UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA

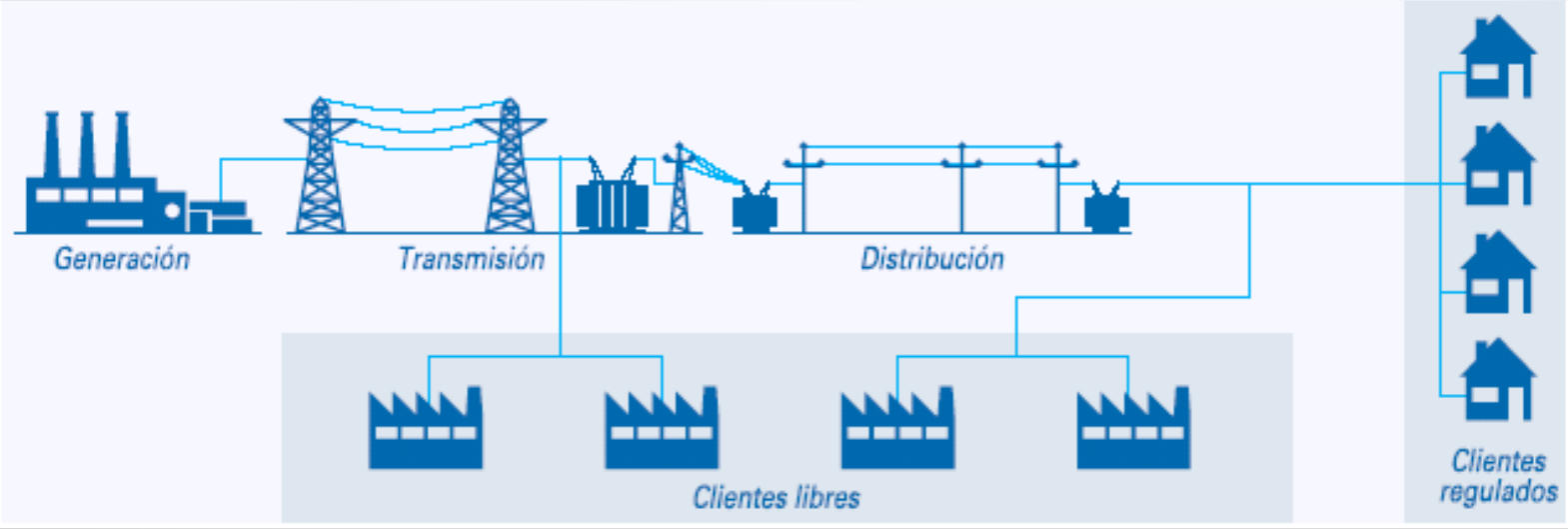
El mercado eléctrico chileno
Evolución y Desafíos futuros

Profesor Francisco Aguirre Leo

Mayo 2019

La Industria eléctrica

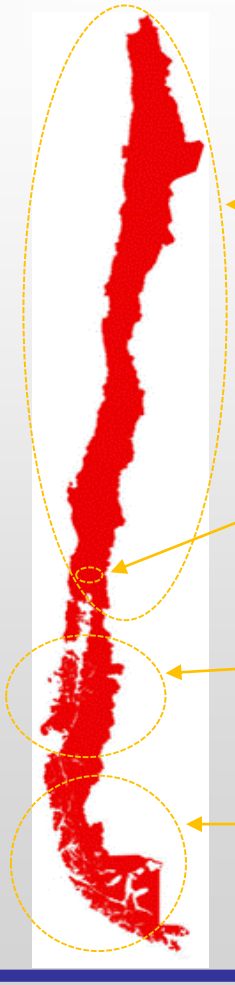
- La cadena de valor… es una actividad en serie



GX→TX→DX y Comercialización en c/u

Los sistemas eléctricos en Chile

- Situación hasta nov-17
  - Chile continental dividido en 5 sistemas
    - Sistema Interconectado del Norte Grande (SING)
      - Arica y Parinacota - Antofagasta
    - Sistema Interconectado Central (SIC)
      - Atacama - Los Lagos
    - Sistemas eléctricos de Los Lagos
      - Sistemas aislados: Cochamó y Hornopirén
    - Sistemas eléctricos de Aysén
      - Sistemas aislados: Aysén, General Carrera y Palena
    - Sistemas eléctricos de Magallanes
      - Sistemas aislados: Pta. Arenas, Pto. Natales, Porvenir y Pto. Williams
- Situación desde nov-17
  - Interconexión SIC-SING (21/11/2017) da origen a nuevo Sistema Eléctrico Nacional (SEN)
  - Actualmente existe 1 gran sistema a nivel nacional y 3 sistemas “aislados”.
  - Hoy aun falta un tramo cuyo desarrollo está obstruido por comunidades ecologistas



SEN (SIC+SING)
Pot. Bruta instalada: 24.586 MW
Gen. Bruta: 75.641 GWh
Dem. Max.: 10.569 MW

Los Lagos
Pot. Bruta instalada: 7,5 MW
Gen. Bruta: 21,6 GWh
Dem. Max.: 4,2 MW

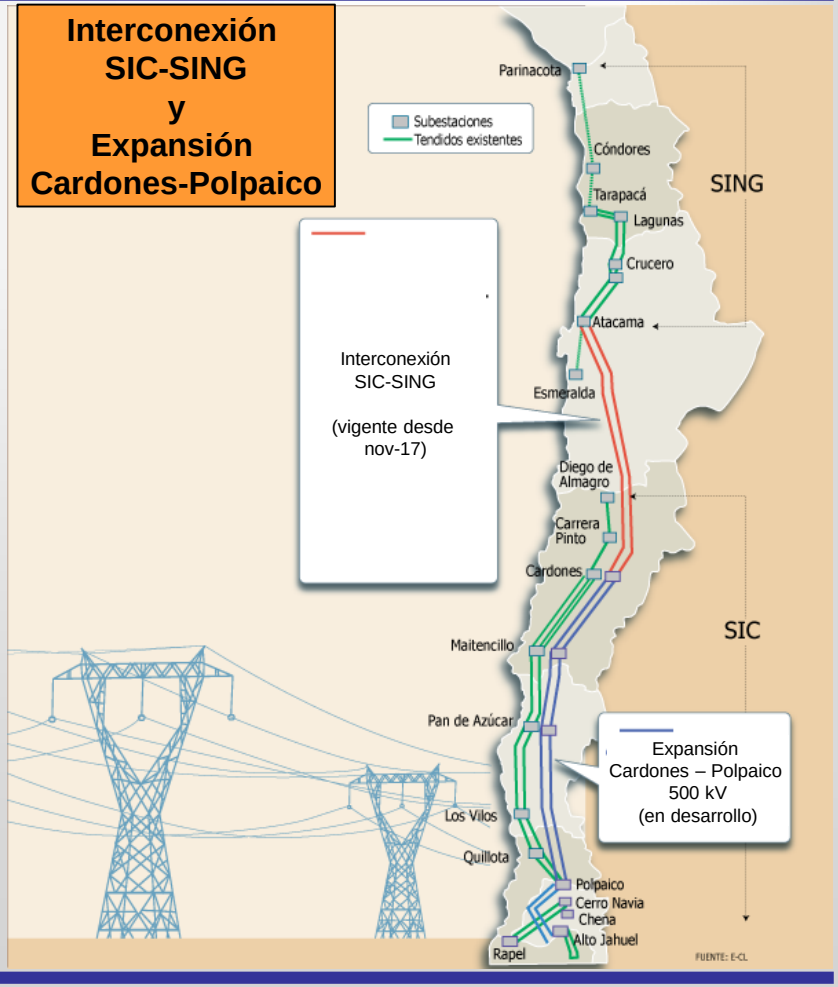
Aysén
Pot. Bruta instalada: 63,8 MW
Gen. Bruta: 172,8 GWh
Dem. Max.: 29,8 MW

Magallanes
Pot. Bruta instalada: 120,1 MW
Gen. Bruta: 339,8 GWh
Dem. Max.: 56,6 MW

Datos año 2018
Fuente: Estadísticas CNE

Los sistemas eléctricos en Chile

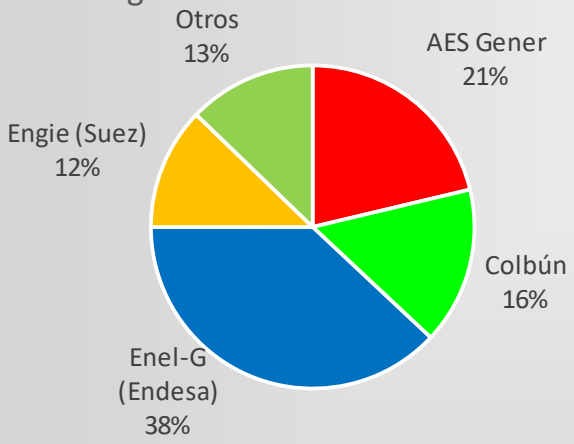
- Interconexión SIC-SING
  - Desarrollado por Transmisora Eléctrica del Norte (TEN)
  - Línea 500 kV que une las zonas de Mejillones (SING) y Copiapó (SIC)
  - Extensión de 580 km
  - Inversión de aprox. US$700 Mill.
  - Puesta en servicio el 21/11/2017
- Expansión Cardones-Polpaico
  - Desarrollado por ISA Interchile
  - Parte del Sistema de Transmisión Nacional (ex Troncal)
  - Línea 500 kV Polpaico – Cardones
  - Extensión de 753 km
  - Inversión de aprox. US$ 1.000 Mill.
  - Puesta en servicio proyectada inicialmente para 2018, pero retrasada para 2019)
- Plena disponibilidad del “nuevo sistema centro-norte” se espera para 2020
- Hoy hay una comunidad ecologista que se resiste impidiendo logro de terminar ultimo tramo y la puesta en servicio final.



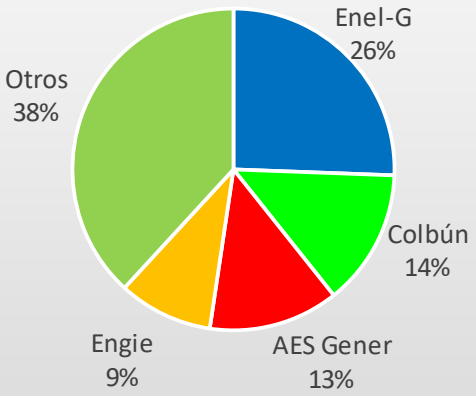
El mercado de generación (Capacidad 2009 vs actual)

SEN = SIC+SING

Distribución capacidad neta instalada por generador SIC+SING 2009



Distribución capacidad neta instalada por generador SEN 2018



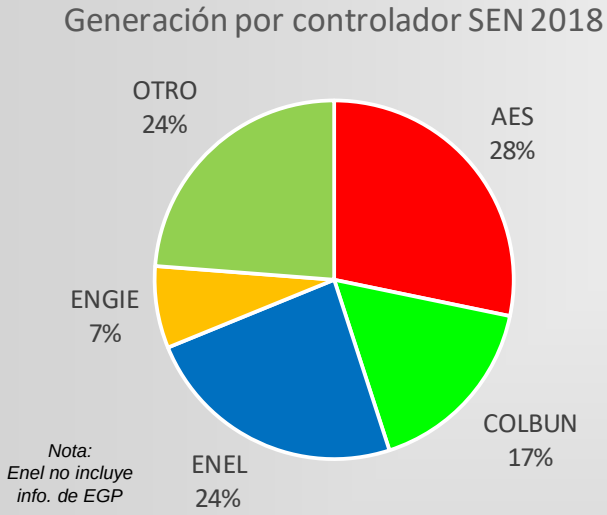
Mercado nacional (SEN) con 4 actores principales:

- Enel Generación (UE)
- Colbún (Chile)
- AES Gener (USA)
- Engie (UE)

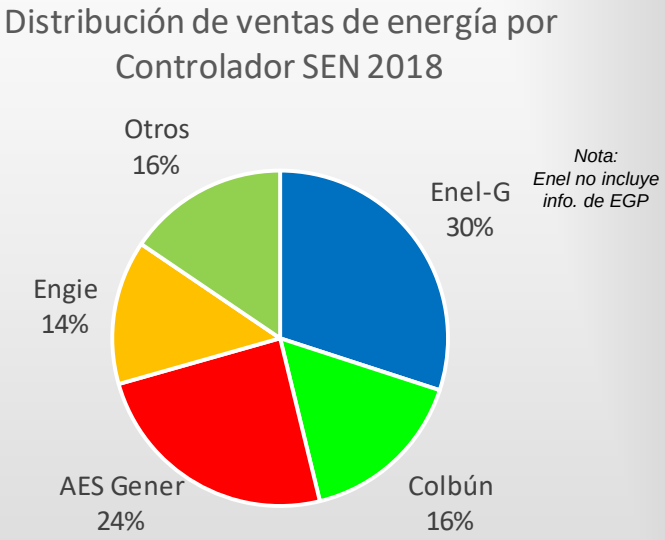
Fuente: Elaboración propia en base a estadísticas de CNE

El mercado de Comercialización

❑ Generación y venta de energía (2018)



SEN = SIC+SING

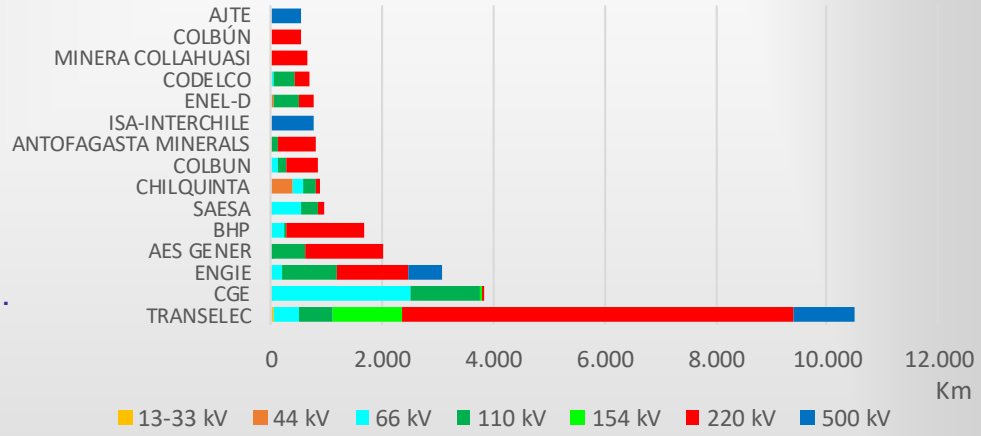


Según datos del Coordinador (Info. Coordinados 2019) actualmente en el SEN existen 307 empresas propietarias de medios de generación (incluyendo desde grandes centrales a PMGD), pero considerando solo los “controladores” de estas, existen podría decirse que existen cerca de 250 empresas.

El mercado de transmisión

- Propietarios de transmisión SEN
  - SEN Centro-Sur (SIC): 105 empresas propietarias de líneas (86 “controladores”).
    - 45 Generadores
    - 14 Mineros
    - 16 Otros clientes
    - 6 Distribuidores
    - 5 Transmisores
      - Transelec, Transchile, Eletrans, Transquillota e ISA-Interchile
  - SEN Norte (SING): 43 empresas propietarias de líneas (35 “controladores”).
    - 9 Generadores
    - 20 Mineros
    - 2 Otros clientes
    - 1 Distribuidor
    - 3 Transmisores
      - Transelec, Transmisora Mejillones, Transmisora Baquedano

Principales (15) propietarios de líneas de transmisión SEN (SIC+SING) por Km instalados



Nota: Incluye línea de interconexión SIC-SING y nuevo sistema Cardones-Polpaico (en desarrollo)

Fuente: Elaboración propia en base a estadísticas CNE 2017

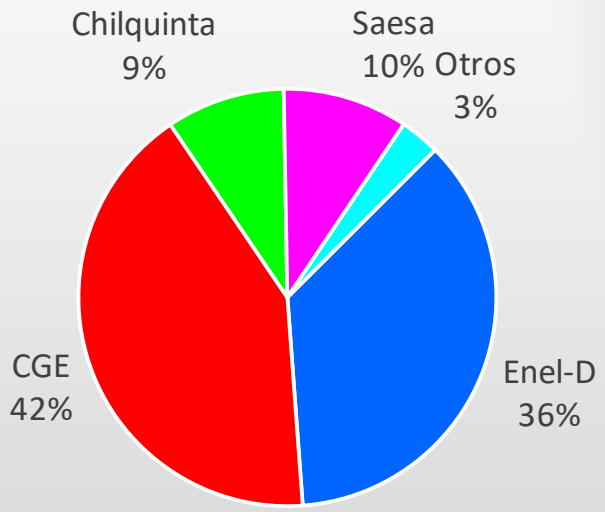
Nota: Resumen de propietarios y/o controladores por sistema no considera participación de TEN como propietario de interconexión SIC-SING

El mercado de distribución

- **Empresas Distribuidoras en el SEN (según DS 11T/2016)**

Grupo controlador	SEN Centro-Sur (SIC)	SEN Norte (SING)
Enel	Enel-D (RM), E.E. Colina (RM) y Luz Andes (RM)	-
CGE	CGED (V, RM, VI, VII, VIII y IX), Elecda (II), Conafe (III, IV y V) y Emelat (III).	Emelari (XV) Eliqsa (I) Elecda (II)
Saesa	Saesa (IX, X y XIV), Frontel (VIII y IX) y Luz Osorno (X y XIV)	-
Chilquinta	Chilquinta (V), Edecsa (V y RM), Litoral (V), Luz Parral (VII y VIII) y Luz Linares (VII)	-
Otros	Emelca (V), E.E. Tiltil (V y RM), E.E. Pte. Alto (RM), Coopelan (VIII), Codiner (IX), CEC (VII), Copelec (VIII), Coelcha (VIII), Socoepa (XIV), Cooprel (X y XIV), Crell (X).	Coopersol (XV) *autoabastecimiento de Putre

Distribución de compras de energía por parte de las 30 Empresas Distribuidoras para clientes regulados SEN (2018)

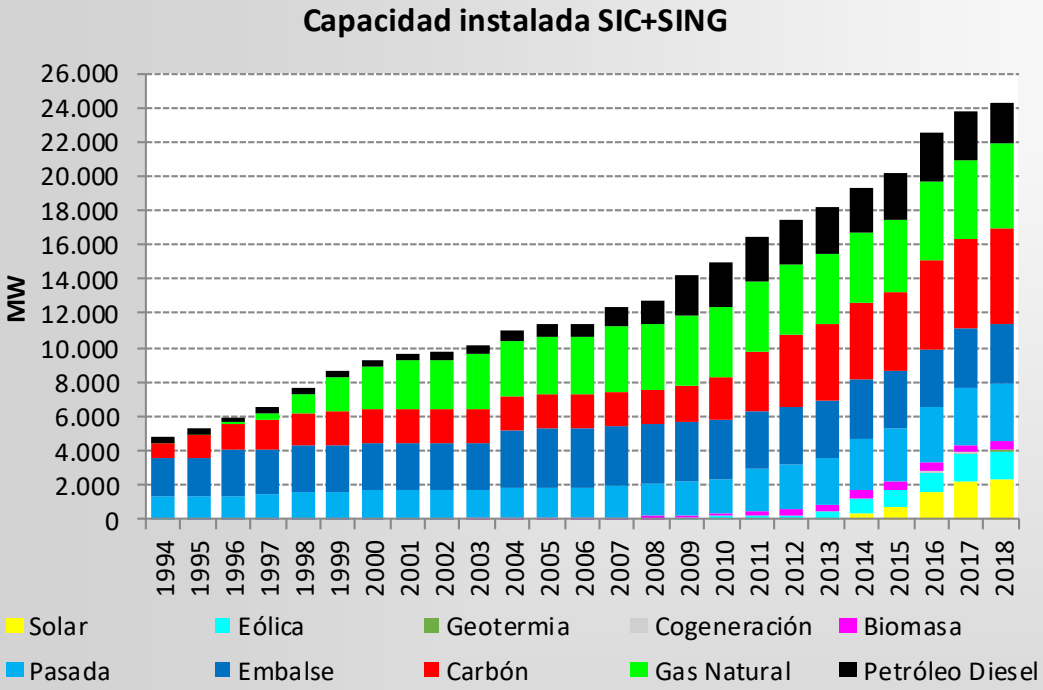


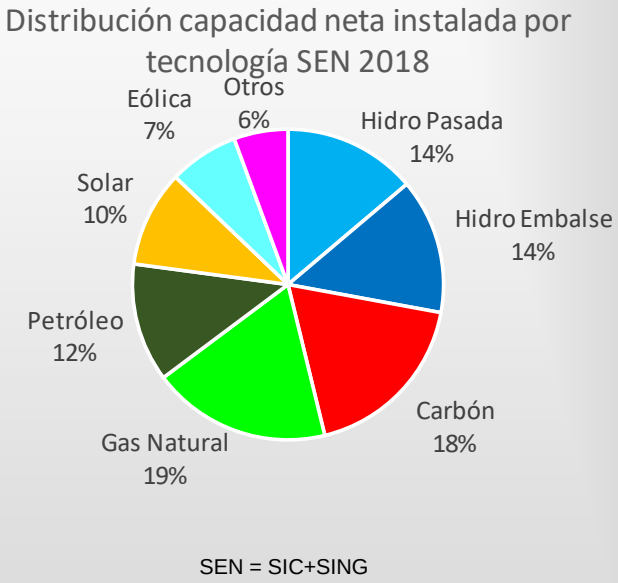
SEN = SIC+SING

Nota: Resumen consolidado por controlador

Fuente: Elaboración propia en base a datos Coordinador Eléctrico Nacional

Evolución Capacidad Instalada SEN (SIC+SING)

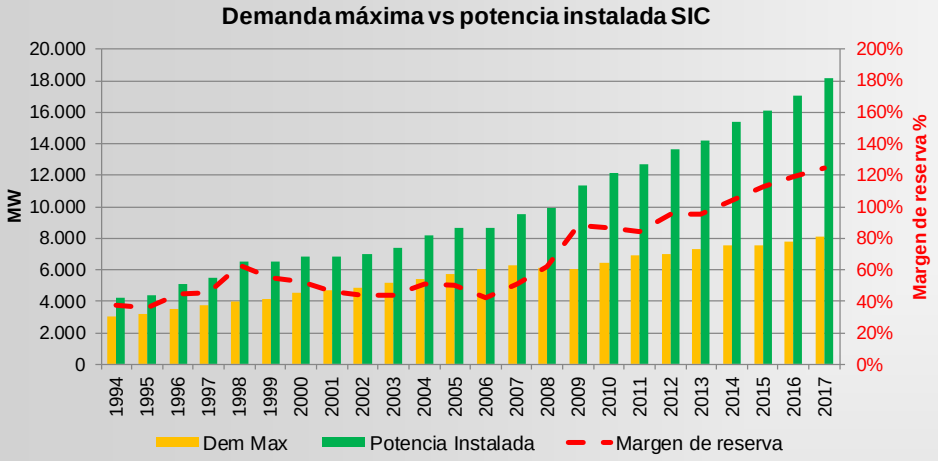


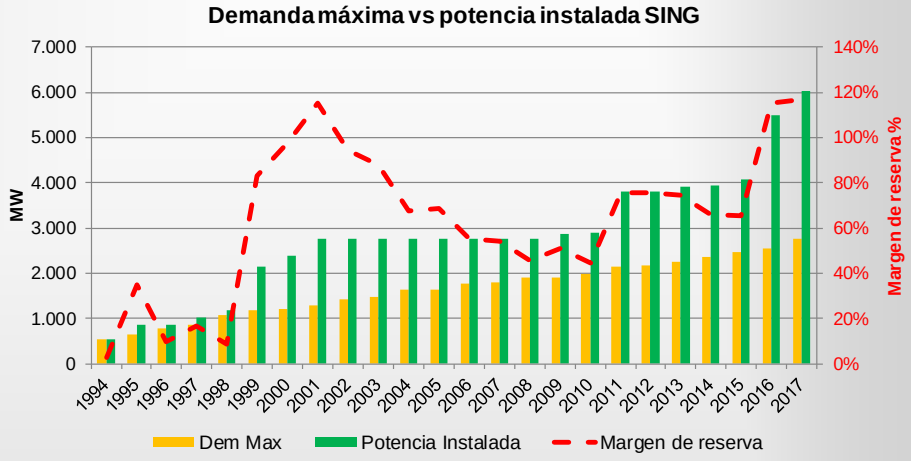


Fuente: Datos CDEC-SING / CDEC-SIC / Coordinador Eléctrico Nacional

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

Evolución Oferta y Demanda "Margen de Reserva"





Nota: No se considera en la capacidad instalada del SING la central Salta, puesto que no inyecta energía al sistema desde el año 2011.

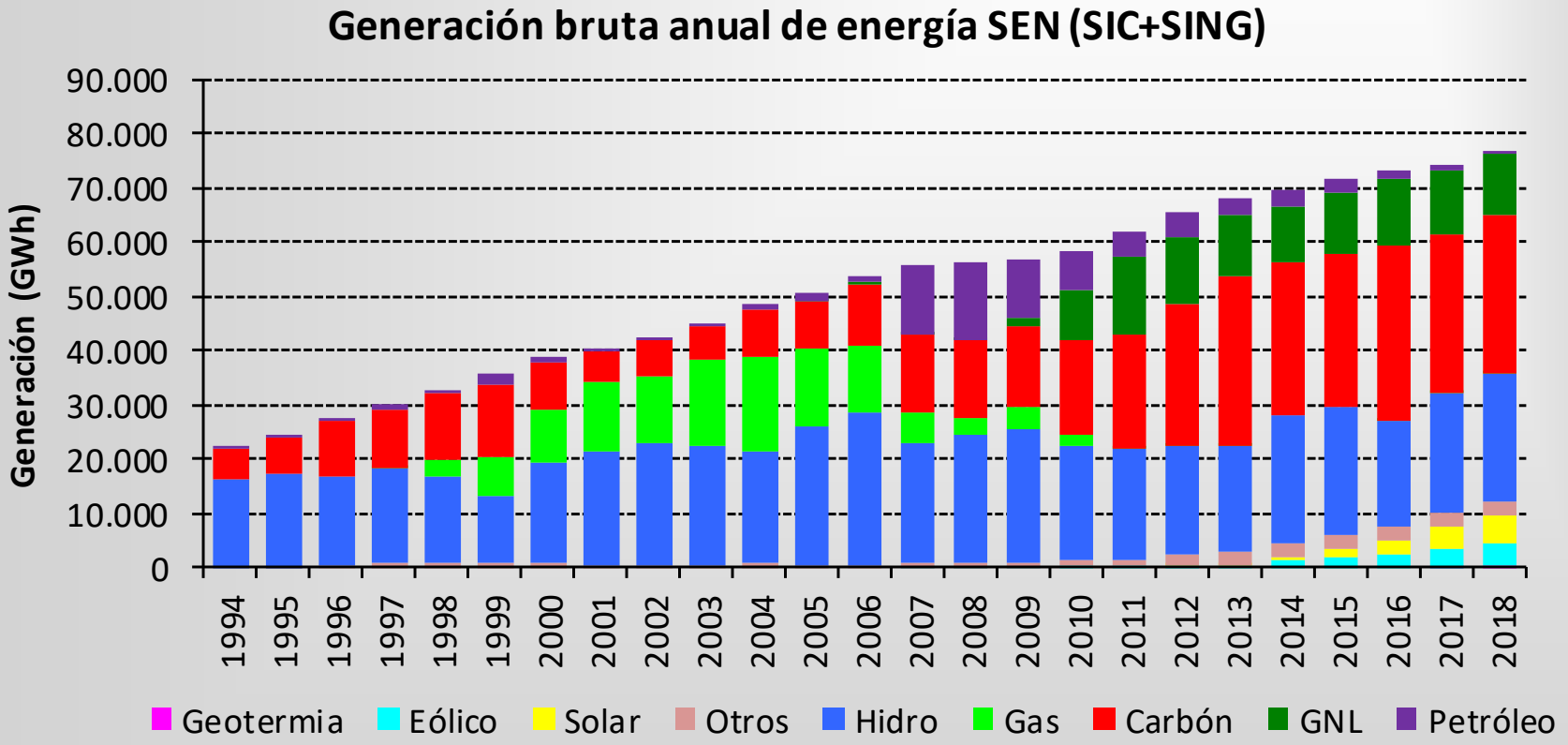
A partir de 2018 no se puede determinar margen de reserva por subsistema ya que Coordinador no informa demandas separadas (solo total SEN)

Capacidad instalada bruta SEN 2018	24.586	MW
Gen. Máx. horaria SEN 2018	10.569	MW
Margen de reserva SEN 2018	133%	

Fuente: Elaboración propia en base a datos CDEC-SIC / CDEC-SING / Coordinador Eléctrico Nacional

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

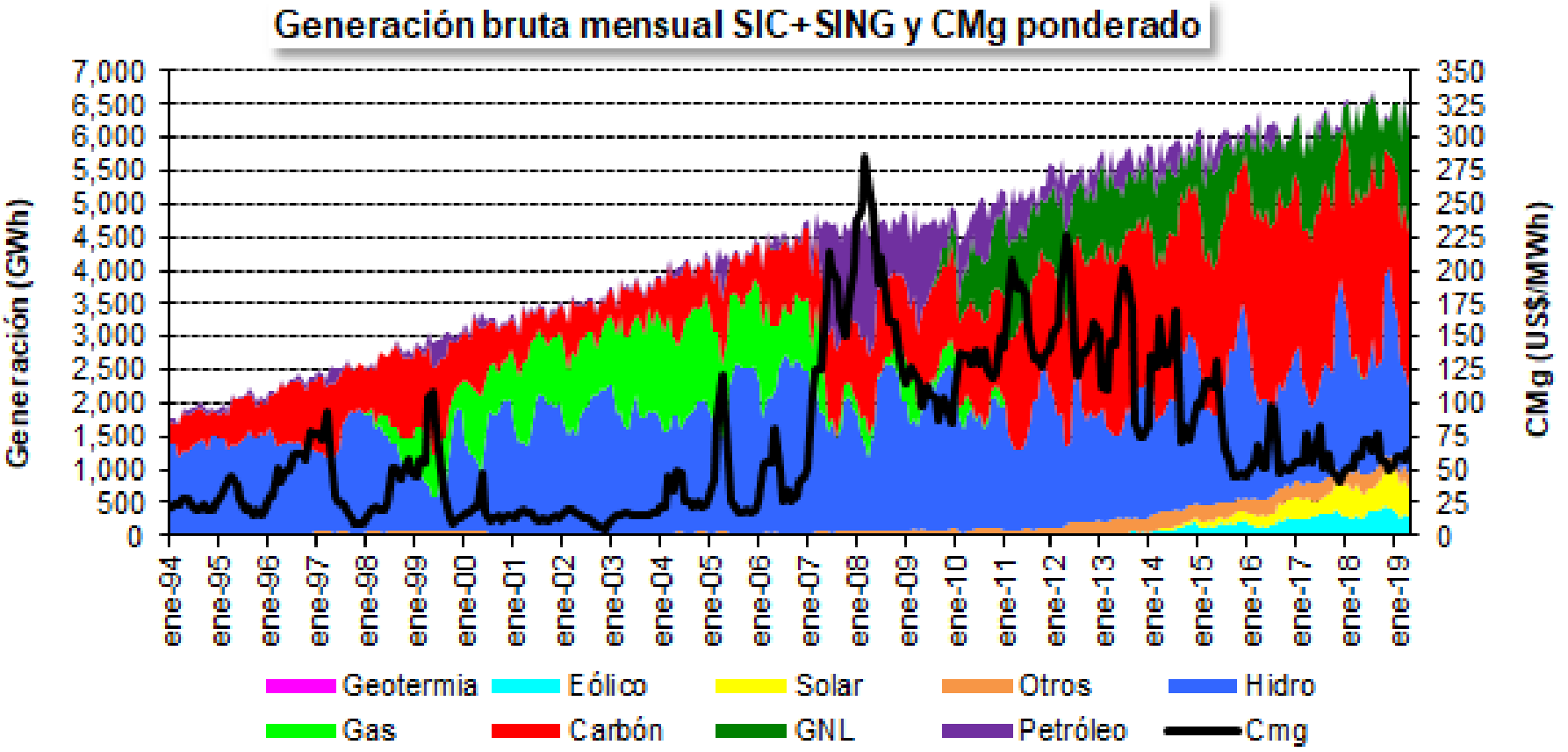
Evolución Producción Energía SEN (SIC+SING)



Fuente: Datos CDEC-SING / CDEC-SIC / Coordinador Eléctrico Nacional

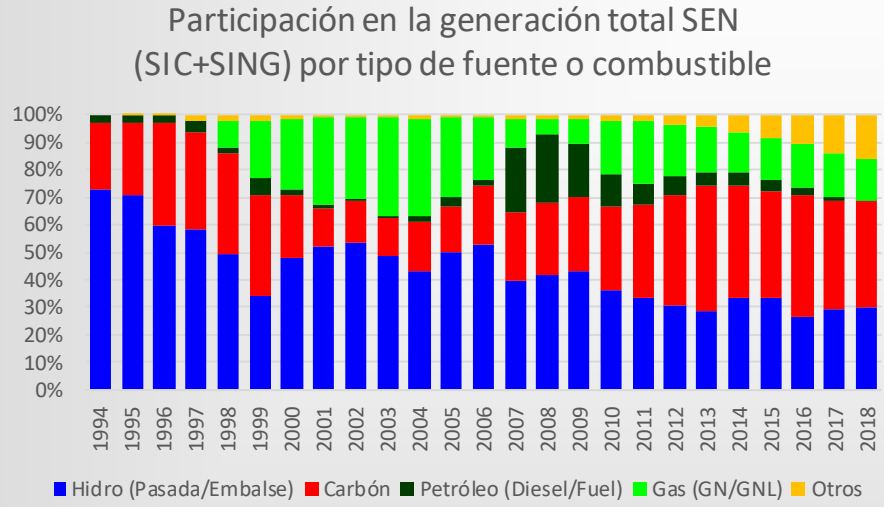
UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

Generación 1994-2019 y sus CMg

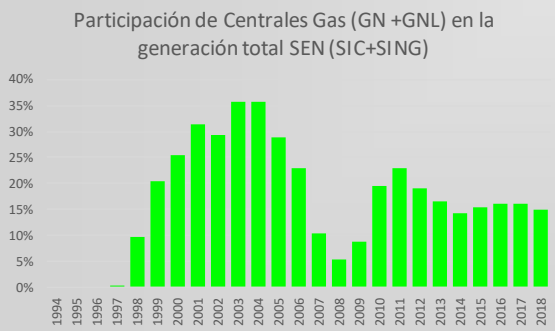


UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

Evolución Producción Energía SEN (SIC+SING)

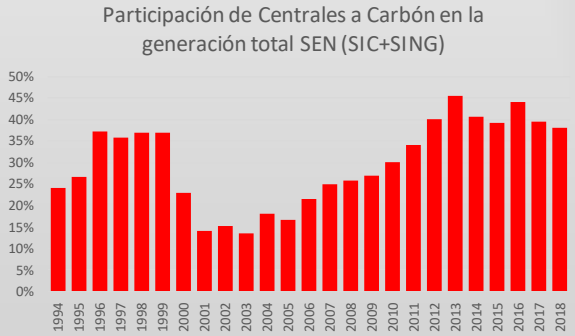


¡Aporte GN estable en últimos años!



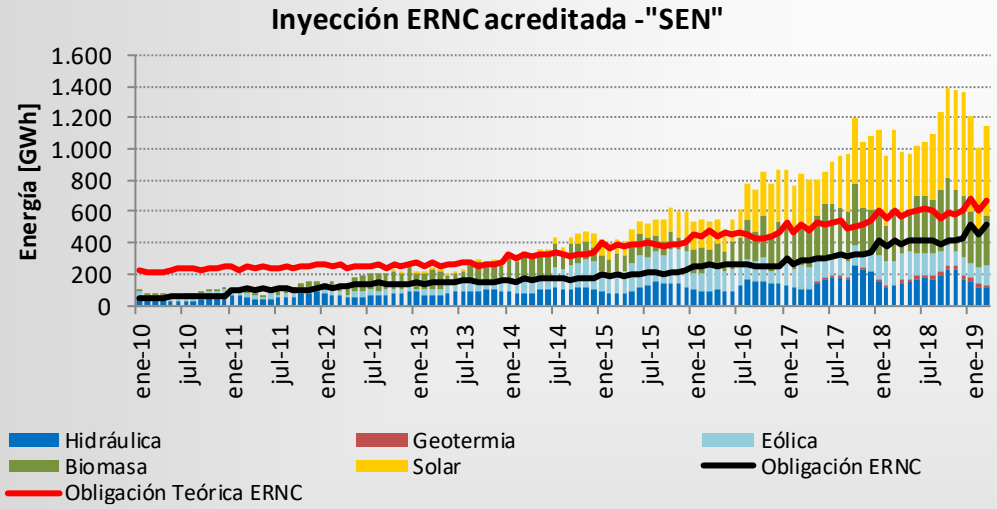
¡Aporte Hidro a la baja!

¡Alta participación de Carbón!



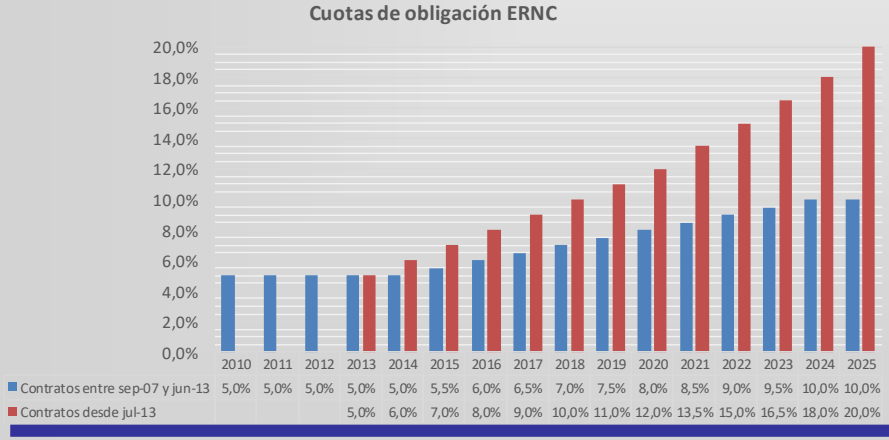
UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

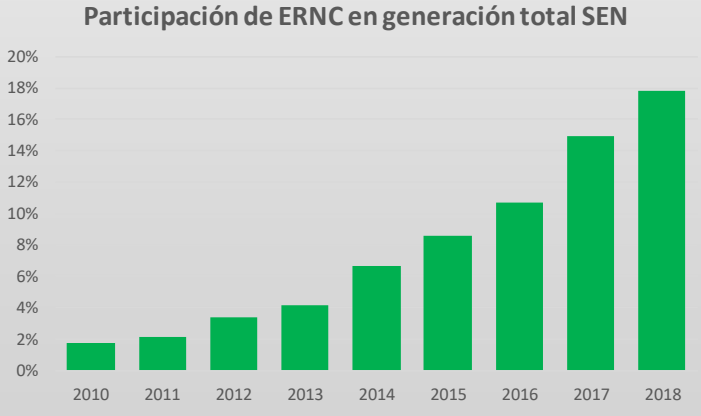
Evolución ERNC



Inyección ERNC supera "exigencia legal"

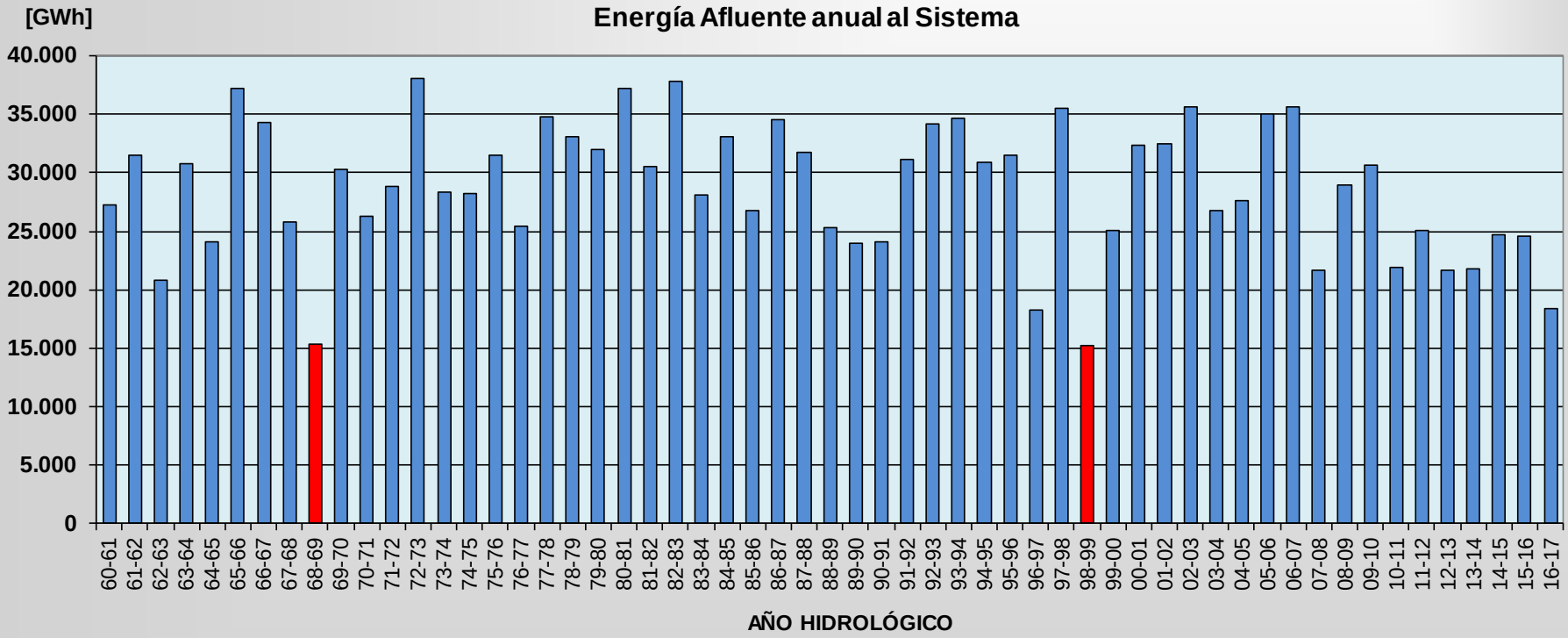
Nota:
"Obligación Teórica" representa hipotético escenario en que se aplicare retroactivamente al total de las ventas de energía la exigencia de inyección ERNC asociada a contratos suscritos desde jul-13.





Energía Afluente SEN (1960-2017)

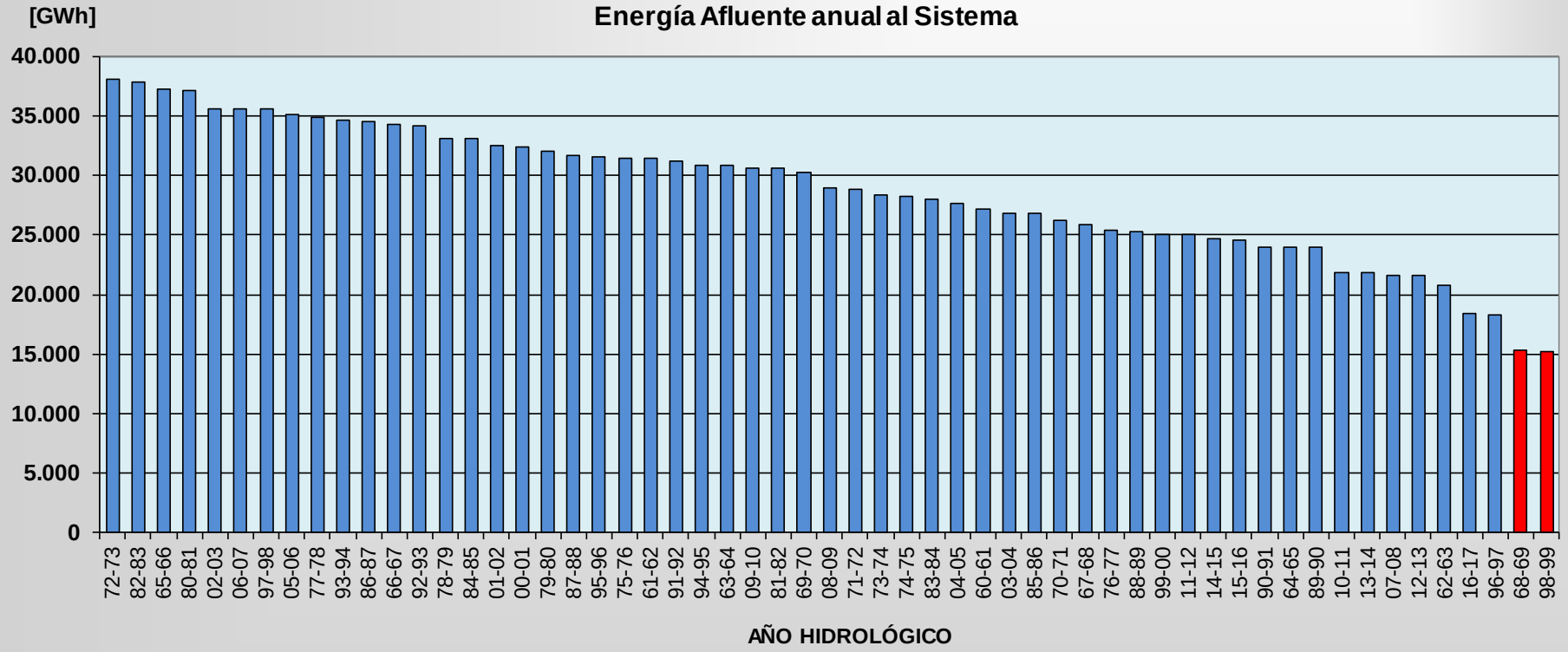
- Energía anual afluente al SIC orden cronológico)



Fuente: Informe Técnico Preliminar para fijación de precios de nudo ene-18 (CNE)

Energía Afluente SEN (1960-2017)

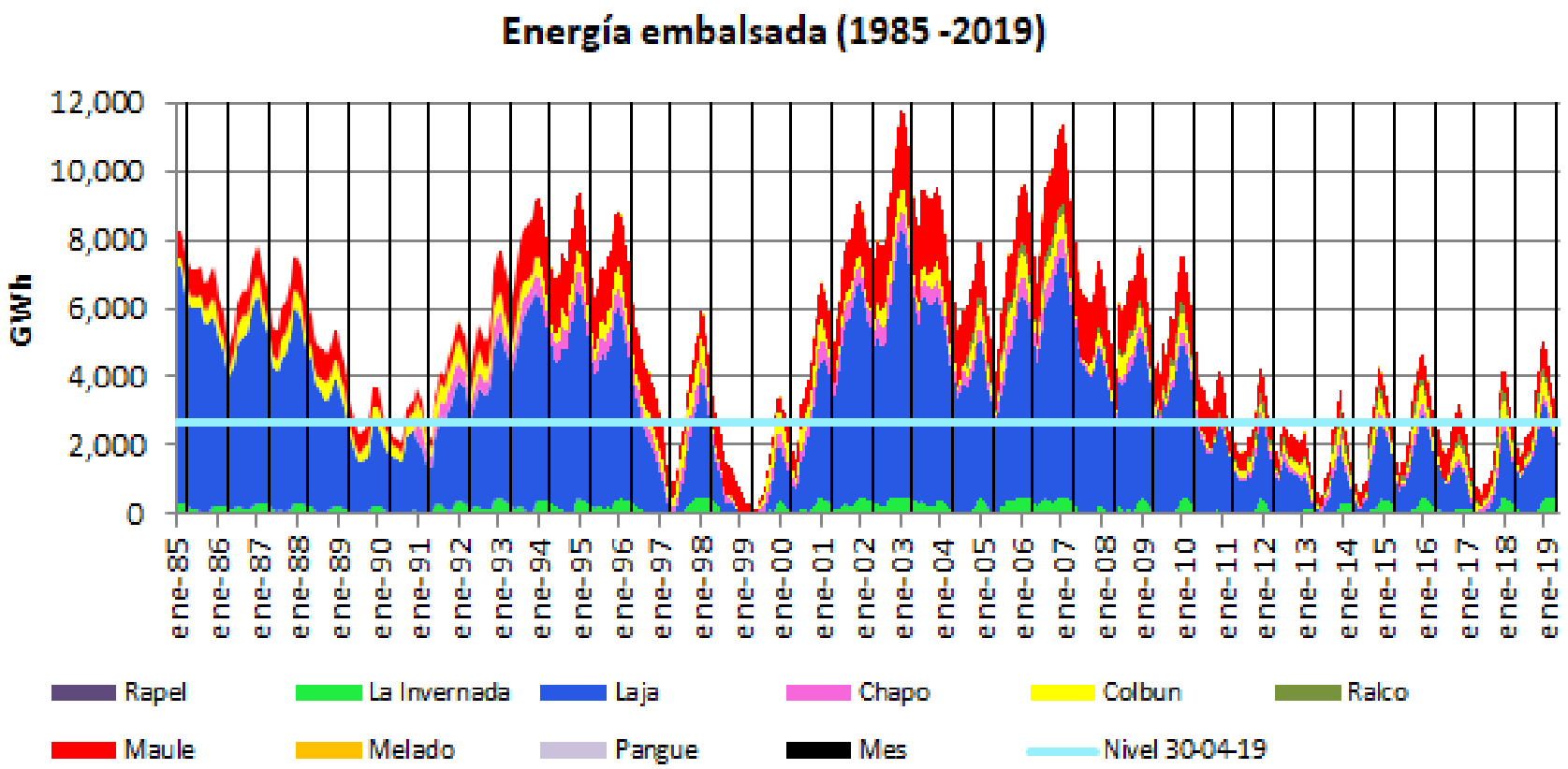
- Energía anual afluente al SIC (según probabilidad de excedencia)



Fuente: Informe Técnico Preliminar para fijación de precios de nudo ene-18 (CNE)

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

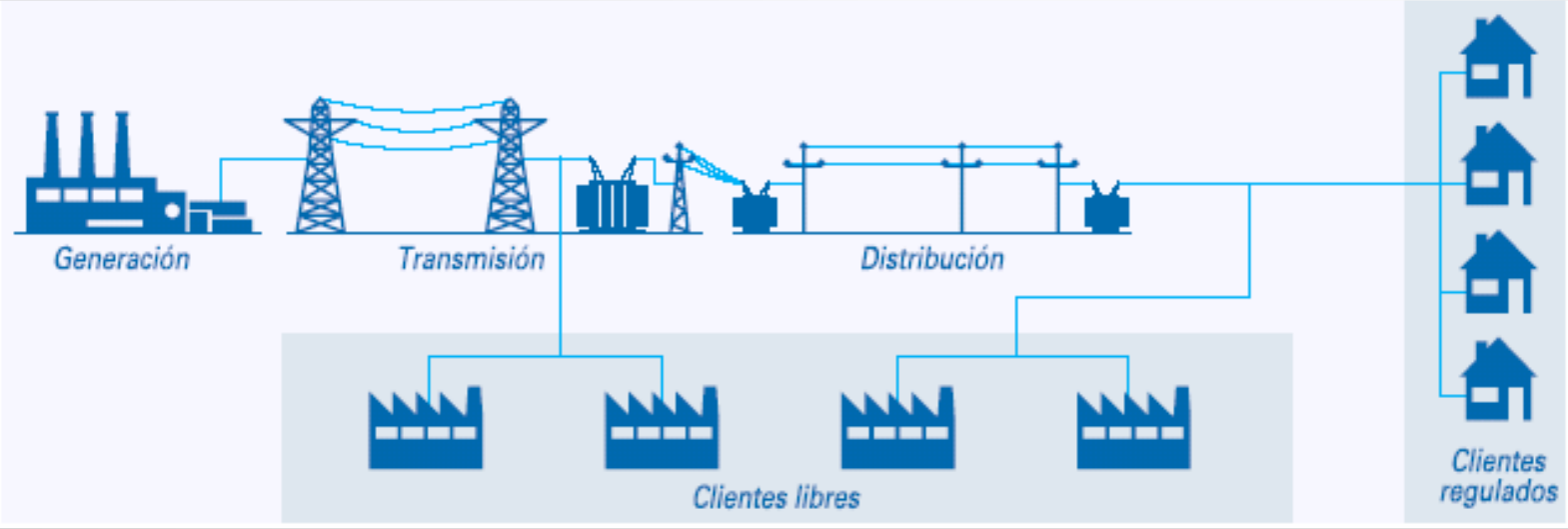
Energía Embalsada en el SEN



UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

El negocio eléctrico

- El negocio eléctrico… una actividad en serie



UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

El negocio de generación

El negocio de transmisión

Inversión en Infraestructura (líneas y subestaciones)

Operación, Mantenimiento y Administración de instalaciones

Negocio de transmisión

Remuneración

Dedicados

Tarificación No Regulada

Tarificación Regulada

Nacional
Zonal
Polos de Desarrollo

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

El negocio de distribución

Inversión en Infraestructura MT - BT (líneas y subestaciones)

Operación, Mantenimiento y Administración de instalaciones

Contrato con Generadores para abastecer a clientes libres

Negocio de distribución

Contrato con Generadores para abastecer a clientes regulados

Licitaciones Reguladas (CNE)

Servicio de transporte a clientes libres de terceros
Peajes de distribución (= VAD)

Suministro a clientes libres propios
Traspaso de contratos con generadores + margen

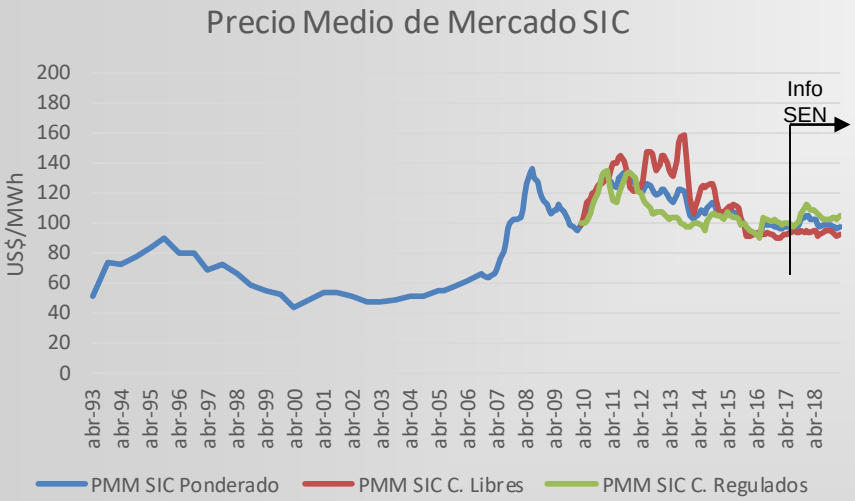
Suministro a clientes regulados
Tarifas reguladas = P. Nudo promedio + VAD + CU

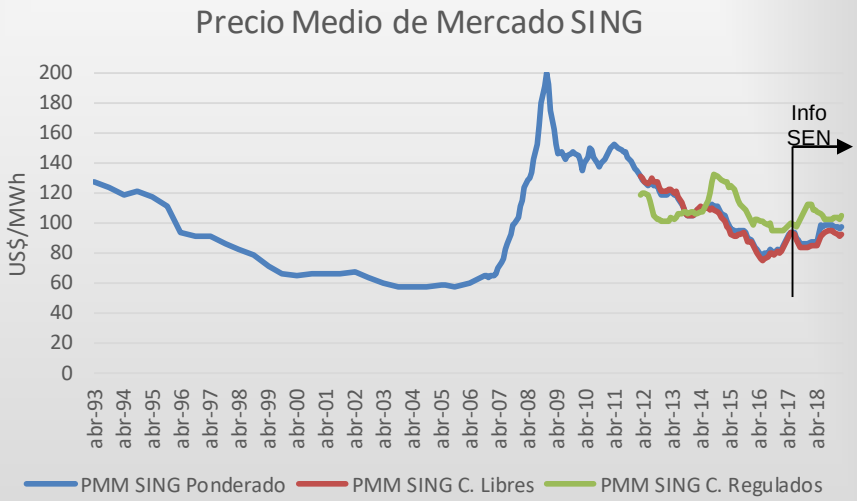
P. Nudo promedio = PNLP (licitaciones) + "Ajustes" (art. 157° LGSE)
VAD = Valor Agregado de Distribución (Renta de la distribuidora)
CU = Cargo único (trasporte + Coordinación + Ser. Público)

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

Precios en el negocio eléctrico

❑ Evolución de Precio Medio de Mercado



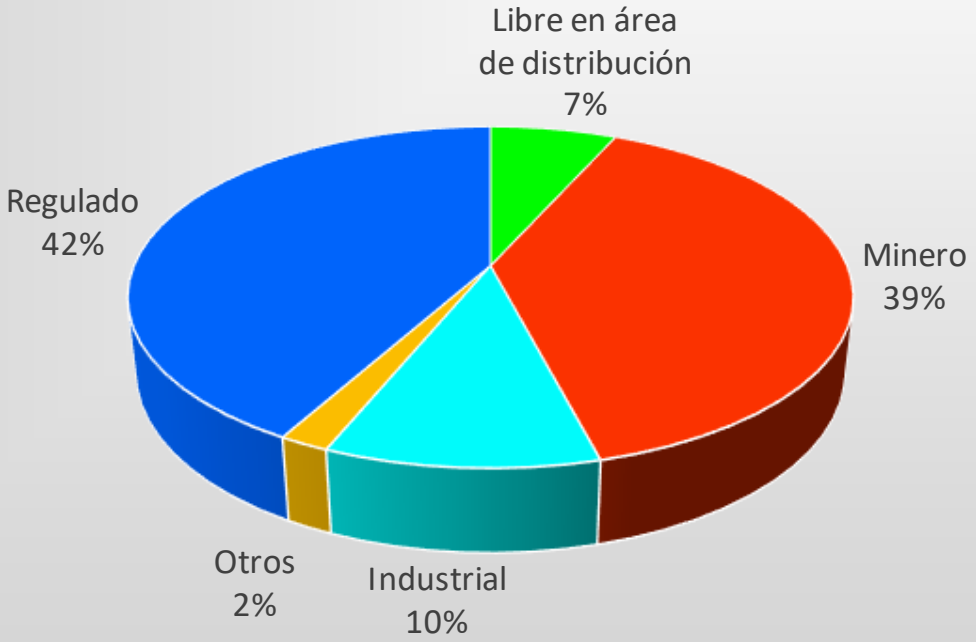


Precios en dólares ajustados por CPI

Nota: desde nov-17 se informa PMM del SEN

Tipos de clientes negocio eléctrico

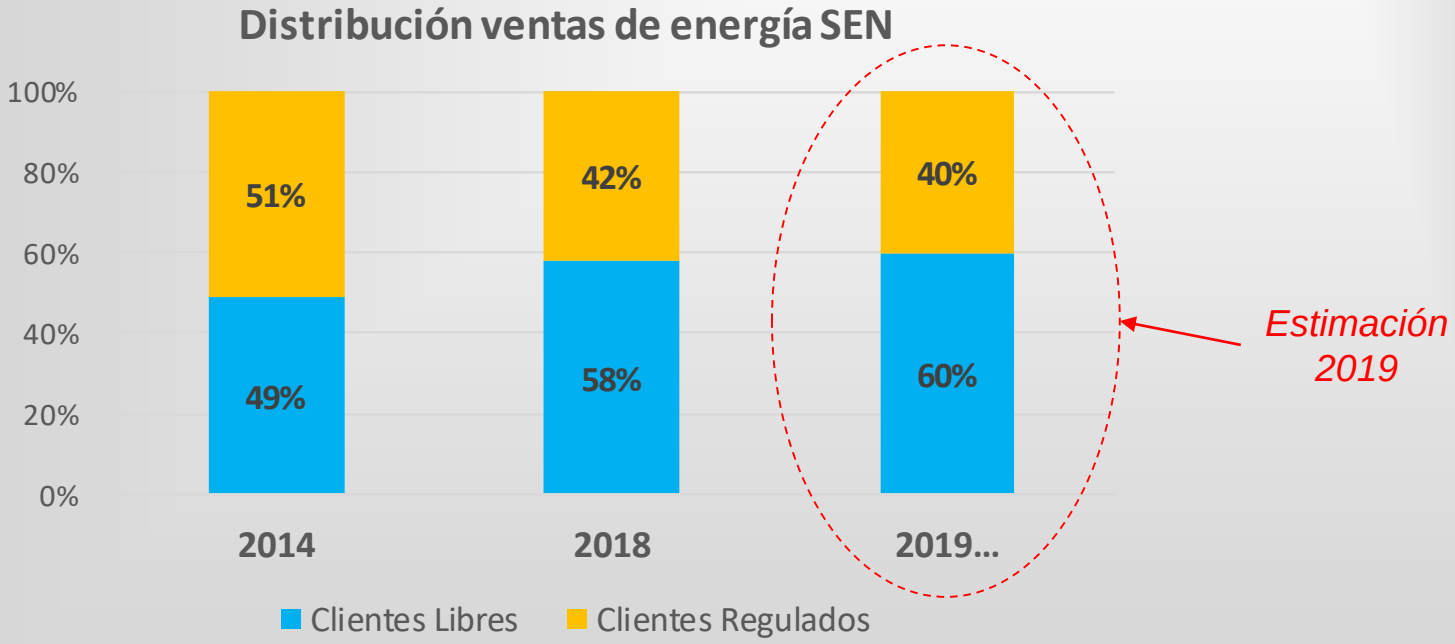
- Distribución de ventas de energía SEN – 2018 por “tipo de cliente”



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Coordinador

Los clientes en el negocio eléctrico

❑ Migración de clientes regulados al mercado libre



Fuente: 2014 - Datos CNE / 2018 – Datos Coordinador

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

Evolución normativa

- **Ley N°1665/1904**
  - Radica en el Presidente de la República la facultad para:
    - Otorgar concesiones de centrales eléctricas y autorizar la ocupación de bienes nacionales con líneas eléctricas
    - Establecer plazos para los permisos de líneas
    - Ordenar la dictación de Reglamento de seguridad en materia eléctrica
- **Decreto Ley N°252/1925** (1° LGSE)
  - Regula la dación de mercedes de agua y concesiones (generación, transmisión y telecomunicaciones), y la constitución de servidumbres para construir y operar las obras correspondientes.
  - Crea el Consejo y la Dirección de Servicios Eléctricos (vigilar cumplimiento de la ley y la relación entre empresas y con el Estado)
  - Formaliza por primera vez un criterio de fijación de tarifas de electricidad para las empresas (criterio contable – rentabilidad de 15% respecto a capital).
- **DFL N°244/1931** (2° LGSE)
  - Elimina el Consejo de Servicios Eléctricos y aumenta el control del Estado sobre la actividad de las empresas concesionarias eléctricas.
  - Mantiene criterio general de fijación tarifaria del DL 252
- **DFL 4/1959** (3° LGSE)
  - Mantiene esquema general vigente en estructura y tratamiento de las diversas materias.
  - Fortalecimiento del esquema tarifario (criterio contable) para posibilitar una rentabilidad razonable que permitiera a las empresas expandir sus instalaciones.
    - Rentabilidad máxima de 10%, pero agrega nuevas condiciones de reajustabilidad para mantener el valor real de las tarifas.
  - Determinación de tarifas queda radicada en una Comisión de Tarifas
- **Decreto Ley 2.224/1978**
  - Creación de la Comisión Nacional de Energía

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

Evolución normativa

- **DFL 1/1982** (4° LGSE)
  - Expresión de una “nueva política” que busca favorecer la eficiencia económica de la operación y desarrollo del sistema energético, asignando al Estado un papel subsidiario.
    - Regula la actividad de distribución (monopolios)
      - Clientes regulados < 2 MW
    - Desregula la actividad de generación y trasmisión, excepto en el precio a distribuidoras (Precios de Nudo).
      - Clientes Libres > 2 MW; deben negociar tarifas con suministrador
      - Uso de líneas debe ser negociado por el usuario o suministrador con el propietario
    - Crea organismos de coordinación de operación de sistemas interconectados (CDEC)
    - Establece política de tarificación a CMg
    - Establece procedimiento para la fijación de “tarifas reguladas” (con participación activa de las empresas) y su reajuste.
    - Establece instrumentos de control que permitan un funcionamiento racional del sector, eliminando controles y regulaciones excesivas que pudieran entrabar innecesariamente su desarrollo.

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

Evolución normativa

- **Ley 19.940/2004** (“Ley Corta I”)
  - Modifica DFL1/82 en materia de transmisión
  - Define de sistemas de trasmisión Troncal, Subtransmisión y Adicional
  - Acceso abierto a Troncal y Subtransmisión, con tarificación regulada
- **Ley 20.018/2005** (“Ley Corta II”)
  - Modifica DFL1/82 introduciendo obligación para distribuidoras de licitar bloques de suministro para clientes regulados
  - Procesos a cargo de las distribuidoras con precio máximo fijado por CNE
  - Adjudicación por precio de energía
  - Periodos de contrato de hasta 15 años
- **DFL 4/2006** (5° LGSE)
  - Actualización = DFL 1/82 + Ley Corta I + Ley Corta II
- **Ley 20.257/2008** (Fomento de ERNC)
  - Modifica DFL4/2006 introduciendo obligación para generadores de acreditar que un % de sus ventas a clientes (contratos desde sep-07) está respaldado con ERNC
  - Aplica para consumos asociados a contratos desde sep-17
  - Obligación inicia en ene-10, con exigencia de 5% - Meta 10%/2020
- **Ley 2.224/2009** (creación del Ministerio de Energía)
  - Desde feb-10 Ministerio de Energía asume funciones distribuidas en otros ministerios
- **Ley 20.571/2012** (Netmetering)
  - Modifica DFL4/2006 permitiendo inyección a las redes de distribución por parte de usuarios con medios de generación ERNC de hasta 100 kW (“generadores residenciales”)
  - Inyecciones se valorizan al mismo precio de la “componente energía” de la tarifa regulada (AT o BT)
  - Inyección se traduce en descuento en la facturación del cliente

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

Evolución normativa

- **Ley 20.698/2013** (Fomento ERNC)
  - Amplia exigencia de acreditación ERNC de la ley 20.257
  - Nueva obligación inicia en 2013 - Meta 20%/2025
  - Exigencia adicional aplica para consumos asociados a contratos desde jul-13
- **Ley 20.701/2013** (Concesiones eléctricas)
  - Modifica LGSE para simplificar la tramitación de las solicitudes de concesiones provisionales y definitivas
- **Ley 20.726/2014** (Interconexión de sistemas eléctricos)
  - Modifica LGSE para promover la interconexión de sistemas eléctricos independientes, de más de 200 MW de capacidad instalada (SIC-SING), y en forma oportuna por iniciativa del Ejecutivo, y no sólo de los agentes privados.
- **Ley 20.805/2015** (Perfecciona sistema de licitaciones de distribuidoras)
  - Licitaciones son dirigidas por CNE y no por las distribuidoras
  - Fijación de valor máximo de ofertas con carácter “secreto” hasta la apertura de propuestas
  - Se amplia periodo de contratos (hasta 20 años)
  - Adjudicación ya no solo se hace por precio de energía, sino también considerando otros parámetros (como fórmula de indexación)
  - Opción de “revisión de precios” en caso de cambios normativos
  - Amplia segmento de clientes regulados (cambia ref. de 2 MW a 5 MW), manteniendo opción de elegir (libre o regulado) para clientes entre 500 y 5.000 KW
- **Ley 20.928/2016** (Equidad tarifaria)
  - Subsidio entre clientes regulados
  - Descuento a clientes regulados en comunas con elevada generación local
  - Tarifas de “usuarios residenciales” (hasta 10 kW) a lo largo del país no pueden diferir en más de 10%

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

Evolución normativa

- **Ley 20.936/2016** (Nueva Ley de transmisión)
  - Crea un Coordinador independiente del sistema eléctrico nacional (reemplaza a los CDEC).
  - Redefinición de los sistemas transmisión (Nacional, Zonal, Dedicado, y Polos de Desarrollo).
  - Nuevo mecanismo de remuneración de transmisión
    - Estampillado = AVI + COMA - IT reales
    - Remuneración de sistema Nacional y Zonales se carga íntegramente a los retiros (cargo único)
    - Transmisión para Polos de Desarrollo se financia entre generadores y clientes
  - Modelo Mixto: mayor participación del Estado en planificación, pero desarrollo es de privados
    - Planificación de ampliaciones de transmisión
    - Definición de trazados de líneas (Estudio de Franjas).
  - "Acceso abierto" a todas las instalaciones de transmisión.
  - Reducción de barreras de entrada y facilitar incorporación de ERNC
- **Ley 21.076/2018** (propiedad de medidores)
  - Modifica DFL4/2006 indicando que el empalme y el medidor son parte de la red de distribución y, por tanto, de propiedad y responsabilidad de la concesionaria.
- **Ley 21.118/2018** (incentivo a generadores residenciales)
  - Permite a usuarios que inyectan en un sistema Dx agruparse para suscribir contratos
  - Aumenta capacidad instalada por usuario a 300 kW.

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

Perspectivas y Desafíos

- Medio ambiente
  - ¿"Descarbonizar" la matriz de generación eléctrica?
    - Participación actual del carbón en torno a 40%
  - Aprovechamiento de recursos renovables locales
    - Solar (FV – CSP)
    - Eólico
    - Geotérmico
    - Hidroeléctrico
      - Mini-hidro
      - Embalses (complemento para Solar FV)
  - Eficiencia energética
- Desarrollo de sistemas de almacenamiento de energía
  - Opción de complemento a tecnologías ERNC (intermitentes)
  - Agua Bombeada – Baterías – Producción de Hidrógeno
- Desarrollo de sistemas de transmisión
  - Ampliaciones del Sistema Nacional
  - Líneas en Corriente Continua (HVDC)
  - Interconexiones internacionales

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

Perspectivas y Desafíos

- Fomento de la “electromovilidad”
  - Desarrollo de sistemas y/o estaciones de recarga (domiciliaria/urbana)
- Generación distribuida
  - Mayores incentivos a la generación domiciliaria
- Revisión de remuneración de “potencia de suficiencia”
  - ¿excesivo “margen de reserva”?
- Nuevo rol de comercializadores y operadores de red (y generación?)
  - Comercializador: Intermediario entre suministradores y clientes en la contratación
  - Operador de Red: Encargado de operar y mantener líneas (centrales generadoras?)
- Ciberseguridad
  - ¿sistemas eléctricos y/o redes expuestos a “hackeos”?
- Modernizar redes de distribución
  - Medidores inteligentes
- Actualización de normativa de distribución
  - En discusión

UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA

FIN