

Estrategia de
Descarbonización:
Retiro y/o
Reconversión
de Unidades
a Carbón





Estrategia de
Descarbonización:
Retiro y/o
Reconversión
de Unidades
a Carbón





INDICE DE CONTENIDOS

1. PRESENTACIÓN	04
2. INTRODUCCIÓN	05
3. CONTEXTO	06
3.1 Contexto general	06
3.2 El rol del carbón en la matriz eléctrica de Chile	08
4. MESA DE RETIRO Y/O RECONVERSIÓN DE UNIDADES A CARBÓN	10
4.1 Objetivo	10
4.2 Integrantes	10
4.3 Plan de acción	12
4.4 Lecciones aprendidas de las sesiones temáticas	13
4.4.1 Impactos en salud y calidad del aire	14
4.4.2 Experiencia internacional	15
4.4.3 Impacto en sistema eléctrico	17
4.4.4 Variables ambientales y sociales	19
4.4.5 Alternativas tecnológicas	21
4.4.6 Impactos económicos y laborales	23
5. ACUERDO “ENERGÍA ZERO CARBÓN”	25
6. CONCLUSIONES	27
7. REFERENCIAS	31



El presente documento se centra en el proceso que da cuenta del retiro programado de centrales termoeléctricas a carbón en Chile, su contexto, antecedentes y resultados esperados.

El acuerdo de retiro de centrales a carbón, de origen voluntario, es un hito inédito en el país y ha sido fruto de la voluntad política y un trabajo conjunto y coordinado entre el Estado de Chile, a través del Ministerio de Energía, y las empresas propietarias de unidades generadoras a carbón en el sistema eléctrico.

Para analizar los efectos e impactos que trae consigo el retiro de carbón de la matriz eléctrica sobre la seguridad y la eficiencia económica del Sistema Eléctrico Nacional, la actividad económica local y los aspectos medioambientales, fueron convocados actores transversales que estuviesen involucrados con este fin, las empresas propietarias de centrales a carbón (Engie, Enel, AES Gener y Colbún), el sector público (Ministerio de Energía, Comisión Nacional de Energía y Ministerio del Medio Ambiente), el Coordinador Eléctrico Nacional, asociaciones de consumidores (ACENOR, ODECU y Consejo Minero), asociaciones gremiales (Generadoras), organismos no gubernamentales (WWF Chile, Casa de la Paz y Chile Sustentable), sindicatos de trabajadores y organizaciones de la sociedad civil (COSOC del Ministerio de Energía y Sindicato de Trabajadores Centrales a Carbón), la Ilustre Municipalidad de Tocopilla, académicos (Pontificia Universidad Católica de Chile y Universidad Adolfo Ibáñez) y organismos internacionales (GIZ).

Este grupo de trabajo, llamado “Mesa de Retiro y/o Reconversión de Unidades a Carbón” ha podido, por primera vez, analizar y aportar antecedentes sobre el desafío de retirar la generación a carbón de la matriz eléctrica, contemplando los elementos tecnológicos, ambientales, sociales, económicos, de seguridad y de suficiencia de cada planta y del sistema eléctrico en su conjunto, entre otros, que permita establecer las condiciones para el cese programado y gradual de la operación de centrales a carbón, por lo que ha sido un real ejercicio de sostenibilidad, desarrollado por los principales sectores de la sociedad involucrados, que ha procurado resguardar los efectos económicos, sociales y ambientales.

Posterior al trabajo de la Mesa, y fruto del trabajo del Ministerio de Energía con las empresas propietarias de centrales a carbón, se acordó la salida de 11 unidades, casi 1.731 MW el 2024, que representan un 31% de la capacidad instalada de centrales a carbón y el retiro del parque completo a más tardar al 2040.

Chile emite sólo el 0,25% de las emisiones globales de Gases de Efecto Invernadero (GEI), sin embargo, algunos estudios posicionan a Chile dentro de los 10 países que se verán más afectados por el cambio climático, presentando siete de los nueve criterios de vulnerabilidad (MMA, 2016a).

El sector energía, comprendido como el sector del consumo de combustibles fósiles, es el principal responsable de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del país, alcanzando el 78% de las emisiones totales el 2016. A la vez, en él se concentran las mayores oportunidades de mitigación que permitirán dar cumplimiento a las metas comprometidas por Chile en el Acuerdo de París.

El Ministerio de Energía, consciente de esta responsabilidad frente al cambio climático y manteniendo el foco de su acción en las personas y su calidad de vida, está comprometido con una estrategia de descarbonización de la matriz energética del país, que incluye principalmente a los sectores de electricidad, transporte, industria y minería y hogares, que son aquellos donde se concentran las mayores emisiones. Pilares fundamentales de esta estrategia —que ya está en curso— han sido la mayor penetración de energías renovables en la matriz y el acuerdo vinculante y de origen voluntario para el retiro y/o reconversión gradual de centrales a carbón. Esta última es la de mayor impacto en la reducción de emisiones, pues da pie para una mayor penetración de las energías renovables, reduciendo con ello el factor de emisión del sistema eléctrico, lo que, a su vez, habilita otras acciones intensivas en electrificación, como por ejemplo, la electromovilidad, electrificación de usos motrices en industria y minería, calefacción eléctrica, y el hidrógeno. Se espera complementar la implementación de la estrategia mediante la aplicación de instrumentos económicos como los certificados de energías renovables y de eficiencia energética, las compensaciones o reducciones de emisión provenientes del Acuerdo de París (ITMOs¹) y los mecanismos de permisos de emisión transables. Al respecto, cabe destacar que el Ministerio de Energía está preparando la infraestructura requerida para promover el uso de este tipo de instrumentos como herramientas que apoyen o aceleren la descarbonización energética del país. Para ello, está generando la plataforma para medir, reportar y verificar las emisiones y reducciones de las políticas, acciones y proyectos de mitigación en el sector energía, y, además, dispone de acuerdos de cooperación técnica y de financiamiento con entidades como el Banco Mundial y GIZ, y con países con sistemas de comercio del carbono.

La estrategia de descarbonización comprende tres ejes: retiro de unidades a carbón al 2024 (31% capacidad total), cese de generación a carbón antes del 2040, y alcanzar la carbono neutralidad al año 2050.

Toda vez que la matriz eléctrica vaya reduciendo su generación a carbón, será posible una mayor electrificación en el transporte, los procesos industriales y a nivel residencial (electromovilidad y climatización), para que la

¹Resultados de mitigación transferidos internacionalmente (Internationally Transferred Mitigation Outcomes).

transición hacia una matriz más limpia se alcance según los niveles requeridos por la ciencia, es decir, que el aumento de la temperatura del planeta no supere los 1,5°C en la segunda mitad de este siglo (IPCC, 2018).

En el caso del transporte, la Estrategia Nacional de Electromovilidad del 2017, compromete alcanzar al año 2050 una participación de la movilidad eléctrica de un 40% en vehículos particulares y un 100% en transporte público urbano. Además, en la Ruta Energética 2018-2022 -instrumento que define acciones a implementar durante los cuatro años de Gobierno- se establece como uno de los 10 Mega Compromisos, el aumentar en, al menos, 10 veces el número de vehículos eléctricos que circulan en el país al año 2022.

Los esfuerzos en eficiencia energética son igualmente relevantes, ya que tienen directa relación con las emisiones del sector al reducir la demanda por recursos energéticos y, en consecuencia, la generación o quema de combustibles. El proyecto de Ley de Eficiencia Energética, en trámite en el Congreso Nacional, incluye medidas a ser adoptadas en todos los sectores productivos, además de contribuir a crear una cultura de ahorro energético en toda la población.

03 Contexto

3.1 Contexto general

El Ministerio de Energía presentó en mayo de 2018, la Ruta Energética 2018-2022: "Liderando la modernización con sello ciudadano", construida mediante un proceso de participación y diálogo ciudadano descentralizado que incluyó a actores provenientes del sector público, la sociedad civil, el mundo académico, ONG², grupos ambientalistas, juntas de vecinos, gremios, empresas, organismos internacionales³ y representantes de comunidades y pueblos indígenas. Como resultado de lo anterior, el trabajo a realizar en materia energéti-



Fuente: Ministerio de Energía.

²ONG: Organizaciones No Gubernamentales

³GIZ: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit

ca durante los siguientes cuatro años de Gobierno se estructuró en siete ejes, los cuales son: 1) Modernización energética, 2) Energía con sello social, 3) Desarrollo energético, 4) Energía baja en emisiones, 5) Transporte eficiente, 6) Eficiencia energética y 7) Educación y capacitación energética.

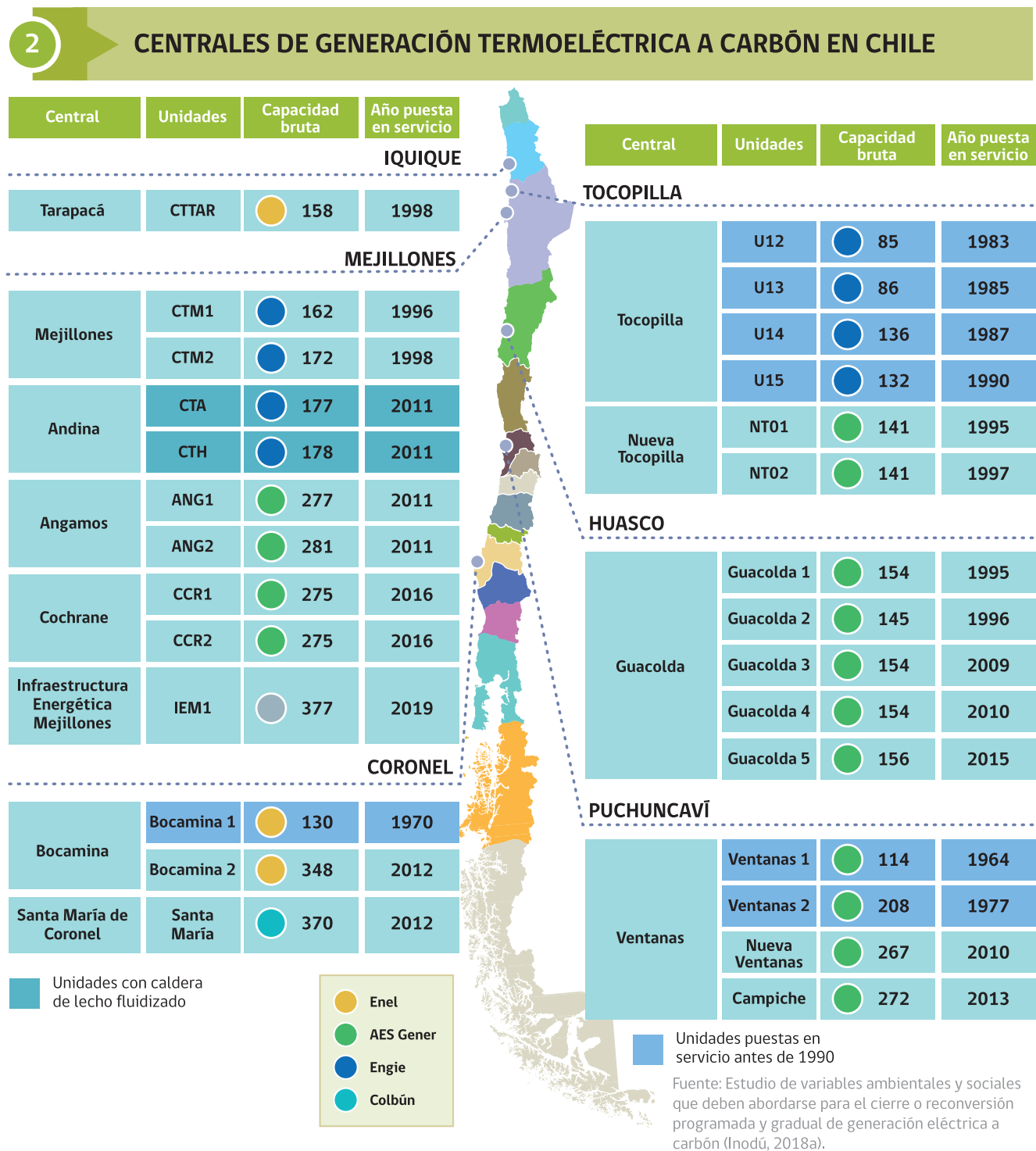
La Ruta Energética 2018-2022 establece que uno de los pilares de la modernización del sector energético, que llevará adelante la agenda de gobierno del Presidente Sebastián Piñera, es la descarbonización de la matriz energética, estipulado en el Eje 4. Al respecto, se establece como objetivo la construcción gradual, pero definitiva, de una matriz energética limpia que no solo beneficie a las futuras generaciones, sino que también a las actuales, en términos de contaminantes locales, y que permita un crecimiento verde y bajo en carbono para nuestra economía, contribuyendo así a tener un mundo más limpio. Para ello, se hace un compromiso de iniciar el proceso de descarbonización de la matriz energética a través de la elaboración de un cronograma de retiro o reconversión de centrales a carbón, y la introducción de medidas concretas en electromovilidad.

Específicamente, el Eje 4: Energía baja en emisiones, plantea en la iniciativa "Hacia la descarbonización de la matriz" y los planes a seguir para conseguir dicho cometido. En primera instancia, se indica que en enero de 2018 fue anunciado un acuerdo entre el Gobierno de Chile y las empresas socias de la Asociación de Generadoras de Chile con unidades generadoras a carbón, en cuanto a tres puntos: (i) las empresas se comprometen a no iniciar nuevos desarrollos de proyectos a carbón que no cuenten con sistema de captura y almacenamiento de carbono u otras tecnologías equivalentes; (ii) la creación de un grupo de trabajo para que analice, en el contexto de los objetivos de la Política Energética de Chile, Energía 2050, los elementos tecnológicos, ambientales, sociales, económicos, de seguridad y de suficiencia de cada planta y del sistema eléctrico en su conjunto, entre otros, que permita establecer un cronograma y las condiciones para el cese programado y gradual de la operación de centrales a carbón que no cuenten con sistemas de captura y almacenamiento de carbono u otras tecnologías equivalentes; y (iii) el Ministerio de Energía coordinará este grupo de trabajo, al cual se invitarán a todas las instituciones relevantes en este proceso.

Cabe señalar que en el proceso de descarbonización propuesto en la Ruta Energética 2018-2022, se establecen varias líneas de trabajo, tales como la mitigación y adaptación al cambio climático, precio del carbono, la ley de cambio climático y el cierre y/o reconversión de unidades de generación a carbón conectadas al Sistema Eléctrico Nacional. La Mesa ha trabajado en detalle sobre este último punto, dejando las otras líneas para ser abordadas en otras instancias, de manera complementaria, en el entendido que la descarbonización de la matriz energética es un desafío que contemplará trabajo y acciones en distintos sectores, además del sector eléctrico.

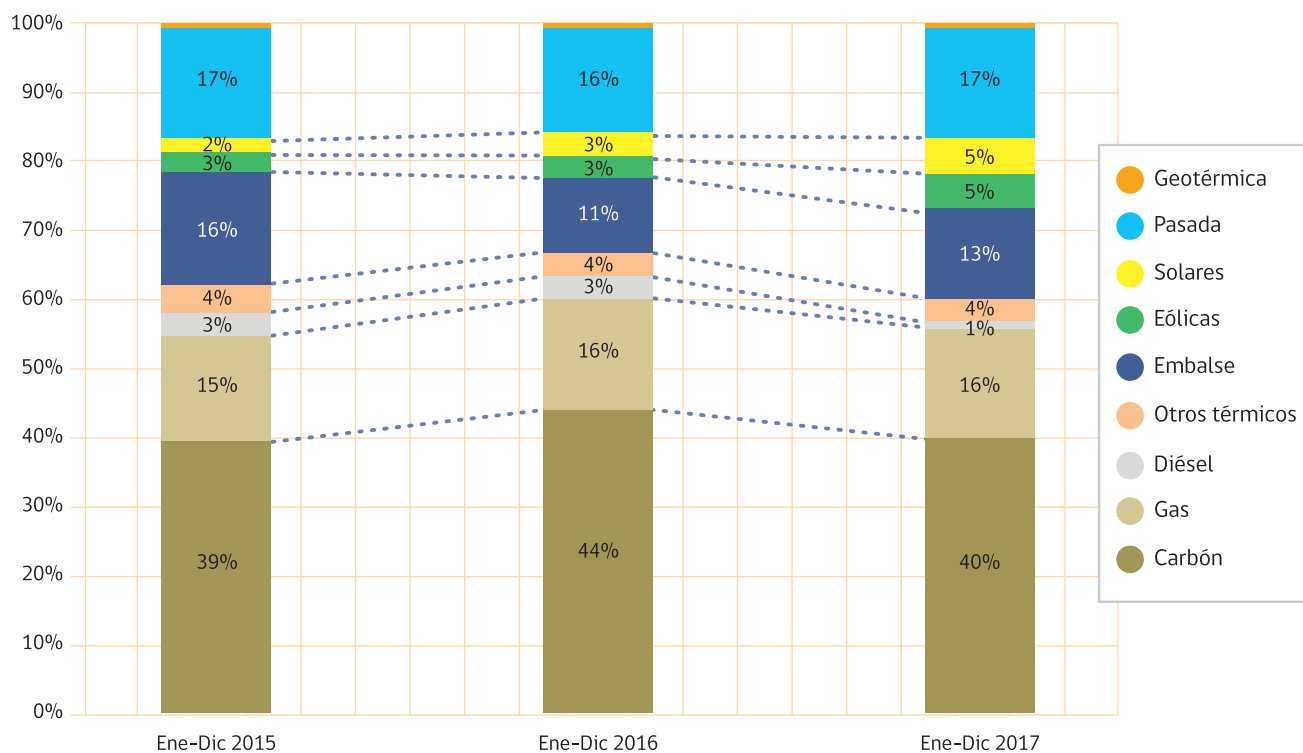
3.2 El rol del carbón en la matriz eléctrica de Chile

En el Sistema Eléctrico Nacional existen 28 centrales termoeléctricas en base a carbón, ubicadas en seis comunas del país. La Figura 2 presenta un resumen de la ubicación geográfica, capacidad instalada, empresa propietaria y año de puesta en servicio de cada una de estas centrales.



La generación eléctrica en base a carbón ha representado, en promedio, un 40% de la generación del Sistema Eléctrico Nacional desde el año 2015. Cabe mencionar que, durante el año 2016, alcanzó el máximo de participación con un 44%. En la Figura 3 se presenta la generación por tecnología entre los años 2015 y 2017.

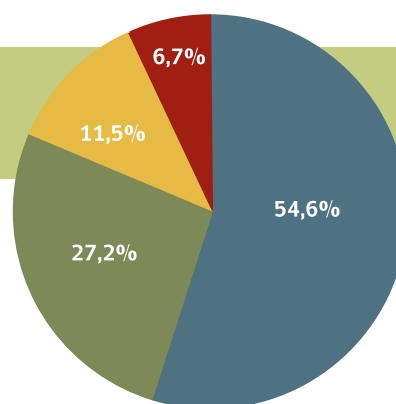
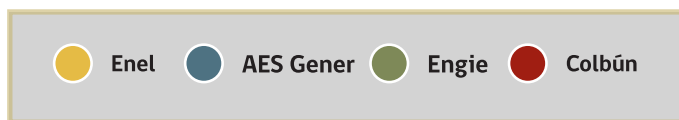
3 GENERACIÓN DE ENERGÍA POR TECNOLOGÍA EN EL SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL



Fuente: Coordinador Eléctrico Nacional (Coordinador Eléctrico Nacional, 2018).

De la capacidad instalada total en base a carbón, la cual alcanza 5.529 MW de capacidad bruta, el 54,6% corresponde a la empresa AES Gener, 27,2 % a Engie, 11,5% a Enel y 6,7% a Colbún, lo cual se puede observar gráficamente en la Figura 4.

4 PARTICIPACIÓN DE EMPRESAS CON UNIDADES A CARBÓN DURANTE EL AÑO 2017



Fuente: Comisión Nacional de Energía (CNE, 2019).

4.1 Objetivo

En junio de 2018, el Ministerio de Energía inició una instancia de trabajo bajo el contexto de la descarbonización eléctrica, denominada “Mesa de Retiro y/o Reconversión de Unidades a Carbón”, la cual realizó un levantamiento de información base, construcción de diagnósticos sobre el estado actual de unidades de carbón y análisis técnicos, financieros y ambientales del parque de carbón actual. Al mismo tiempo, se realizó una evaluación de los efectos sistémicos, industriales, sociales, laborales, económicos, de seguridad de suministro, tecnológicos y ambientales que implicará la descarbonización de la matriz eléctrica en las seis comunas en las cuales se encuentran las centrales a carbón: Iquique, Mejillones, Tocopilla, Huasco, Puchuncaví y Coronel. Esta Mesa fue presidida por la Ministra y el Subsecretario de Energía, y coordinada por cuatro Divisiones del Ministerio: División de Prospectiva y Análisis de Impacto Regulatorio, División Ambiental y Cambio Climático, División de Mercados Energéticos y División de Participación y Relacionamento Comunitario.

Se busca que pueda utilizarse de forma eficiente la infraestructura asociada a las centrales desmanteladas, sitios, puertos y redes de transmisión. Para esto, se evaluaron las posibilidades de reconversión y cierre de centrales a carbón, considerando impactos ambientales, sociales y económicos.

En ese sentido, la Mesa fue un espacio para que los distintos actores pudieran, por primera vez, analizar y aportar antecedentes sobre el desafío de descarbonización de la matriz eléctrica en nuestro país, contemplando los elementos sociales, ambientales, de seguridad y económicos que están involucrados, lo que permitió alcanzar una definición conjunta de los análisis que se deben considerar en cuanto a impactos asociados al retiro y/o reconversión de unidades a carbón.

4.2 Integrantes

La integración de la Mesa buscó que pudieran estar representados los principales actores relacionados con los efectos del retiro o reconversión de unidades a carbón: sector público, empresas, clientes, gremios, ONG ambientales, trabajadores, sociedad civil, universidades, municipalidades y organizaciones internacionales. Por motivos de eficiencia en el trabajo de la Mesa, no fue posible incorporar a todos los actores que podrían estar interesados en presentar antecedentes a la discusión. Por ello se previó la inclusión de instancias de audiencia, en donde actores que no participaban formalmente de la Mesa, tuvieron la oportunidad de presentar sus estudios, intereses y propuestas en las sesiones temáticas correspondientes, de manera de ser consideradas por los participantes de la Mesa (ver capítulo 4.4).

Los veintiún (21) integrantes que conformaron la Mesa se listan en la siguiente tabla:

1 INTEGRANTES DE LA “MESA DE RETIRO Y/O RECONVERSIÓN DE UNIDADES A CARBÓN”

Categorías	Instituciones
Empresas	Engie
	Enel
	AES Gener
	Colbún
Sector público	Ministerio de Energía
	Comisión Nacional de Energía
	Ministerio del Medio Ambiente
Gremios	Asociación de Generadoras de Chile
Clientes / Consumidores	Consejo Minero
	Asociación de Consumidores de Energía No Regulados
	Organización de Consumidores y Usuarios de Chile
ONG	WWF Chile
	Casa de la Paz
	Chile Sustentable
Sociedad civil	Sindicato de Trabajadores Centrales a Carbón
	Consejo Sociedad Civil - Ministerio de Energía
Organismo internacional	GIZ - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
Academia	Pontificia Universidad Católica de Chile
	Universidad Adolfo Ibáñez
Institución independiente	Coordinador Eléctrico Nacional
Municipios	Municipalidad de Tocopilla

4.3 Plan de acción

El plan de acción dentro del cual se enmarca el trabajo de la “Mesa de Retiro y/o Reconversión de Unidades a Carbón” tiene tres partes:

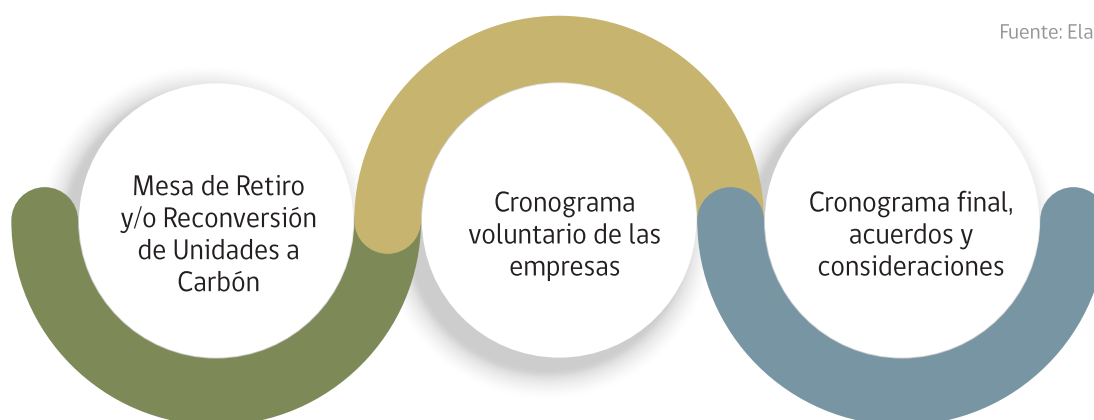
1. La primera constituye el trabajo propio de la Mesa. En ese sentido, y de manera de dar cumplimiento al acuerdo, el Ministerio de Energía constituyó el día 11 de junio de 2018 la Mesa, con el objeto de aportar antecedentes y analizar los efectos del retiro y/o reconversión de unidades a carbón sobre la seguridad y la eficiencia económica del sistema eléctrico nacional, la actividad económica local y los aspectos medioambientales que tengan incidencia. Cabe destacar que se previó que la resolución respecto a realizar cambios legales, reglamentarios o normativos relacionados con descarbonización se vería en sus respectivas instancias fuera de la Mesa. En definitiva, la Mesa permitiría llegar a un consenso de los análisis que se deben considerar en cuanto a los impactos del retiro y/o reconversión de unidades. Por ejemplo, qué criterios de seguridad, qué efectos económicos, cuáles son los impactos laborales y qué variables ambientales considerar.
2. A partir de los resultados de la Mesa, las empresas que firmaron el acuerdo, presentarían voluntariamente y de forma individual un cronograma y las condiciones para el cese programado y gradual de la operación de centrales a carbón.
3. Como paso final, el efecto de los cronogramas individuales sería analizado por el Coordinador Eléctrico Nacional para asegurarse que no tuviese impactos en la seguridad y eficiencia del sistema eléctrico. La meta fue disponer de cronogramas definitivos y sus condiciones asociadas durante el primer semestre de 2019.

A continuación, se presenta esquemáticamente el plan de acción de la Mesa.

5

ESQUEMA GENERAL DEL PLAN DE ACCIÓN DE LA MESA

Fuente: Elaboración propia



Para estructurar el trabajo de la Mesa, se estableció que en cada reunión se abordarían diferentes temáticas relacionadas con el retiro o reconversión de las unidades a carbón. La planificación de las sesiones establecido se presenta en la Figura 6.

6 TEMÁTICAS ABORDADAS EN LA "MESA DE RETIRO Y/O RECONVERSIÓN DE UNIDADES A CARBÓN"



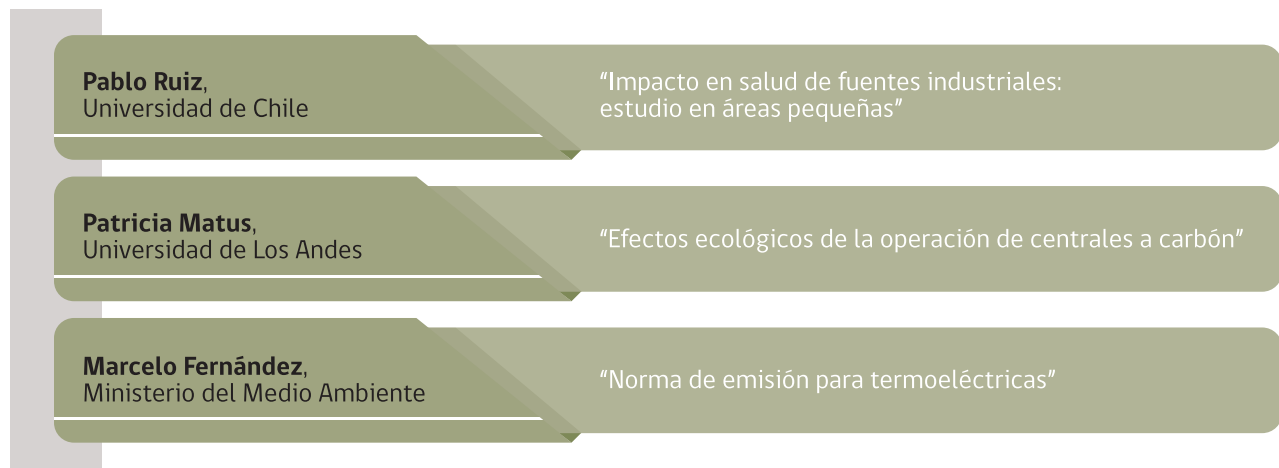
Fuente: Elaboración propia

4.4 Lecciones aprendidas de las sesiones temáticas

A continuación, se presenta un resumen de las principales conclusiones que se derivan de las sesiones temáticas que se realizaron en el marco de la "Mesa de Retiro y Reconversión de Unidades a Carbón"⁴.

⁴ Actas, presentaciones y estudios mostrados en las sesiones de la Mesa disponibles en: <http://www.energia.gob.cl/panel/mesa-de-trabajo-descarbonizacion>

4.4.1 Impactos en salud y calidad del aire



De las presentaciones y la discusión que se dio en esta sesión, se desprende que:

- Para el periodo comprendido entre los años 2000 y 2010, se evidencia un aumento en la mortalidad y la morbilidad en las zonas cercanas a las mega fuentes industriales emisoras, como lo son las unidades de carbón o las fundiciones de cobre. Ello, considerando las estadísticas relativas a las enfermedades cardiovasculares, respiratorias y cáncer, así como a la tasa de mortalidad y de hospitalizaciones. Al respecto, se plantea la necesidad de reestudiar los resultados, pero en sitios específicos y para los grupos más vulnerables (ancianos y niños), así como actualizar los datos, considerando el efecto de la norma de emisión para centrales termoeléctricas, la cual entró en vigencia el año 2011.
- Se evidencia que el retiro de las unidades de carbón tiene consecuencias directas e indirectas sobre la población. Entre las primeras se encuentran: disminución de las consultas médicas, disminución del consumo de medicamentos de los pacientes asmáticos, disminución de hospitalizaciones por causas respiratorias y cardiovasculares, y muertes evitadas. En tanto, los efectos indirectos guardan relación con un menor impacto a nivel global, lo que se traduce en una disminución de las muertes por olas de calor y frío.
- Dada la implementación de la norma de emisión para termoeléctricas, se observa una disminución de 83% en material particulado (MP), 70% de óxido de nitrógeno (NO_x) y 72% de dióxido de azufre (SO_2). Ello se traduciría en una reducción de 282 muertes por año, lo que representa un beneficio de 332 millones de dólares por año. Por otro lado, las mediciones con Monitoreo Continuo de Emisiones (CEMS) ha permitido tener un mejor control de los contaminantes, así como la implementación del impuesto verde⁵.

⁵ Impuesto a las emisiones de CO_2 y contaminantes locales (MP, NO_x y SO_2)

4.4.2 Experiencia Internacional

Patrick Graichen,
Agora Energiewende

"Building Consensus on Phasing Out Coal in Germany"

Edward Hogg,
UK Department for Business,
Energy and Industrial Strategy

"Políticas públicas para la eliminación del carbón en la matriz eléctrica del Reino Unido"

Carlos Fernández,
Agencia Internacional de Energía

"Una visión global sobre el papel del carbón"

Alejandra Núñez,
Sierra Club

"Más allá del carbón: lecciones aprendidas en EEUU"

De las presentaciones y la discusión que se dio en esta sesión, se desprende que:

- La utilización del carbón debe reducirse a la mitad en 2030, globalmente, con el fin de alcanzar la meta de no elevar la temperatura del planeta en 2 grados Celsius. En ese sentido, el retiro de las plantas de generación en base a carbón tendrá implicancias sociales y económicas, pero que debiesen ser perfectamente manejables.
- El gobierno del Reino Unido anunció que desde 2025 en adelante no se podrá utilizar carbón en las unidades de generación, esto con el fin de dar certeza y previsibilidad al sector privado. Con ello, se busca asegurar el suministro, proporcionando incentivos a nuevas formas de capacidad confiable (gas, almacenamiento, etc.), asegurar una transición ordenada para el retiro y/o reconversión de las unidades generadoras, y garantizar la reducción de emisiones de CO₂ (y otros contaminantes). En específico, lo que se hizo fue establecer un límite de intensidad de emisiones de CO₂ por kWh generado. Ante ello, que implica el reemplazo de siete plantas de carbón de aquí a 2025, equivalente a 13.747 MW de capacidad instalada, la respuesta del mercado se ha traducido en que cinco centrales ya han sido reconvertidas y/o retiradas.
- Más allá de la percepción general de que el carbón está en retirada, la evidencia muestra que esto no es así aún, y que, de hecho, se prevé un aumento en su consumo de aquí a los próximos años. Sin embargo, hoy existen múltiples tecnologías de generación eléctrica con cero emisiones, por lo que el sector eléctrico puede liderar el camino a un futuro bajo en uso de carbón. En ese sentido, las claves para lograr una

integración exitosa de estas tecnologías renovables son: interconexiones eléctricas y energéticas entre distintos países, respuesta de demanda, almacenamiento de energía y generación flexible.

- El retiro de las centrales de carbón en Estados Unidos se ha logrado en base a reglamentos ambientales robustos y a litigios y campañas públicas a nivel estatal. Ello ha redundado en un retiro de 270 centrales al día de hoy, lo que deja un saldo pendiente de 260. Entre las implicancias de este retiro se encuentran: reducción de 45% y 41% en emisiones de SO_2 y NO_x , respectivamente; un total de 3.000 millones de dólares ahorrados en costos de salud; y 550 millones de toneladas de CO_2 evitadas. En ese contexto, y especialmente en temas laborales, es importante tener presente el concepto de Transición Justa, la cual implica, entre otras cosas: la notificación avanzada, y la inclusión de los trabajadores y miembros de las comunidades en el cierre de plantas y/o minas de carbón; la rendición de cuentas a los trabajadores, por parte de los dueños de las empresas; asistencia en la transición, por parte de las distintas entidades gubernamentales; y la generación de empleos en la industria de las energías limpias.

4.4.3 Impacto en Sistema Eléctrico

Juan Carlos Araneda,
Coordinador Eléctrico Nacional

“Estudio de operación y desarrollo del SEN sin centrales a carbón”

Marcelo Matus,
Centro de Energía de la
Universidad de Chile

“Análisis de escenarios de descarbonización:
lecciones aprendidas”

Joshua Carvacho,
Consejo Geotérmico

“Geotermia como alternativa de reemplazo al carbón”

Ramón Galaz,
Valgesta Energía

“Impacto del plan de cierre de centrales a carbón en el SEN”

Carlos Finat,
ACERA

“Presentación de ACERA ante Mesa de Descarbonización”

De las presentaciones y la discusión que se dio en esta sesión, se desprende que:

- A partir del desarrollo de infraestructura de generación y transmisión nacional óptima en forma oportuna, el sistema eléctrico puede operar manteniendo los requerimientos de seguridad de servicio, en un escenario de retiro programado de centrales a carbón. Sin embargo, lo anterior tiene costos de inversión adicionales a los que se tendría que incurrir en escenarios sin descarbonización. En ese sentido, en la totalidad de los escenarios estudiados por el Coordinador Eléctrico Nacional (CEN)⁶, se identificó la necesidad del desarrollo de un enlace de corriente continua de alta tensión (HVDC) entre las zonas norte y centro del país, de 2.000 MW de capacidad, entre las Subestaciones (S/E) Kimal y Lo Aguirre, y dependiendo del escenario, se identificó la necesidad posterior de un segundo enlace de 2.000 MW entre las S/E Nueva Taltal (Parinas) y Lo Aguirre. En la misma línea, se identificó la necesidad de adelantar desarrollos de transmisión local en zonas con complejos de grandes centrales a carbón, como es el caso de la zona de Puchuncaví.

⁶ Estudio desarrollado por el Coordinador Eléctrico Nacional para la “Mesa de Retiro y/o Reconversión de Unidades a Carbón”.

- Desde un punto de vista operacional, el SEN puede desarrollarse eficientemente, logrando mantener la suficiencia y la seguridad de servicio, con la consiguiente inversión en transmisión y en tecnologías tales como generación solar fotovoltaica, eólica e hidráulica, acompañada de centrales de generación flexibles tales como Concentración Solar de Potencia (CSP), bombeo hidráulico o gas natural o GNL. Lo anterior, debido a que los desarrollos de infraestructura sustituta del carbón, sumado a las centrales existentes, permitirán satisfacer los crecientes requerimientos de reserva operativa necesaria ante una alta inserción de energías renovables variables. Al respecto, la operación en modo ciclaje de centrales termoeléctricas (partidas y paradas frecuentes) requerirá efectuar diariamente partidas y detenciones de las centrales, lo que implicará mayores emisiones locales en las etapas de partidas, lo que podría llevar a exceder normas de calidad de aire y/o emisiones, por lo que esta materia debe ser estudiada en profundidad, de forma de determinar la viabilidad ambiental de dicha estrategia de operación.
- Las centrales de ciclo combinado actualmente existentes son, en teoría, capaces de operar con patrones de ciclaje diario, lo que debe ser validado con los propietarios de dichas instalaciones de generación. En caso de no ser factible, se incurrirá en mayores costos de operación, o bien, deberá incorporarse nueva capacidad de generación a gas natural que tenga dicha flexibilidad.
- En el cálculo de los costos de operación en inversión de los escenarios evaluados no se ha incorporado el costo asociado a las partidas y detenciones de centrales termoeléctricas de ciclos combinados, por lo que deberán ser analizados en detalle en estudios futuros. Esto implica que los sobrecostos de partida y detenciones de unidades en base a gas natural o GNL sólo para brindar servicios en hora de máxima inserción de energía renovable variable (ERV), podría aumentar los costos asociados al retiro de centrales a carbón.

4.4.4 Variables Ambientales y Sociales

Jorge Moreno, Inodú	"Estudio de variables ambientales y sociales que deben abordarse para el cierre o reconversión programada y gradual de generación eléctrica a carbón"
Boris Chamorro, Municipalidad de Coronel	"Presentación ante Mesa de Descarbonización"
Robin Hervé, Aria Technologies	"Presentación ante Mesa de Descarbonización"
Juan Pablo Boisier, CR2	"Cambio climático, contexto internacional e impactos en Chile"
Marina Hermosilla, CLG Chile	"Presentación ante Mesa de Descarbonización"

De las presentaciones y la discusión que se dio en esta sesión, se desprende que:

- En la matriz eléctrica de Chile hay un conjunto importante de unidades a carbón con menos de 10 años de operación, que conviven con unidades más antiguas, por lo que la reconversión o cierre de estas últimas se dará en un terreno donde seguirá operando una unidad más nueva. Al respecto, la experiencia internacional muestra que países como Holanda e Italia tienen unidades a carbón que, al 2030, tendrán los mismos años de operación que algunas unidades en nuestro país, por lo que se enfrentan desafíos similares. En contraste, no es el caso del Reino Unido, que tiene unidades de 50 años de antigüedad, por ejemplo.
- De las veintiocho (28) unidades a carbón existentes en Chile, siete (7) no tienen Resolución de Calificación Ambiental (RCA) asociada al proyecto original, a seis (6) se les exige en su RCA presentar un plan de cierre, cierto tiempo antes de iniciar el abandono (entre seis meses y un año previo al cierre), y las quince (15) restantes indican que lo más probable es que las unidades se reacondicionen o que se reconviertan a otra tecnología de generación. En el caso de que se requiera abandonar el sitio, se desmantelarán y retirarán las estructuras, equipos superficiales y marinos⁷.

⁷ Estudio desarrollado por Inodú para la "Mesa de Retiro y/o Reconversión de Unidades a Carbón".

- Sería recomendable que las plantas que se desmantelen, se sometan al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), describiendo las actividades, obras y acciones para desmantelar y asegurar la estabilidad de la infraestructura utilizada, la restauración de cualquier componente ambiental que haya sido afectada, indicar cómo prevenir la afectación del ecosistema, incluido el aire, suelo y agua e indicar la mantención, conservación y supervisión que sean necesarias. También se recomienda utilizar como referencia la normativa internacional de la EPA para los depósitos de ceniza, regulación 40 CFR Parte 257, sobre el manejo de desechos de la combustión del carbón. La Electric Power Research Institute (EPRI)⁸ también ha publicado ciertas indicaciones que deberían ser consideradas en el caso de desmantelamiento parcial o total de los equipos y estructuras, a decir: levantamiento de requerimientos asociados a la regulación ambiental a la que está sujeto el sitio; investigación ambiental del sitio (normas de referencia: ASTM E1527-13, ASTM E1903-11); planificación, suscripción de contratos y solicitud de permisos; apagado de planta; coordinación con operador del sistema; intentar vaciar almacenamientos de insumos y piping, preparación del sitio; desmantelamiento (reciclar y revender lo que sea posible, excavación de fundaciones y piping solo hasta donde sea necesario); y remediación y restauración del sitio (limpieza de cancha de carbón, cierre de depósito de cenizas, limpieza de terreno bajo estanques y líneas de combustible, y remoción de asbestos, si fuera el caso).
- La operación de las centrales a carbón tiene efectos globales en el cambio climático, dado que emiten CO₂, y en una proporción mayor que otras tecnologías de generación térmicas. Por otro lado, tiene impactos locales en la calidad del aire, debido a la emisión de contaminantes como NO_x, SO₂ y MP, aunque en menor proporción que las fuentes difusas emitidas a baja altura como la calefacción a leña y el tráfico vehicular.
- Si bien Chile juega un papel secundario en términos de emisiones globales de gases de efecto invernadero, es un país altamente vulnerable a los efectos del cambio climático. En ese sentido, la revisión de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC) es clave, y Chile podría ejercer un liderazgo global en desarrollo bajo en carbono, aprovechando los recursos para energías renovables, considerando que las pérdidas económicas por los costos de mitigación, globalmente y en particular para Chile, podrían ser mayores a los costos asociados a una descarbonización temprana.

⁸ EPRI, «Decommissioning Handbook for Coal-Fired Power Plants» Palo Alto, California, 2004; EPRI, «Power Plant Closure Guidebook» Palo Alto, California, 2010

4.4.5 Alternativas tecnológicas

Jorge Moreno,
Inodú

“Estudio de alternativas tecnológicas al retiro y/o reconversión de las unidades de carbón en Chile”

Chris Littlecott,
E3G

“Experiencias aprendidas en la eliminación gradual del carbón en Reino Unido”

Mariano Morazzo,
Enel Energy Transition

“Walking the path towards a decarbonised economy”

De las presentaciones y la discusión que se dio en esta sesión, se desprende que:

- Hoy existen opciones maduras como el cambio de combustible, lo que tiene costos de inversión medios, disminuyen las emisiones de CO₂, pero podrían disminuir la flexibilidad de las unidades. La factibilidad económica de estas opciones depende en gran medida de la disponibilidad y el costo de los combustibles alternativos (gas natural y biomasa). Otra alternativa asociada al cambio de combustible es la conversión parcial, por ejemplo, el utilizar gas natural solo para los procesos de partida y operación a mínimo técnico. Esto permite disminuir emisiones en el corto plazo y flexibilizar las unidades, lo que puede representar una opción para la transición a una conversión mayor⁹.
- En el caso de cierre de las unidades de carbón, existen alternativas que reutilizan infraestructura con el fin de resolver otras necesidades locales como: desalación de agua para procesos industriales y el manejo y procesamiento de residuos.
- Hay alternativas de reconversión emergentes, que podrían contribuir de manera más eficiente y efectiva a reducir las emisiones de CO₂ que las alternativas maduras. Entre éstas se encuentra el uso de sistemas de captura y almacenamiento de carbono, incorporación de almacenamiento de baterías o acoplar con sistemas de almacenamiento térmico mediante sales fundidas. Al respecto, se espera que los atributos de dichas alternativas, evolucionen en el tiempo para disminuir los costos asociados y los riesgos de implementación.

⁹ Estudio desarrollado por Inodú para la “Mesa de Retiro y/o Reconversión de Unidades a Carbón”, financiado por GIZ.

- La solución de reconversión y/o cierre de cada planta, debe ser analizada en forma particular de acuerdo a las características técnicas, tiempo de uso, fabricante, etc. Por otro lado, es posible considerar la implementación de modificaciones en forma paulatina, empezando por una reconversión parcial (para aumentar la flexibilidad) y luego una total.
- El análisis económico de las alternativas de reconversión y/o cierre, dependerá de la evaluación de la infraestructura existente, las condiciones y regulación del mercado, donde los principales factores a considerar son: precio de combustibles, precio de emisiones de CO₂, necesidades de flexibilidad en el sistema eléctrico, costos de inversión, etc. En ese sentido, es importante considerar que hay oportunidades para resolver necesidades locales reutilizando infraestructura existente de las unidades que determinen cerrar.
- En el caso del Reino Unido, las unidades de carbón no han optado, en su mayoría, por la reconversión, sino que han preferido seguir operando hasta que se vuelva poco económico seguir haciéndolo, debido al funcionamiento del mercado y/o a las necesidades de refaccionamiento que deban implementar. En ese sentido, cuando han decidido cerrar, se ha considerado la posibilidad de utilizar el sitio de emplazamiento para nuevos desarrollos. Por el lado de los trabajadores, los empleadores han optado por redistribuirlos en otros roles dentro de la misma empresa y/o han ofrecido la posibilidad de una jubilación anticipada.

4.4.6 Impactos económicos y laborales

Verónica Alaimo,
Banco Interamericano de
Desarrollo (BID)

“Evaluación del impacto laboral y macroeconómico de tres escenarios contrastados de retiro o reconversión de las centrales a carbón en Chile”

Alicia Viteri,
Consultora

“Impacto económico y laboral del retiro y/o reconversión de unidades a carbón en Chile”

Ana Belén Sánchez,
Organización Internacional
del Trabajo (OIT)

“OIT y Transición Justa - Definición y experiencias”

De las presentaciones y la discusión que se dio en esta sesión, se desprende que:

- El retiro y/o la reconversión de las unidades de carbón genera más empleo en relación con un escenario de referencia (sin retiro ni reconversión). Sin embargo, en el detalle se observa que habrían alrededor de 4.000 empleos directos y 9.000 empleos indirectos desplazados en las centrales térmicas de carbón, lo que, si bien representa un impacto menor desde el punto de vista macroeconómico, es significativo para las comunidades y trabajadores de las zonas implicadas.
- Las comunas de Mejillones, Tocopilla y Huasco, son las comunas que mayor impacto perciben en términos del empleo comunal (las centrales representan 4%, 4% y 7% del empleo comunal, respectivamente). En tanto, en las comunas de menores ingresos, la dependencia del Fondo Común Municipal (FCM) es más alta. Por ejemplo, si se agregan todos los municipios del país, el indicador de dependencia es 42%, mientras que para Tocopilla llega a 44%¹⁰.
- La mayor parte de los trabajadores de las unidades de generación a carbón, desempeña labores bajo la modalidad de subcontrato (63%). Además, el empleo es principalmente masculino (91%) y el personal es relativamente joven (63%), dado que tienen menos de 45 años y el promedio de edad es de 40 años.
- El nivel de educación y los niveles de renta del personal contratado son altos si se compara con el nivel de educación e ingreso de las demás personas que trabajan en las comunas en que se ubican las centrales: 58% tiene nivel técnico, universitario y/o postgrado y 45% del empleo contratado tiene una renta mensual superior a dos millones de pesos.

¹⁰ Estudio desarrollado y financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para la “Mesa de Retiro y/o Reconversión de Centrales a Carbón”.

- Las comunas de Puchuncaví y Coronel, si bien están insertas en regiones con mayor diversificación productiva, tienen tasas de desocupación y carencias de protección social que hacen necesario evaluar una intervención que combine programas de asistencia directa y programas de desarrollo comunal o regional. En ese sentido, los Programa de Desarrollo Comunal o Regional, son una oportunidad para reconvertir las economías locales hacia una economía verde o más sostenible.
- La realidad socioeconómica de cada comuna y región es distinta, por lo que las estrategias de reconversión de empleo deben diseñarse de manera específica. Por ejemplo, para Iquique puede ser suficiente implementar programas de asistencia directa a los trabajadores de la única unidad de carbón que tiene, en cambio para Tocopilla, Mejillones y Huasco, se deben complementar dichos programas con otros de desarrollo comunal o regional para generar nuevas fuentes de empleo.
- En el marco de un proceso de retiro de unidades de carbón, se debe velar por asegurar una transición justa, en términos laborales y ambientales, lo que requiere que:
 - Exista un diálogo entre los afectados y los tomadores de decisión.
 - Se defina un calendario claro de cese de actividades, vinculado a una estrategia de desarrollo alternativa.
 - Se tomen medidas enfocadas en empleo, entre las que se encuentran: formación y reformación de trabajadores, prejubilaciones y seguros de empleo, programas de apoyo a nuevos empresarios, y un enfoque en los sectores verdes de la economía (energías renovables, eficiencia energética, reciclaje, etc.) para la generación de nuevos empleos.

Acuerdo “Energía Zero Carbón”

Posterior al trabajo de la Mesa, la Ministra de Energía de ese entonces, Susana Jiménez, sostuvo reuniones bilaterales con cada empresa propietaria de centrales a carbón, de forma individual, con el objetivo de acordar un cronograma de retiro o reconversión definitivo de estas centrales. Una calendarización ordenada y gradual de cierre de centrales permite asegurar la seguridad del suministro de energía.

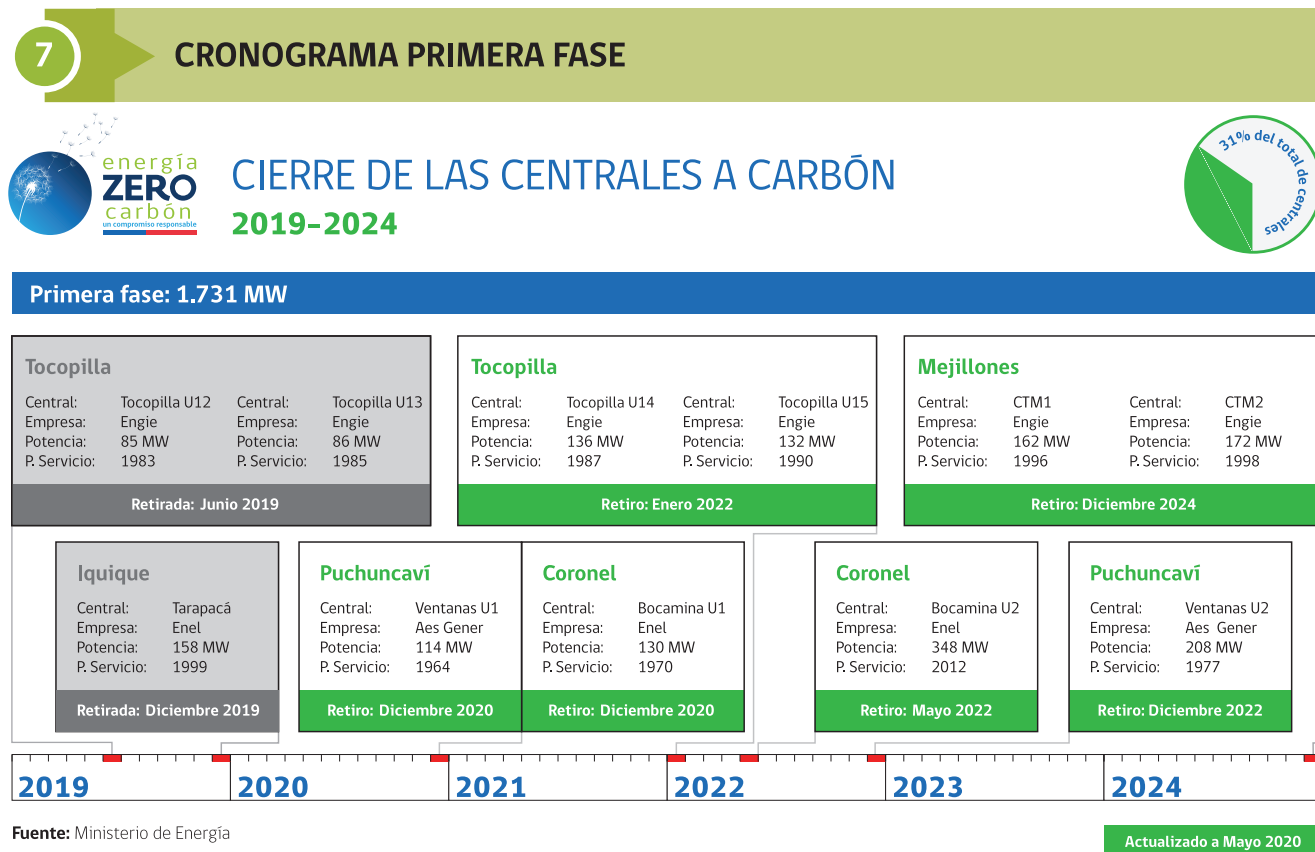
El 4 de junio de 2019, el Presidente de la República Sebastián Piñera Echeñique y la Ministra de Energía suscribieron un acuerdo con cada empresa del rubro, que consiste en un plan de cierre de las centrales a carbón que se llevará a cabo en dos etapas, una de corto y otra de mediano plazo.

La etapa de corto plazo considera un compromiso de retiro de operación de ocho unidades en cinco años, comenzando con dos unidades de la Central Térmica Tocopilla, propiedad de Engie, que fueron retiradas en junio de 2019. Así, en esta primera etapa se cerrarán unidades en Iquique (una unidad), Tocopilla (cuatro unidades), Puchuncaví (dos unidades) y Coronel (una unidad), que representan en su conjunto un 19% del total de la capacidad instalada de centrales a carbón, esto es, 1.047 MW.

Las unidades U12 y U13 de Engie en Tocopilla fueron desconectadas el 7 de junio de 2019 (171 MW en total). A fines de junio de 2019, la Central Tarapacá de Enel recibió la autorización para adelantar su desconexión al 31 de diciembre de 2019. Las unidades U14 y U15 de Engie adelantarán su retiro a enero de 2022.

En el marco de la Cumbre de Cambio Climático COP25, el Ministro de Energía de Chile, Juan Carlos Jobet, anunció que se suman al plan de salida de la primera fase (2024) dos unidades de la Central Termoeléctrica Mejillones CTM1 y CTM2, de Engie, con una capacidad de 334 MW. Además se llegó a un acuerdo para que cierren antes del cronograma planificado originalmente Ventanas 1 y 2 de AES Gener, con una capacidad de 322 MW. Por último, en mayo de 2020 ENEL anunció el adelanto del cierre de Bocamina 1 e incluyó a Bocamina 2 en el cronograma de cierre antes del 2024. En resumen, con esto se logra adelantar la salida de 1.134 MW, lo que da un total de cierre de 11 unidades, 1.731 MW al 2024, que representa un 31% de la capacidad instalada de centrales a carbón.

El cronograma de retiro de unidades fue analizado por el Coordinador Eléctrico Nacional, en cuanto a su impacto en el sistema eléctrico, para el resguardo de las condiciones de seguridad necesarias. La Figura 7 describe el cronograma de la primera etapa, incluyendo los recientes anuncios de las empresas generadoras:



En tanto, la etapa de mediano plazo consiste en el compromiso de definir fechas de manera flexible en nuevas mesas de trabajo a realizar cada cinco años, que permitirán establecer cronogramas específicos de retiro, dando cuenta de los impactos económicos, sociales y ambientales de esta decisión. Todo lo anterior, con el objetivo de un retiro de operaciones del parque completo de centrales a carbón al 2040, acciones esenciales para que Chile alcance la carbono neutralidad al 2050.

La descarbonización de la matriz eléctrica se enmarca en el contexto internacional del cumplimiento del Acuerdo de París, al que nuestro país suscribió, y que requiere de acciones ambiciosas para alcanzar la meta de limitar el aumento de temperatura del planeta a menos de 1,5 °C, previo a la era industrial. Aun cuando nuestro país aporta solo el 0,25% de las emisiones totales de GEI (MMA, 2016a), somos uno de los países más vulnerables frente a los efectos del cambio climático.

En ese sentido, la “Mesa de Retiro y/o Reconversión de Unidades a Carbón” fue una instancia que permitió analizar y aportar antecedentes sobre el desafío de retiro de la generación a carbón de la matriz eléctrica, contemplando elementos tecnológicos, ambientales, sociales, económicos, de seguridad y de suficiencia de cada unidad generadora y del sistema eléctrico en su conjunto, entre otros, que permitan establecer un cronograma y las condiciones para el cese programado y gradual de la operación de centrales a carbón en Chile. En ese sentido, representó un ejercicio de sostenibilidad, desarrollado por actores transversales de los principales sectores de la sociedad involucrados en el desafío de retirar el carbón de la matriz eléctrica, que ha procurado resguardar los efectos económicos, sociales y ambientales involucrados en el proceso.

El retiro de centrales a carbón representa un esfuerzo significativo de Chile, dada la composición actual de la matriz de generación eléctrica, donde el carbón ha aportado con cerca de un 40% del total de energía generada en los últimos tres años. Es del caso mencionar que dentro de los desafíos propios de Chile en el camino a retirar el carbón de la matriz eléctrica se cuenta con un grupo de unidades generadoras a carbón puestas en operación hace pocos años, y además el país no cuenta con interconexiones eléctricas fuertes con otros países, como sí ocurre en otras regiones del mundo, lo que individualiza algunos desafíos que el país debe abordar para eliminar el carbón del sistema eléctrico.

Al respecto, es importante mencionar que el retiro se desarrollará sin subsidios directos del Estado y tendrá efectos positivos en la reducción de emisiones atmosféricas globales y locales; impactos ambientales en el suelo y en el agua; y la dependencia de combustibles extranjeros y combustibles fósiles. Asimismo, si bien un retiro de unidades generadoras a carbón trae como consecuencia una mayor inversión principalmente en fuentes de energía renovable, los menores costos operacionales de las mismas podrían tener un efecto positivo en la disminución de las tarifas eléctricas al mediano y largo plazo (por mayor costo de inversión en generación y transmisión, y menores costos de operación), en las tasas de empleabilidad y en la seguridad y confiabilidad del sistema eléctrico, si se realiza adecuadamente. Ello pone de manifiesto la necesidad de resguardar la gradualidad del proceso, entendiendo la necesidad de desarrollar una mayor capacidad en transmisión y en generación eléctrica, de forma de reemplazar el aporte de generación del carbón; un acom-

pañamiento para la transición laboral de los trabajadores de las centrales y las comunas en las que se encuentran; y la adecuación de las normativas pertinentes que permitan contar con un mercado eléctrico que reconozca atributos de potencia, energía y flexibilidad, con resguardo ambiental.

Respecto a los temas ambientales y sociales, en uno de los estudios desarrollado para la Mesa (Inodú, 2018a) se recomienda:

- Comunicar con suficiente anticipación, a la comunidad que se verá afectada, sobre la intención de cierre de la central;
- Que las empresas realicen una definición temprana de metas y propósitos para el sitio donde está emplazada la central; realizar una investigación ambiental temprana en el sitio para determinar si es que existe contaminación que deba ser remediada;
- Convocar grupos de distintos sectores relacionados, para identificar posibles usos del sitio y/o asesorar a estudios en aquellos casos que se tenga como objetivo buscar usos alternativos al emplazamiento de la central que dejará de operar y definir la forma más conveniente de evaluar las distintas opciones que se identifiquen;
- Que los municipios desarrollen una visión para la zona y aboguen por un nuevo proyecto que sea coherente con la visión de desarrollo del territorio; crear planes de estímulo económico para la transformación de capacidades de trabajo; y
- Definir límites de responsabilidad entre la empresa que realiza el cierre y la que restaura el sitio, respecto del desarrollo futuro del emplazamiento y la comunidad.

De acuerdo a CNE (2019), la capacidad instalada de unidades a carbón es de aproximadamente 5.500 MW. La primera etapa de retiro de centrales permitirá retirar al 2024 unos 1.731 MW (31% de la capacidad instalada), por lo que en la segunda etapa, al 2040, se requiere reemplazar los 3.769 MW a carbón remanentes, lo cual, según proyecciones del Ministerio de Energía (ver Informe de Actualización de Antecedentes 2019 del proceso de Planificación Energética de Largo Plazo¹¹), se basaría fundamentalmente en tecnologías de generación renovables.

Como consecuencia de lo anterior, uno de los mayores desafíos como país para alcanzar un retiro de carbón de la matriz eléctrica exitoso, y encaminar hacia la carbono neutralidad, es la expansión de los sistemas de transmisión eléctrica, de manera de poder conectar las zonas de generación renovable con los centros de consumo. La materialización de los proyectos de generación y transmisión necesarios requiere de un plazo

¹¹ Disponible en: <http://pelp.minenergia.cl>

adecuado, más aun considerando que el cese total de generación a carbón se dará antes del 2040, lo que sumado a los tiempos de tramitación ambiental y otros factores que puedan afectar la ejecución de las obras de transmisión, plantea un desafío transversal que deberá ser abordado de forma conjunta y participativa con todos los actores de la sociedad.

Por otro lado, el cambio climático repercutirá en la cantidad y distribución de las precipitaciones, lo que puede afectar la capacidad de generación de fuentes renovables no variables de respaldo, como la hidroelectricidad. Así, es responsable plantear un escenario de retiro de centrales con un plazo prudente, que permita llevar a cabo la descarbonización con el tiempo necesario y que no signifique un aumento significativo de los costos de la electricidad.

La generación de electricidad a carbón es responsable de aproximadamente 4.300 empleos directos y 9.000 empleos indirectos, que deben ser considerados al momento de plantear el cierre de las centrales. El retiro gradual de estas unidades al año 2040 permitirá abordar los impactos laborales y económicos sobre las comunas y regiones donde hoy se ubican, entregando un plazo razonable para la reconversión de la fuerza de trabajo, la materialización de nuevas inversiones o la jubilación de una parte de los trabajadores que corresponda. Una estrategia de acompañamiento de la transición laboral y será coordinada por el Ministerio de Energía, quien incorporará el apoyo sectorial requerido para tales fines, por ejemplo: Ministerio del Trabajo y Previsión Social, etc. Las acciones que se incluirán son las siguientes:

- Diagnóstico y cuantificación detallada de la fuerza laboral afectada de manera directa.
- Caracterización de los perfiles y competencias laborales del personal afectado.
- Levantamiento de potenciales oportunidades de trabajo en nuevos proyectos de inversión en cada zona, asociadas a inversiones a materializarse en el corto plazo.
- Identificación de brechas existentes entre las competencias que poseen las personas afectadas y las habilidades que necesitarán adquirir para su reconversión.
- Identificación de otros programas gubernamentales u iniciativas vigentes de desarrollo local existentes en estas comunas que puedan apoyar este proceso.

Un aspecto a considerar en esta estrategia es considerar que, de acuerdo a la información levantada al año 2030, entre un 11% y un 35% de los trabajadores actuales de las centrales a carbón habrá cumplido la edad de jubilación, dependiendo de la comuna de residencia. En 2040, se alcanza entre un 38% y un 61%, mientras que en 2050 todas las comunas superan el 71% (Viteri, 2019). Para el caso de las centrales que están próxi-

mas a salir, ya se ha estado implementando esta estrategia en conjunto con las empresas, las cuales han comprometido esfuerzos para reubicar a las personas afectadas en otros proyectos e implementar planes de retiro voluntario y de jubilación.

En cuanto a la seguridad del suministro, es un elemento clave que debe contemplarse en cualquier cronograma de descarbonización. Ello, considerando que Chile es un país altamente vulnerable al cambio climático y a eventos naturales, por lo que situaciones como sequías, incendios forestales, terremotos u otros desastres, así como fallas técnicas de unidades o restricciones mayores en el suministro de GNL podrían resultar críticas para el abastecimiento y generación de determinadas centrales. En ese sentido, las proyecciones del Ministerio de Energía y del Coordinador Eléctrico Nacional muestran que el potencial renovable del país permitiría reemplazar el aporte de generación de las unidades de carbón, lo que requerirá inversiones significativas tanto en nuevas plantas generadoras como en la expansión de los sistemas de transmisión eléctrica.

Dentro de los beneficios del retiro de unidades a carbón está la disminución de emisiones de contaminantes globales y contaminantes locales. Al respecto, si se toma como referencia la operación de las centrales a carbón el 2018¹², el retiro de dichas centrales permitirá reducir aproximadamente 25 millones de toneladas de dióxido de carbono (CO₂eq), 1.400 toneladas de material particulado (MP), 27.000 toneladas de dióxido de azufre (SO₂), y 31.200 toneladas de óxidos de nitrógeno (NO_x) por año.

En específico, con el retiro de las primeras centrales al 2024, las unidades Ventanas 1 y Ventanas 2, en la zona de Quintero-Puchuncaví, se generará una reducción del 5% de las emisiones de MP, 10% de SO₂ y 30% del NO_x, que al sumar a las unidades Nueva Ventanas y Campiche (ubicadas en la misma zona) alcanzarán un total de reducción de 15% de MP, 30% de SO₂ y 70% de NO_x. Cabe destacar que el resto de las emisiones de MP, SO₂ y NO_x de esta zona se deben a actividades de minería de cobre, refinería de petróleo y, en menor medida, al transporte. Para la zona de Tocopilla, la salida de las cuatro unidades de la Central Tocopilla reducirá en un 35% la emisión de MP, 40% de SO₂ y 30% la de NO_x, que, al complementarse con la salida de las dos unidades de la central Nueva Tocopilla, la reducción en la comuna asciende al 70% de MP, 75% de SO₂ y 70% de NO_x. Por último, para Coronel, la salida de la unidad Bocamina 1 generará una reducción de 1% de MP, 15% de SO₂ y 10% de NO_x, que al agregar la salida de Bocamina 2 y de la Central Santa María, se alcanzaría una reducción de un 10% de MP, 100% de SO₂ y 99% de NO_x¹³.

Finalmente, el cronograma presentado busca equilibrar adecuadamente los tres pilares de la sustentabilidad, de manera de lograr el impacto ambiental deseado, pero a su vez resguardar la seguridad y eficiencia económica del sistema y las problemáticas sociales vinculadas a la pérdida de empleos en las comunas en donde están ubicadas estas centrales.

¹² Emisiones reportadas a la Superintendencia del Medio Ambiente para el pago del impuesto verde, año 2018.

¹³ Elaboración propia en base a emisiones reportadas a la Superintendencia del Medio Ambiente para el pago de impuesto verde, año 2018; Inventario de emisiones obtenido del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférico para las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví, año 2018; Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, año 2017; Análisis General del Impacto Económico y Social del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférico del Gran Concepción, año 2017.

- CNE, Comisión Nacional de Energía. 2019. Estadística de la Generación Bruta de Energía.
- Coordinador Eléctrico Nacional. 2018. Estudio de Operación y Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional sin centrales a carbón. Disponible en: http://www.energia.gob.cl/sites/default/files/12_2018_coordinador_estudio_impacto_sistema_electrico_informe_principal.pdf
- Duke Energy Carolinas LLC, 2018. IntegratedResource Plan and 2018 REPS Compliance Plan (septiembre 2018). Disponible en: <https://starw1.ncuc.net/NCUC/ViewFile.aspx?Id=aa9862b5-5e31-4b3f-bb26-c8a12c85c658>
- Energy International Agency [EIA], 2016. Form EIA-860: Annual Electric Generator Report.
- Inodú. 2018a. Estudio de variables ambientales y sociales que deben abordarse para el cierre o reconversión programada y gradual de generación eléctrica a carbón. Desarrollado para el Ministerio de Energía. Disponible en: http://www.energia.gob.cl/sites/default/files/12_2018_inodu_variables_ambientales_y_sociales.pdf
- Inodú. 2018b. Estudio de alternativas tecnológicas al retiro y/o reconversión de las unidades de carbón en Chile. Desarrollado por encargo de GIZ para el Ministerio de Energía. Disponible en: http://www.energia.gob.cl/sites/default/files/11_2018_inodu_alternativas_tecnologicas.pdf
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. 2018. Summary for policymakers of IPCC Special Report on Global Warming of 1,5°C approved by governments. Disponible en: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15_SPM_version_report_LR.pdf
- Ministerio de Energía. 2019a. Mesa de trabajo sobre el retiro y/o la reconversión de unidades a carbón. Documento 180129 Comunicado no más nuevas plantas a carbón. Disponible en: <http://www.energia.gob.cl/panel/mesa-de-trabajo-descarbonizacion>
- Ministerio de Energía. 2019b. Mesa de trabajo sobre el retiro y/o la reconversión de unidades a carbón. Estudios desarrollados. Disponible en: <http://www.energia.gob.cl/panel/mesa-de-trabajo-descarbonizacion>

- Ministerio del Medio Ambiente [MMA]. 2016a. Tercera Comunicación Nacional de Chile ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, Gobierno de Chile, 504 p. Disponible en: <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/12/TCN-2016b1.pdf>
- Ministerio del Medio Ambiente [MMA]. 2016b. DS 18 Aprueba Reglamento que fija las obligaciones y procedimientos relativos a la identificación de los contribuyentes afectos, y que establece los procedimientos administrativos necesarios para la aplicación del impuesto que grava las emisiones al aire de material particulado, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre y dióxido de carbono conforme lo dispuesto en el artículo 8° de la Ley N° 20.780.
- Ministerio del Medio Ambiente [MMA]. 2017a. Análisis General del Impacto Económico y Social del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférico para las comunas de Concepción Metropolitano.
- Ministerio del Medio Ambiente [MMA]. 2017b. Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes.
- Ministerio del Medio Ambiente [MMA]. 2018a. Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférico para las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví.
- Ministerio del Medio Ambiente [MMA]. 2018b. Tercer Informe Bienal de Actualización sobre Cambio Climático de Chile.
- UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change. 2019. What is the Paris Agreement? Disponible en: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/what-is-the-paris-agreement>
- Ruiz-Rudolph et al, 2016. Impact of large industrial emission sources on mortality and morbidity in Chile: A small-areas study. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412016301192>
- Superintendencia del Medio Ambiente [SMA]. 2018. Emisiones reportadas a la Superintendencia del Medio Ambiente para el pago de impuesto verde.
- UN National Accounts. 2018. Basic data selection. Disponible en: <https://unstats.un.org/unsd/snaama/Basic>
- Viteri, A. 2019. Impacto económico y laboral del retiro y/o reconversión de unidades a carbón en Chile. Estudio desarrollado para el Ministerio de Energía en el marco de la Mesa de Retiro y/o Reconversión de Centrales a Carbón, financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo.

Esta publicación ha sido preparada por la División Ambiental y Cambio Climático y la División de Prospectiva y Análisis de Impacto Regulatorio del Ministerio de Energía, en base al trabajo y los estudios desarrollados durante el desarrollo de la Mesa de Retiro y/o Reconversión de Unidades a Carbón y ha sido editada y publicada por el proyecto "Descarbonización del sector energía en Chile" implementado por el Ministerio de Energía y Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, en el marco de la cooperación intergubernamental entre Chile y Alemania.

Cita recomendada:

Ministerio de Energía, 2019. Estrategia de descarbonización: retiro y/o reconversión de unidades a carbón. Documento final recopilatorio. Gobierno de Chile. Editado por Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Santiago, Santiago de Chile. 32 pp.

Diseño y diagramación: Grafart

Santiago de Chile, mayo de 2020

En colaboración con:

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Por encargo de:



Ministerio Federal
de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza
y Seguridad Nuclear

de la República Federal de Alemania

Ministerio de Energía de Chile
Alameda 1449, Pisos 13 y 14,
Edificio Santiago Downtown II
Santiago de Chile
www.minenergia.cl

**Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH**
Agencia de la GIZ en Chile
Federico Froebel 1776 Providencia
Santiago de Chile
www.giz.de