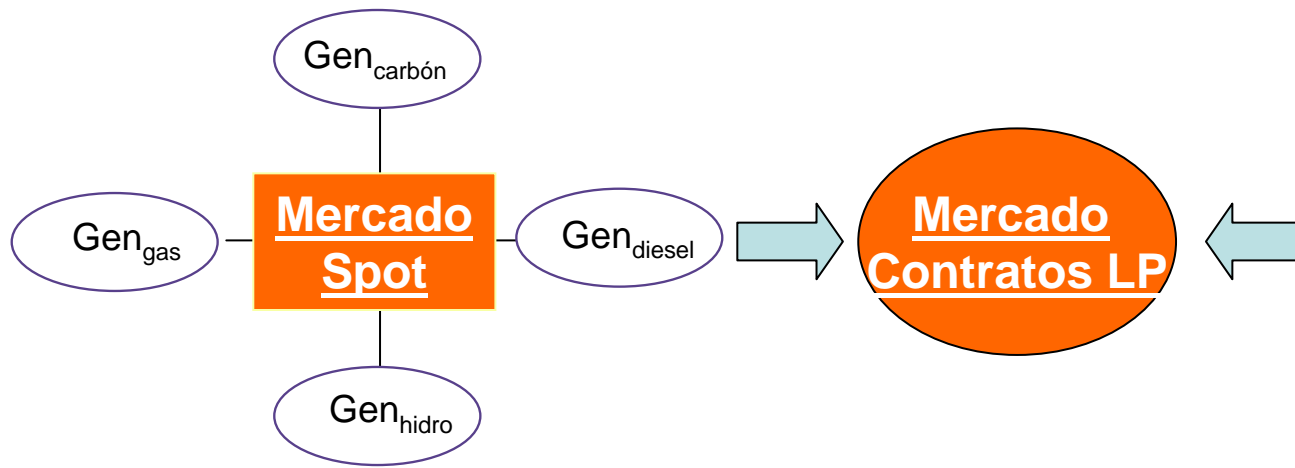
- G históricamente tuvo un carácter estratégico y se pensaba que debía ser responsabilidad de estado, con planificando centralizada.
- A comienzos de los ochenta en Chile, por primera se crea un mercado en donde existe competencia de privados en G.
- Más tarde, a comienzos de los noventa en Inglaterra y Gales también se crea un mercado de generación y se privatiza G.
- Posteriormente otros países han incorporado, con algunas modificaciones, uno u otro modelo:
 - Modelo Ch: LA
 - Modelo I&G: UK, USA, Nordpool, Colombia, El Salvador (hasta 2006)
- Existe consenso en que G es competitivo, sin embargo, existen debates sobre los mecanismos regulatorios para asegurar:
 - Suficiencia
 - Calidad

Temas de debate

- La pregunta es cómo “*asegurar suficiencia económica*” bajo competencia. Debate en algunos aspectos regulatorios:
- Cargo por capacidad en el spot
- Bolsa vs costos variables auditados
- Obligatoriedad de contratos de largo plazo
- Acceso de los clientes a precios spot

Modelos regulatorios G-T-D-C

Modelo Chileno: LA



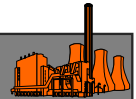
Distribuidoras

- Comercialización
- Tarifa= $PNLP + Tx + VAD$



Clientes libres

- Negocian directamente
- Potencia mayor 2 MW
- Precio= $PL + Tx$



Mercado Spot:

- Despacho por costos
- Transacciones de E, C y SSCC
- Precio= costo marginal
- Acceden generadores
- Cargo por capacidad explícito
- Generadores negocian reducciones de consumo

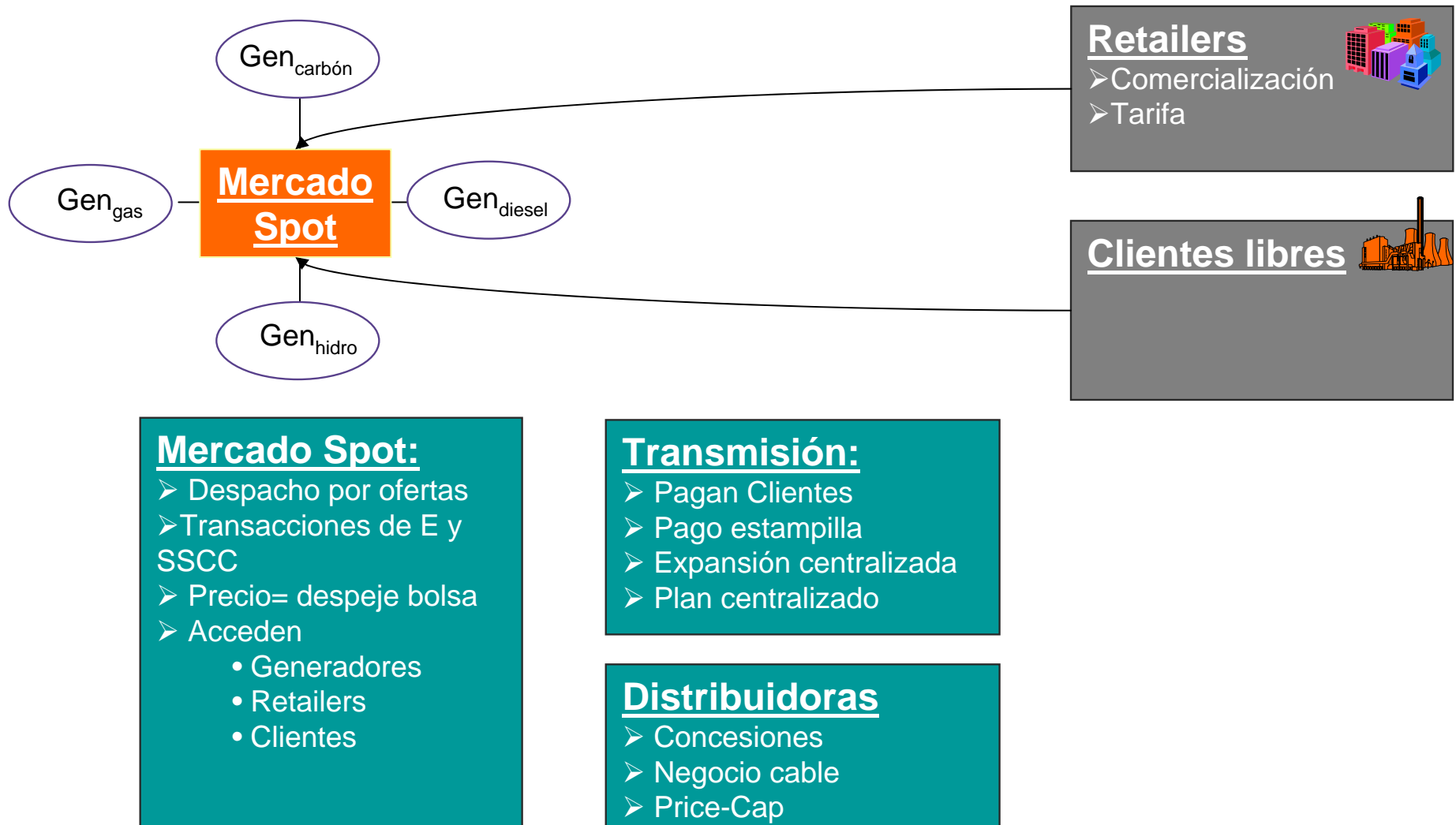
Transmisión:

- Pagan Gen y Clientes
- Pago según uso
- Expansión Competitiva
- Plan referencial

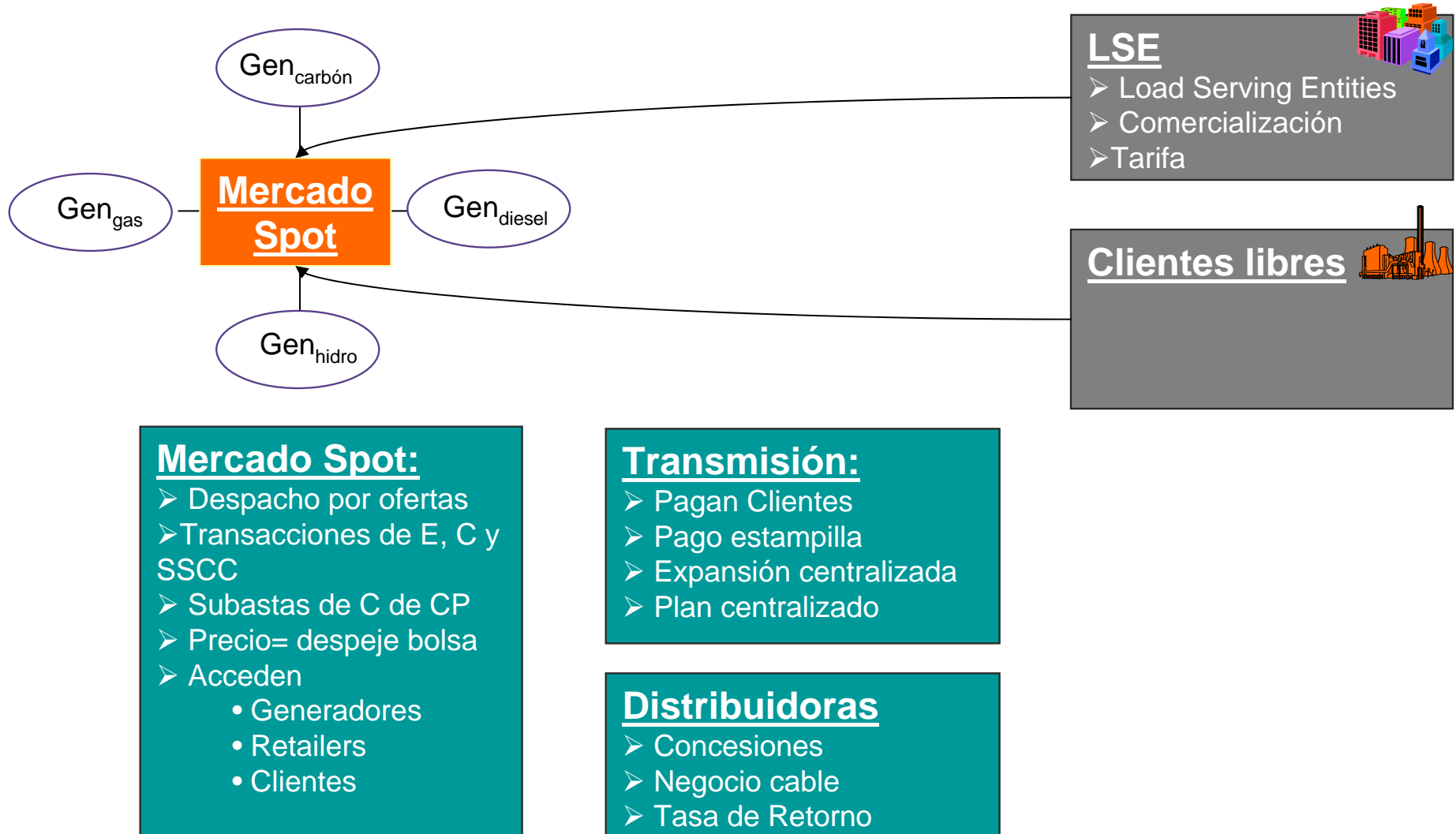
Distribuidoras

- Concesiones
- Negocio cable
- Empresa modelo

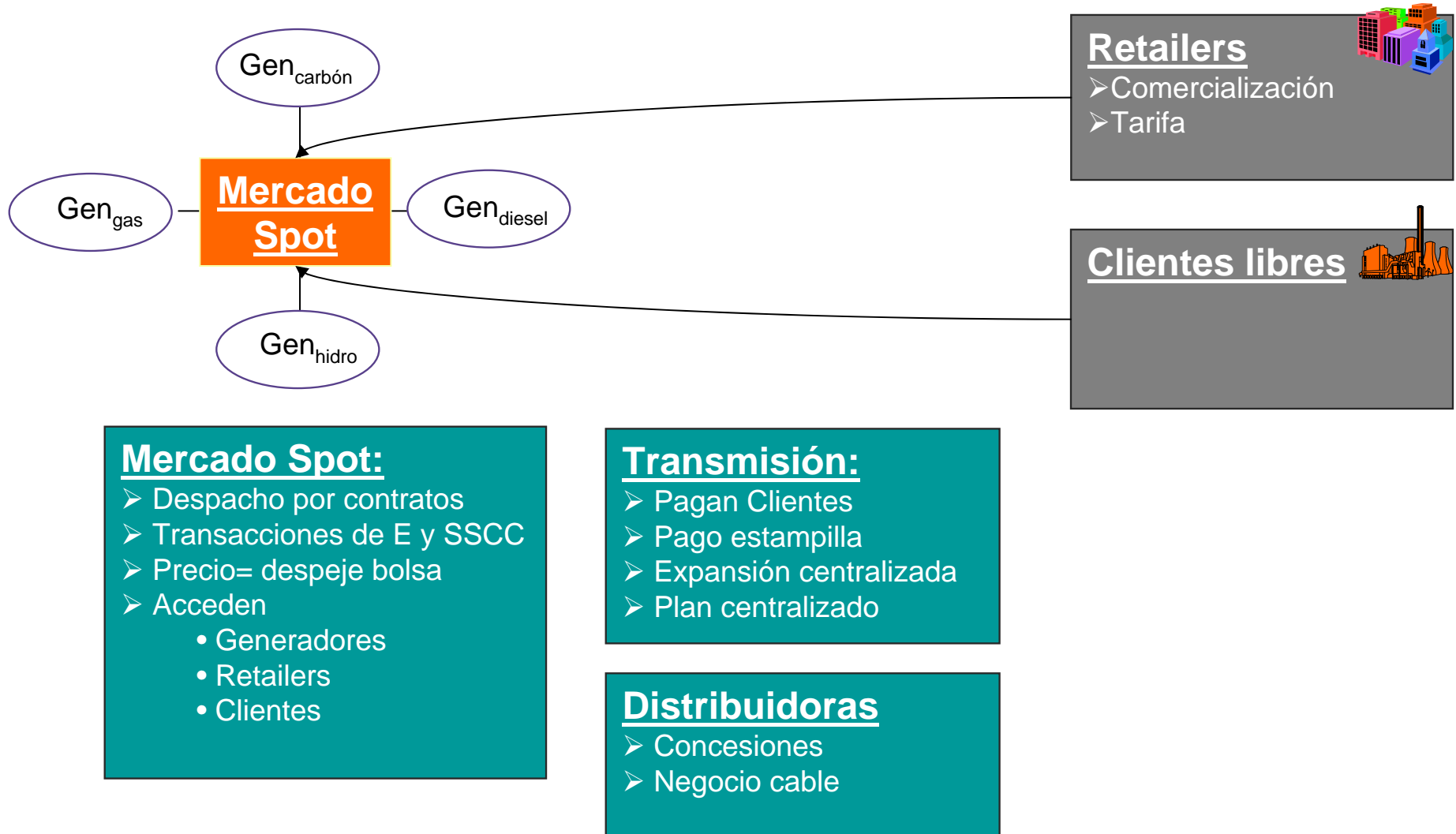
Modelo Inglaterra y Gales: UK



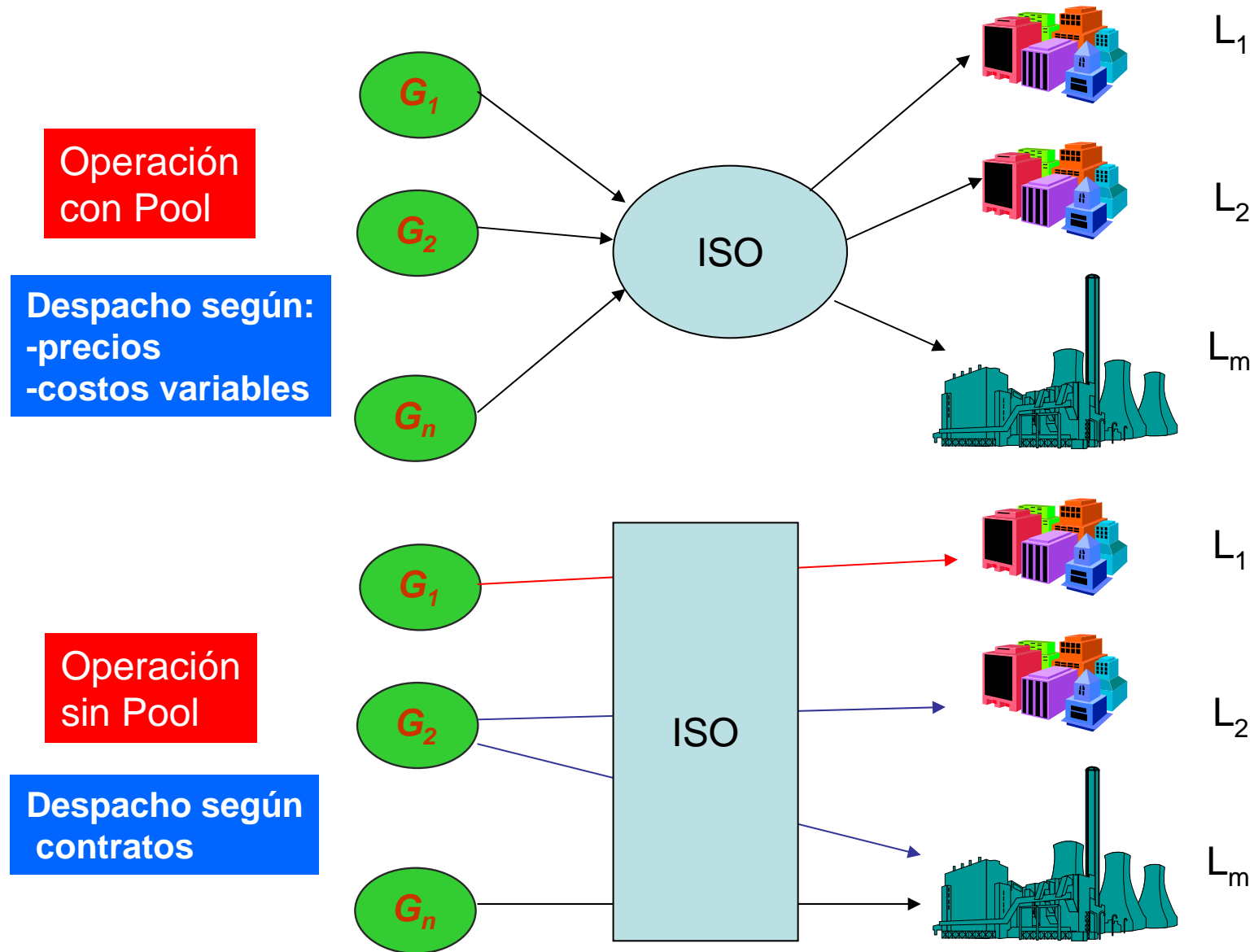
Modelo North East – USA: PJM, NEPOOL, NY



Modelo Nord Pool: Noruega, Suecia, Finlandia y Dinamarca



Despacho por costos-ofertas vs por contratos físicos



FIN