

Descarbonización de la  
matriz eléctrica de Chile

# Guía técnica de buenas prácticas ambientales para el cierre de centrales a carbón





# GUÍA TÉCNICA DE BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES PARA EL CIERRE DE CENTRALES A CARBÓN

---

Descarbonización  
de la matriz eléctrica  
de Chile



## ÍNDICE

<b>1. Introducción</b>	<b>05</b>
<b>2. Objetivo de la guía</b>	<b>09</b>
<b>3. Aspectos preliminares</b>	<b>11</b>
<b>3.1 Contexto de emplazamiento y retiro de centrales a carbón en Chile</b>	<b>12</b>
<b>3.2 Aspectos generales de la normativa nacional aplicable</b>	<b>14</b>
3.2.1 Respecto del plan de cierre de las centrales	14
3.2.2 Otros aspectos regulatorios	20
<b>3.3 Definiciones tempranas que afectan el proceso</b>	<b>21</b>
3.3.1 Por parte del operador de la central	21
3.3.2 Por parte del regulador	24
<b>3.4 Levantamiento de estado de permisos de la central</b>	<b>25</b>
<b>3.5 Planificar una estrategia de involucramiento con los grupos de interés</b>	<b>26</b>
<b>4. Identificación de desafíos medioambientales: Caracterización del sitio</b>	<b>28</b>
<b>4.1 Actividades preliminares</b>	<b>29</b>
4.1.1 Revisión de información	30
4.1.2 Visita al sitio	31
4.1.3 Entrevistas	32
<b>4.2 Identificar los atributos del sitio y activos disponibles</b>	<b>33</b>
<b>4.3 Identificar posibles fuentes de contaminación y/o sectores contaminados</b>	<b>33</b>
<b>4.4 Investigación confirmatoria mediante análisis químico del medio</b>	<b>35</b>

---

<b>5. Identificar niveles de contaminantes aceptables en agua y suelo</b>	<b>37</b>
5.1 Definición de niveles de referencia según uso específico	38
5.2 Definición de limitaciones de uso en el emplazamiento y acuerdos de limitación de uso de suelo	43

---

<b>6. Identificar nuevos propósitos para el sitio: Definir un conjunto de alternativas</b>	<b>46</b>
6.1 Realizar un análisis del contexto del mercado y del territorio	47
6.2 Interactuar con la comunidad local y otros grupos de interés que se relacionan al proyecto para explorar opciones de desarrollo y la definición de un nuevo propósito	48
6.3 Definir las alternativas de desarrollo posibles	49
6.4 Realizar una estimación preliminar de costos de las alternativas	52
6.5 Identificar fuentes de financiamiento e instrumentos que podrían facilitar las opciones de desarrollo posibles	54

---

<b>7. Diseñar e implementar una estrategia de remediación</b>	<b>55</b>
7.1 Aspectos por considerar en el emplazamiento de la central	57
7.1.1 Cierre de la cancha de carbón	57
7.1.2 Desmantelamiento de infraestructura	57
7.2 Aspectos por considerar en cierre del depósito de cenizas	65
7.3 Declaración, carta o garantía de no llevar a cabo nuevas acciones	68

---

<b>8. Anexos</b>	<b>69</b>
8.1 Referencias	70
8.2 Siglas y acrónimos	72

---



## Introducción

La “Salida del Carbón” es uno de los objetivos principales de la política energética en el marco del acuerdo de París de Naciones Unidas.

En Chile, el sector Energía es el responsable de cerca del 80% del total de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (CO2 equivalentes), siendo la generación eléctrica a carbón uno de sus principales contribuyentes.

El Programa Energías Renovables y Eficiencia Energética (4E, por sus siglas en alemán) es implementado por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, por encargo del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear siendo su objetivo impulsar la sustentabilidad del sector energético, a través de asesorías, fomento a actividades para propiciar negocios y financiamiento de proyectos, teniendo como contraparte al Ministerio de Energía de Chile.

La Política Energética Nacional de Chile, Energía 2050, señala en su Pilar “Energía compatible con el Medio Ambiente” su compromiso de apoyar decididamente una transición hacia una economía —y una matriz energética— significativamente más baja en carbono hacia el 2050.

Se espera que el retiro de unidades a carbón, desde el punto de vista ambiental, traiga múltiples beneficios asociados a la reducción de emisiones atmosféricas de contaminantes locales y globales, disminución de impactos a la biota marina, eliminación del riesgo de vertimiento de carbón y reducción de emisiones al aire de carbón o cenizas, recuperación del espacio para otros usos, disminución de ruido, entre otros, pero sin, lugar a dudas, involucra grandes desafíos de recuperación socio ambiental de zonas afectadas por la actividad Industrial, de saneamiento adecuado (estándares internacionales) del suelo donde estaban las instalaciones, en particular los depósitos de cenizas y canchas de carbón, de manejo adecuado de los residuos con enfoque de Economía Circular para reciclaje de fierros y estructuras, de aplicación de procesos regulatorios, tales como el análisis de ingreso al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental de Chile (SEIA).

Durante los próximos años un número creciente de centrales termoeléctricas a carbón inician un proceso de cese de operaciones y cierre. La forma de enfrentar el proceso de cierre es diversa, pudiéndose desarrollar una reconversión de la central a otra actividad industrial, desmantelamiento o abandono. Actualmente sólo algunas unidades termoeléctricas cuentan con un plan de cierre definido y aprobado por la autoridad competente; las otras unidades deben definir un plan de cierre y presentarlo a la autoridad ambiental.

Este documento, tiene por objetivo entregar lineamientos de buenas prácticas para enfrentar los desafíos ambientales y sociales que se producen con el cierre de centrales termoeléctricas, basado en experiencias internacionales. El proceso de cierre de una unidad consta de 7 etapas que deben ser llevadas a cabo previo al desarrollo de un nuevo proyecto en el sitio. En estas, es importante contar con la participación de la comunidad local, el responsable de los activos e instituciones gubernamentales, además de definir acuerdos que concilien las posturas de los diferentes actores. La **Figura 1** ilustra dicho proceso; también, en la parte superior, se indica el capítulo de esta guía donde se aborda la etapa correspondiente.



**Figura 1 / Proceso de cierre de una central a carbón**

3.3, 3.4 y 3.5 Definición del proyecto	Equipo de transición	Identificar objetivos, expectativas y stakeholders	
	Estrategia de involucramiento	Levantamiento de permisos	
4 Caracterización del sitio	Revisión de información, visita, entrevistas	Identificar activos y atributos	
	Identificar existencia de contaminación	Muestreo (investigación confirmatorio)	
5 Identificar niveles de contaminación aceptables	Definir niveles de referencia según usos probables	Definir limitaciones de uso	
6 Identificación de uso futuro	Contexto de mercado	Interacción con stakeholders	Definición de alternativas
	Estimación preliminar de costos	Identificación de fuentes de financiamiento	
7 Plan de cierre y remediación	Plan de desmantelamiento	Plan de remediación	
7.1 y 7.2 Implementación	Remoción de material peligroso	Desmantelamiento selectivo	Demolición
	Cierre de depósito de cenizas	Cierre de cancha de carbón	Remediación
7.3 Cierre del proyecto	Revisión de cumplimiento de objetivos		
Redesarrollo			

Fuente: Adaptado de EPRI 2020

El proceso que tocará enfrentar requerirá de una coordinación efectiva de múltiples actores del sector público, privado y la sociedad civil. Por parte del sector público se debe coordinar requerimientos derivados del Ministerio de Energía, Ministerio de Medioambiente, Ministerio de Salud, Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Intendencias y Municipalidades. Por parte de las empresas se deben involucrar equipos multidisciplinarios de diferentes áreas de la organización. En cada una de las localidades se presentarán distintos grupos de interés, necesidades y condiciones sociales y ambientales heredadas por la historia de diversas actividades industriales colindantes con la central que se desea cerrar.

La definición de procesos y el apego a estándares de trabajo por parte de los distintos actores será un factor relevante que contribuirá a materializar el proceso de cierre de la manera más armónica posible. Será importante focalizarse en la estructuración y ejecución adecuada de distintos procesos, junto con establecer un mecanismo para compartir lecciones aprendidas en los distintos casos que se vayan materializando.

En el proceso de elaboración de este proyecto el equipo de inodú contó con la colaboración del Electric Power Research Institute (EPRI, 2020). Además, se han realizado diversas instancias de participación con actores del sector público y privado. Esta guía debe ser utilizada en conjunto con la "Guía para el desarrollo participativo de proyectos de energía. Etapa de cierre de centrales a carbón", desarrollada por Gestión Social por encargo de GIZ.



## Objetivo de la Guía

La Guía Técnica de Buenas Prácticas Ambientales para el cierre de las centrales a carbón tiene el objetivo de entregar lineamientos de buenas prácticas, traducidas en estándares mínimos para enfrentar los desafíos ambientales y sociales que se producen con el cierre de centrales termoe-  
léctricas<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Aspectos sociales y de participación ciudadana se abordan en detalle en la “Guía para el desarrollo participativo de proyectos de energía. Etapa de cierre de centrales a carbón”, desarrollada por Gestión Social.



## Aspectos preliminares

### 3.1 Contexto de emplazamiento y retiro de centrales a carbón en Chile

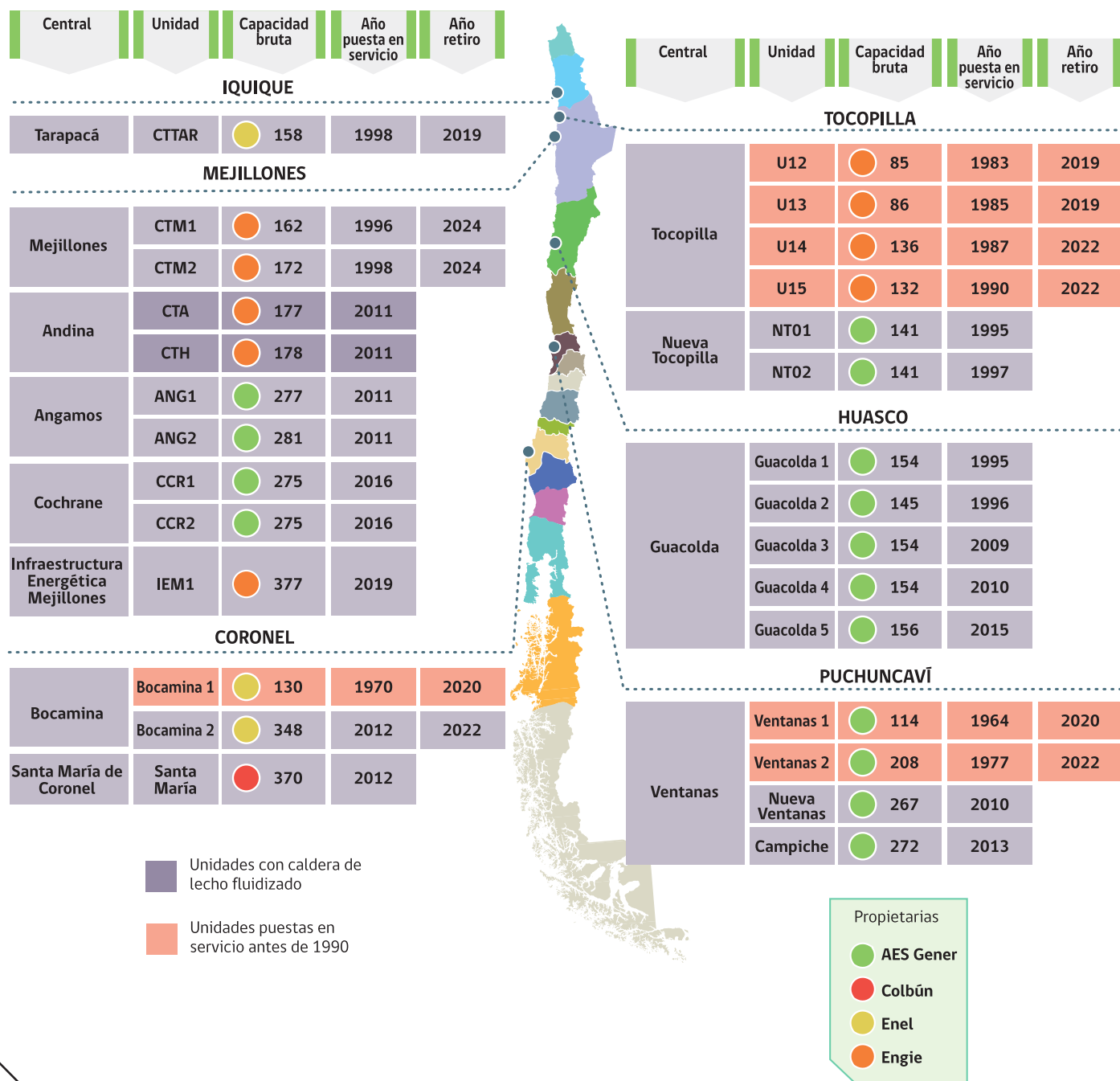
En Chile existen 10 complejos de generación termoeléctrica a carbón, o centrales termoeléctricas, distribuidos en 6 comunas, que en conjunto agrupan 28 unidades de generación. En el año 2019 el Estado de Chile, a través del Ministerio de Energía, estableció un acuerdo para cerrar todas las centrales a carbón a más tardar el año 2040; también definió la aspiración de lograr la carbono neutralidad al año 2050. La primera fase del acuerdo de cierre de centrales a carbón comprometió el cierre de ocho unidades que representan 1047 MW. Posteriormente, como parte de las actividades asociadas a la COP 25 se comprometió el cierre de 334 MW adicionales (unidad CTM 1 y CTM 2 - Mejillones). Finalmente, en mayo de 2020 se adelantó el cierre de Bocamina I a finales del año 2020 y se definió el cierre de Bocamina II para el año 2022. En resumen 11 unidades, 1731 MW, cerrarán al 2024 representando el 31% de la capacidad instalada a carbón en el país.

La [Figura 2](#) muestra la ubicación de unidades de generación a carbón, junto a su capacidad, año de puesta en servicio y año comprometido de retiro. Las centrales se ubican en el borde costero del Océano Pacífico debido a las condiciones favorables, económicas y de simplicidad operativa, que presenta el borde costero para el suministro de carbón y enfriamiento de las centrales.

Con excepción de la Central Tarapacá y Santa María, las unidades de generación están emplazadas en complejos que comparten infraestructura y servicios de soporte entre las unidades que forman parte del mismo complejo, por ejemplo: el muelle, la cancha de carbón, la chimenea, la captación y descarga de agua, las plantas de tratamiento de agua, depósito de cenizas, entre otras. Por lo tanto, la reconversión o el cierre programado de algunas unidades más antiguas se desarrollará en un terreno donde continuará estando operativa una unidad más nueva.

El uso de terreno compartido entre una unidad retirada del sistema y unidades que continúan en servicio afecta la forma de implementar un plan de desmantelamiento o reconversión de las unidades. Producto de ello, se debe diferenciar la forma de abordar los desafíos ambientales y sociales que se producen con el cierre de una unidad termoeléctrica que pertenece a un complejo o central termoeléctrica, de aquellos que se producen con el proceso de cierre del complejo o central por completo.

Figura 2 / Mapa de unidades de generación a carbón operativas en Chile



Fuente: Elaboración propia

## 3.2 Aspectos generales de la normativa nacional aplicable

### 3.2.1 Respeto del plan de cierre de las centrales

En algunos procesos de obtención de Resolución de Calificación Ambiental (RCA) de proyectos de generación se ha indicado que la etapa de abandono de una central termoeléctrica es indefinida en el tiempo porque se pueden reemplazar los equipos que han cumplido su vida útil (técnica o económica) o, si lo amerita, efectuar una instalación nueva sobre el terreno existente<sup>2</sup>. La ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente (Ley N° 19.300), Artículo 11ter, establece que en caso de modificarse un proyecto o actividad la calificación ambiental debe recaer sobre dicha modificación, aunque la evaluación de impacto ambiental debe considerar la suma de los impactos provocados por la modificación y el proyecto o actividad existente.

En caso de tener como objetivo cerrar una central, es importante establecer si la remediación es necesaria, y en caso de serlo, cuáles serán sus objetivos. Se debe definir si en el sitio donde se emplaza la central existe presencia de contaminantes en el suelo y aguas subterráneas. En caso de identificar la presencia de contaminantes se debe definir si su concentración es significativa como para implicar un riesgo hacia las personas y/o el medioambiente. Se debe considerar el nivel de exposición de las personas y comparar las concentraciones detectadas con valores de referencia estándares. Se pueden distinguir dos tipos de valores de referencia<sup>3</sup>:

- Orientados a decidir si se llevará a cabo alguna acción sobre un emplazamiento con presencia de contaminantes.
- Orientados a determinar objetivos de remediación.

En Chile actualmente no se tiene una norma de calidad de suelos por lo que no se han definido valores de referencia para establecer objetivos de remediación. Sólo se cuenta con una guía de referencia que define un procedimiento de evaluación de riesgo que se puede utilizar para determinar cuándo un sitio tiene un riesgo inaceptable y requiere medidas de gestión (Fundación Chile, 2012). No obstante, la guía no es específica en definir valores de referencia concretos para utilizar en una evaluación; dichos valores de referencia tampoco se definen en la Resolución del Ministerio del Medio Ambiente N° 406 de 2013 que aprueba la Guía Metodológica para la Gestión de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes y sus Anexos.

El Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, DS 40, Artículo 3, letra o), numeral 11 define a proyectos de reparación o recuperación de áreas que contengan contaminantes

<sup>2</sup> Este planteamiento se encuentra en diversas RCAs de centrales. Detalles en Anexo de (inodú, 2018).

<sup>3</sup> "Si bien hay varias situaciones posibles, se pueden distinguir dos tipos principales de valores de referencia: (i) aquellos orientados a decidir si se llevará a cabo alguna acción sobre un SPPC en particular o (ii) aquellos orientados a determinar los objetivos de remediación" (Fundación Chile, 2012, pág. 69).



que abarquen, en conjunto, una superficie mayor o igual a 10.000 m<sup>2</sup> como proyectos susceptibles de causar impacto ambiental. Dependiendo de las circunstancias, es posible establecer que la presentación de un plan cierre de una central no presenta de manera significativa los efectos, características o circunstancias adversas enumeradas en el Artículo 11 de la ley 19.300, por lo tanto, no requeriría de la presentación de un Estudio de Impacto Ambiental<sup>4</sup>.

El Artículo 8 de la ley 19.300 establece que los proyectos o actividades señalados en el artículo 10 sólo podrán ejecutarse o modificarse previa evaluación de su impacto ambiental<sup>5</sup>. Dado el nivel de definición actual de la normativa, y los permisos ya otorgados, no es evidente que se deba realizar un Estudio de Impacto Ambiental para realizar el plan de cierre de una central. En algunos casos el plan de cierre ya está definido y aprobado (Figura 3). En los casos que se cuente con RCA sin plan de cierre, dependiendo de las circunstancias, correspondería sólo presentar un plan de cierre mediante Declaración de Impacto Ambiental. Finalmente, lo indicado anteriormente también es válido para las centrales que no tengan RCA (DS 40, Artículo 2, letra g.2).

En caso de presentarse una Declaración de Impacto Ambiental (DIA), esta podrá contemplar compromisos ambientales voluntarios, no exigidos por la ley; en cuyo caso, el titular estará obligado a cumplirlos (Artículo 18, ley 19.300).

Tras revisar las resoluciones de calificación ambiental de las centrales termoeléctricas existentes y de los depósitos de cenizas (inodú, 2018), se puede indicar que:

- Siete unidades no tienen RCA asociada al proyecto original.
- A seis de las unidades se les exige en su RCA presentar un plan de cierre cierto tiempo antes de iniciar el abandono (6 meses o 1 año antes). Dos unidades (Nueva Tocopilla) comprometen desarrollar un plan de cierre previo a este.
- Las RCA relativas a las quince unidades restantes indican que lo más probable es que las unidades se reacondicionen o que se reconviertan a otra tecnología de generación. En caso de que se requiera abandonar el sitio, se indica que se desmantelarán y retirarán las estructuras, equipos superficiales y marinos; se contempla mantener las fundaciones (pueden ser enterradas y tapadas con material del entorno para mitigar el impacto visual). El detalle de los planes presentados es variado.
- Hay cinco RCA asociadas a depósitos de ceniza (separados de las RCA de las centrales) porque este tuvo que ser ampliado o modificado con posterioridad. Estos son Barriles, Central Térmica

<sup>4</sup> El Artículo 18 de la ley 19.300 indica que los titulares de los proyectos que deban someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y que no requieran elaborar un Estudio de Impacto Ambiental, deben presentar una Declaración de Impacto Ambiental.

El Artículo 4 del DS 40 establece que el titular de un proyecto que se someta al SEIA lo hará presentando una DIA, salvo que dicho proyecto genere o presente alguno de los efectos, características o circunstancias contemplados en el artículo 11 de la ley 19.300, en cuyo caso deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental.

<sup>5</sup> Estos proyectos se listan en más detalle en el DS 40, Artículo 3.

ca Mejillones (CTM), Puchuncaví, Bocamina y Santa María. Los detalles de cierre están asociados principalmente al recubrimiento del depósito.

En la **Figura 3** se presentan detalles de las medidas de cierre que se incluyen en las RCA de las unidades de generación y depósitos de cenizas. Algunos de los puntos que se presentan en la figura, que son de especial importancia para esta guía son: si se exigió o comprometió la realización de un plan de cierre<sup>6</sup>; si se contempla el reacondicionamiento a otra tecnología de generación<sup>7</sup>, el cierre de la central, medidas para el cierre del depósito de cenizas, el desarme de infraestructura marina o costera, la demolición de infraestructuras, el reciclaje y/o disposición de materiales generados en el proceso de demolición; y si se mencionan medidas de mitigación de impactos visuales y/o ambientales.

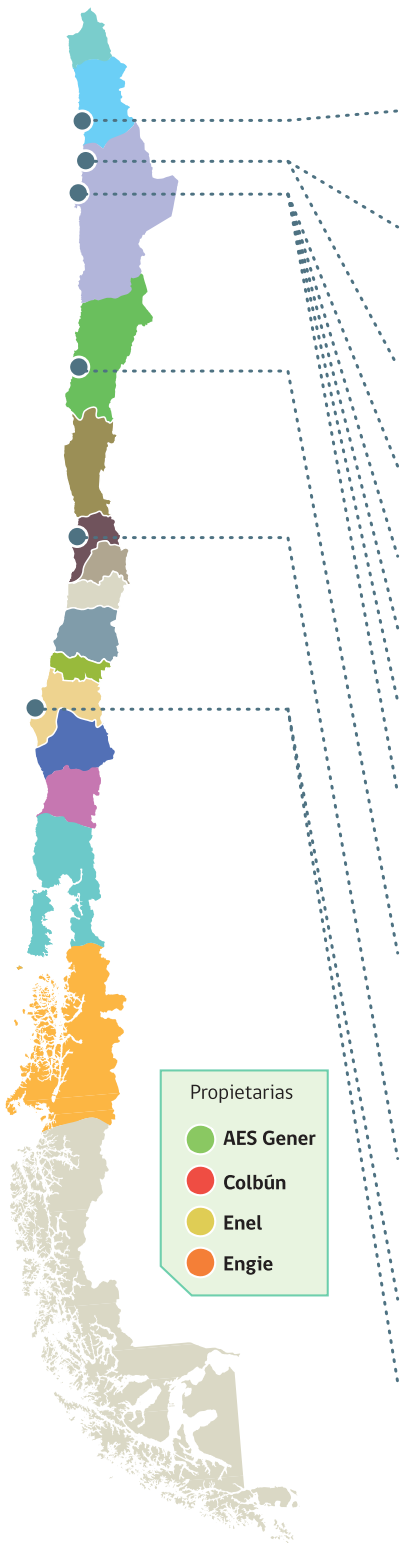
Es posible identificar complejos de generación termoeléctrica donde coexisten unidades que tienen un plan de cierre definido y unidades que no tienen plan de cierre, en cuyo caso debe establecerse qué se aplicará al momento de definir el plan de cierre del complejo de generación. Lo indicado anteriormente se debe a que el alcance de una RCA está limitado al proyecto evaluado. De lo anterior, se desprende que una unidad de generación que por su antigüedad no cuenten con RCA no tiene un plan de cierre comprometido.

Manteniéndose el vacío legal y reglamentario, la definición de objetivos de remediación ambiental más ambiciosos que los definidos en las RCAs de las respectivas centrales, correspondería a un acuerdo voluntario entre el Estado y los responsables de los activos. Lo anterior, también es aplicable en aquellas centrales que no cuenten con RCA para su operación. Los compromisos mencionados anteriormente se podrían enmarcar en lo definido en el Artículo 18 de la ley 19.300.

- <sup>6</sup> Por ejemplo, si bien, en el caso de las unidades NTO1 y NTO2 se indica que estas tienen un plan de cierre, este no contempla el cierre de la central. Específicamente, en ambos EIA en el Plan de Abandono (sección 2.6) se indica: "A la fecha, no se contempla el abandono de las instalaciones de la Central Nueva Tocopilla. Oportunamente, Norgener S.A. desarrollará un Plan de Abandono de la Central."
- <sup>7</sup> Por su parte, para el caso de la central IEM, si bien en la Figura 3 se indica que no se contempla un reacondicionamiento, en el EIA de la central, en la sección 1.9 (Etapa de Abandono), se indica lo siguiente: "La etapa de abandono de una central es indefinida en el tiempo, dado que siempre es posible reemplazar los equipos que han cumplido su vida útil o, si así lo amerita, efectuar una instalación nueva sobre el terreno existente..."



Figura 3 / Medidas de cierre de unidades comprometidas en RCA



Central	Unidad	Año		RCA	Plan de cierre	Reacondicio- namiento	Cierre de central
Tarapacá	CTTAR	1998	●	✓		✓	
Tocopilla	U12	1983	●	X			
	U13	1985	●	X			
	U14	1987	●	X			
	U15	1990	●	X			
Nueva Tocopilla	NT01	1995	●	✓	✓		
	NT02	1997	●	✓	✓		
Cochrane	CCR1	2016	●	✓		✓	Si se requiere
	CCR2	2016	●	✓		✓	Si se requiere
Angamos	ANG1	2011	●	✓		✓	Si se requiere
	ANG2	2011	●	✓		✓	Si se requiere
IEM	IEM1	2019	●	✓	✓		Si no se reacondiciona
Andina	CTA	2011	●	✓	✓		Si el titular lo decide
	CTH	2011	●	✓	✓		Si el titular lo decide
Mejillones	CTM1	1996	●	✓			
	CTM2	1998	●	✓			Paralización de actividades y retiro de instalaciones
Guacolda	U1	1995	●	✓			
	U2	1996	●	✓			
	U3	2009	●	✓	✓	✓	Si se necesitase
	U4	2010	●	✓		✓	Si se necesitase
	U5	2015	●	✓			Si se necesitase
Ventanas	U1	1964	●	X			
	U2	1977	●	X			
	Nueva Ventanas	2010	●	✓	✓	✓	Si no se reacondiciona
	Campiche	2013	●	✓	✓	✓	Si no se reacondiciona
Bocamina	U1	1970	●	X			
	U2	2012	●	✓		✓	Abandonar y clausurar si no se reacondiciona <sup>1</sup>
Santa María	U1	2012	●	✓	✓	✓	Desmantelar si no se reacondiciona

<sup>1</sup> Si el costo de mantener o actualizar la planta fuese excesivo, se tomará la decisión de abandonar o desmantelar la instalación. "Se clausurarán todos los accesos a los edificios y se cercarán todos los recintos a fin de impedir el acceso a ellos hasta que se decida otro destino para los terrenos".

	Cierre de depósito de cenizas	Desarme inf. marina	Demolición	Reciclaje	Disposición	Mitigación de impactos
▲	Terreno urbanizable					
▲	Cierre perimetral, canalización de aguas lluvia y recubrimiento					
▲	Cierre perimetral, canalización de aguas lluvia y recubrimiento					
▲	Cierre perimetral, canalización de aguas lluvia y recubrimiento					
▲	Cierre perimetral, canalización de aguas lluvia y recubrimiento					
▲	Cierre perimetral, canalización de aguas lluvia y recubrimiento					
▲	Cierre perimetral, canalización de aguas lluvia y recubrimiento					
▲		Parcial	Si, excepto fundaciones			Entierro de fundaciones para mitigar impacto visual
▲		Parcial	Si, excepto fundaciones			Entierro de fundaciones para mitigar impacto visual
▲	Recubrimiento	Total	Parcial o total	Acero, materiales, equipos y maquinaria	Materiales, equipos y maquinaria	Carpetas de suelo
▲	Recubrimiento	Total	Parcial o total	Acero, materiales, equipos y maquinaria	Materiales, equipos y maquinaria	Carpetas de suelo
▲	Emparejar el terreno	Muelle, incluyendo pilotes	Sobre el nivel del suelo	Acero, aceites, lubricantes, cobre y aluminio de cables, vidrio, estanques y tuberías	Plásticos, escombros, aislantes minerales y otros	Limpieza general del área
▲	Emparejar el terreno	Retiro		Acero, aceites, lubricantes, cobre y aluminio de cables, vidrio, estanques y tuberías	Plásticos, escombros, aislantes minerales y otros	
▲	Emparejar el terreno	Retiro		Acero, aceites, lubricantes, cobre y aluminio de cables, vidrio, estanques y tuberías	Plásticos, escombros, aislantes minerales y otros	
▲						
▲	Clausura					
▲	Nivelación y recubrimiento de baja permeabilidad, resistente a la erosión, sin mantenimiento posterior					
▲	Nivelación y recubrimiento de baja permeabilidad, resistente a la erosión, sin mantenimiento posterior					
▲	Nivelación y recubrimiento de baja permeabilidad, resistente a la erosión, sin mantenimiento posterior		Parcial o total	Acero, aceites, lubricantes, cobre y aluminio de cables, vidrio, estanques y tuberías	Plásticos y aislantes minerales	Carpetas de suelo y vegetación adecuada
▲	Nivelación y recubrimiento de baja permeabilidad, resistente a la erosión, sin mantenimiento posterior		Parcial o total	Acero, aceites, lubricantes, cobre y aluminio de cables, vidrio, estanques y tuberías	Plásticos y aislantes minerales	Limpieza donde sea necesario, carpetas de suelo y vegetación adecuada
▲	Nivelación y recubrimiento de baja permeabilidad, resistente a la erosión, sin mantenimiento posterior		Parcial o total	Equipos y estructuras		Carpetas de suelo y vegetación adecuada
▲	Ingreso de plan al SEIA, Limpieza y restauración del entorno, mantenimiento de vegetación plantada					
▲	Ingreso de plan al SEIA, Limpieza y restauración del entorno, mantenimiento de vegetación plantada					
▲	Ingreso de plan al SEIA, Limpieza y restauración del entorno, mantenimiento de vegetación plantada	Restauración borde costero	Parcial o total	Equipos y estructuras	Residuos	Carpetas de suelo y vegetación adecuada
▲	Ingreso de plan al SEIA, Limpieza y restauración del entorno, mantenimiento de vegetación plantada					
▲	Recubrimiento y revegetación					
▲	Recubrimiento y revegetación		Parcial o total	Mobiliario, equipos, estructuras y estanques	Equipos, estructuras y estanques	Carpetas de suelo y vegetación adecuada
▲	Recubrimiento con geomembrana y suelo, resistente a la erosión, sin mantenimiento posterior			Maderas, cajas, tuberías, cañerías, tarros de pintura, aislamiento, vigas, fierro y otros	Tuberías, maderas, cartones, cajas, despuntes de acero y planchas, etc.	

Depósitos de cenizas

- ▲ Barriles
- ▲ Cerro Gris
- ▲ Guacolda
- ▲ Santa María
- ▲ Bocamina
- ▲ CTM
- ▲ Puchuncavi
- ▲ Tarapacá

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.2 Otros aspectos regulatorios

A continuación, se mencionan otros requerimientos regulatorios que pueden ser de interés:

- Normas específicas relativas al manejo y disposición de residuos se establecen en los Artículos 78 - 82 y 84 del DFL 725 del Ministerio de Salud Pública, Código Sanitario.
- Artículo 67° del DFL 725 del Ministerio de Salud Pública, Código Sanitario: Corresponde al Servicio Nacional de Salud velar porque se eliminen o controlen todos los factores, elementos o agentes del medio ambiente que afecten la salud, la seguridad y el bienestar de los habitantes en conformidad a las disposiciones del presente Código y sus reglamentos.
- Decreto 594 del Ministerio de Salud, que aprueba el reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo:
  - Artículo 17: En ningún caso podrán incorporarse a las napas de agua subterránea de los subsuelos o arrojarse en los canales de regadío, acueductos, ríos, esteros, quebradas, lagos, lagunas, embalses o en masas o en cursos de agua en general, los relaves industriales o mineros o las aguas contaminadas con productos tóxicos de cualquier naturaleza, sin ser previamente sometidos a los tratamientos de neutralización o depuración que prescriba en cada caso la autoridad sanitaria.
  - Artículo 18: La acumulación, tratamiento y disposición final de residuos industriales dentro del predio industrial, local o lugar de trabajo, deberá contar con la autorización sanitaria.
  - Artículo 19: Las empresas que realicen el tratamiento o disposición final de sus residuos industriales fuera del predio, sea directamente o a través de la contratación de terceros, deberán contar con autorización sanitaria, previo al inicio de tales actividades. Para obtener dicha autorización, la empresa que produce los residuos industriales deberá presentar los antecedentes que acrediten que tanto el transporte, el tratamiento, como la disposición final es realizada por personas o empresas debidamente autorizadas por el Servicio de Salud correspondiente.
  - Artículo 20: En todos los casos, sea que el tratamiento y/o disposición final de los residuos industriales se realice fuera o dentro del predio industrial, la empresa, previo al inicio de tales actividades, deberá presentar a la autoridad sanitaria una declaración en que conste

la cantidad y calidad de los residuos industriales que genere, diferenciando claramente los residuos industriales peligrosos.

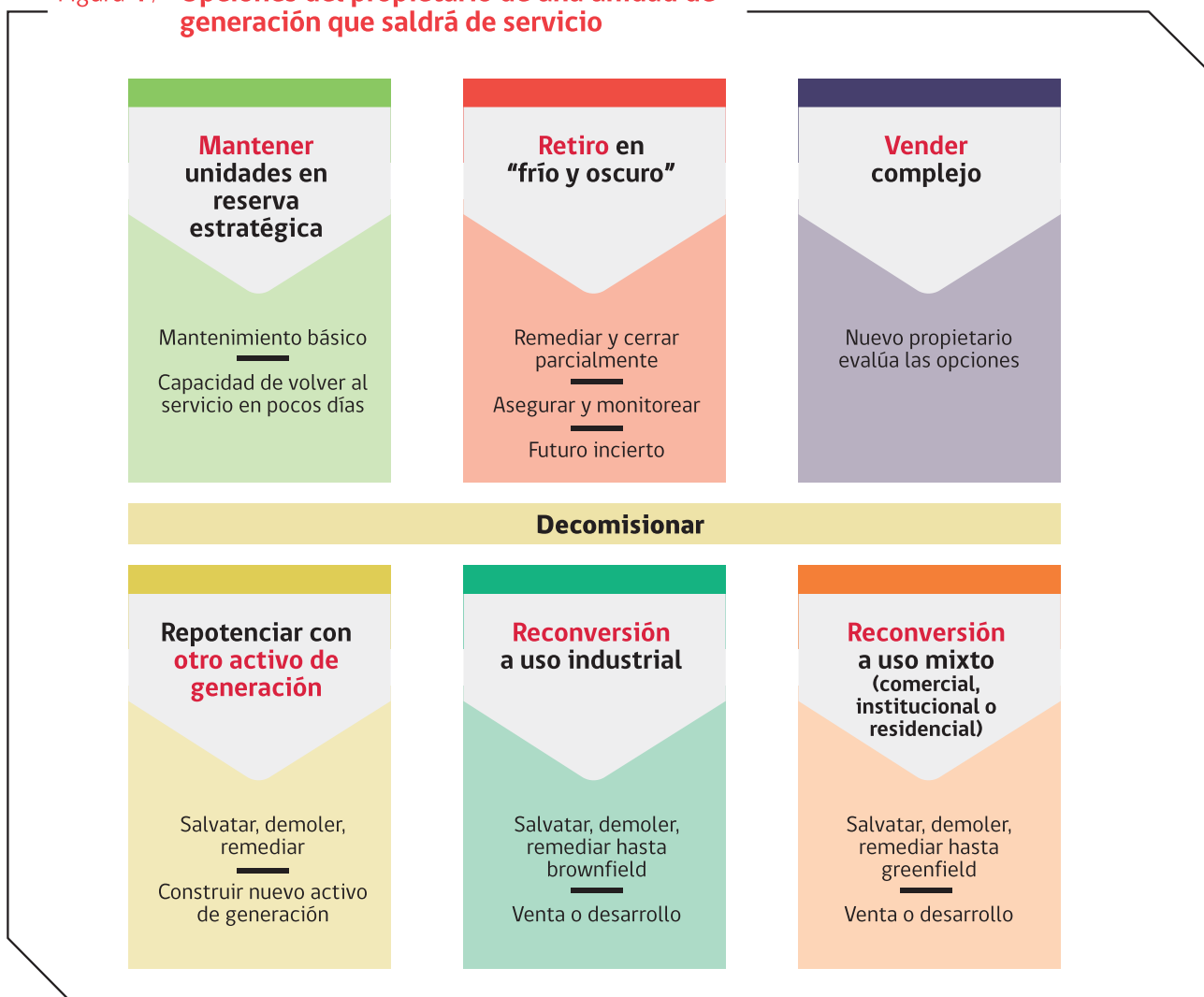
- Decreto 144 del Ministerio de Salud, que establece normas para evitar emanaciones o contaminantes atmosféricos de cualquier naturaleza, Artículo 1: Los gases, vapores, humos, polvo, emanaciones o contaminantes de cualquiera naturaleza, producidos en cualquier establecimiento fabril o lugar de trabajo, deberán captarse o eliminarse en forma tal que no causen peligros, daños o molestias al vecindario.
- Decreto 148 del Ministerio de Salud, que aprueba reglamento sanitario sobre manejo de residuos Peligrosos. Este reglamento establece las condiciones sanitarias y de seguridad mínimas a que debe someterse la generación, tenencia, almacenamiento, transporte, tratamiento, reúso, reciclaje, disposición final y otras formas de eliminación de residuos peligrosos.
- Ley 458 del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, que aprueba la Ley General de Urbanismo y Construcciones, Artículo 116º: La construcción, reconstrucción, alteración, ampliación y demolición de edificios requiere de un permiso de la Dirección de Obras Municipales. Todas las obras deben ajustarse a las Normas Técnicas, a la Ordenanza General y al Plan regulador de la municipalidad que corresponda.
- Condiciones para vehículos que transporten carga (desperdicios, arena, ripio u otros materiales): Artículo 2 de Decreto 75 de 1987 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, que establece condiciones para el transporte de cargas. Para el caso particular del transporte de cargas peligrosas por calles y caminos se debe considerar el Decreto 298, de 1995, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.

## 3.3 Definiciones tempranas que afectan el proceso

### 3.3.1 Por parte del operador de la central

El propietario de la unidad de generación que saldrá de servicio tiene diferentes opciones respecto de qué hacer con el activo de generación y su emplazamiento, las opciones se sintetizan en la [Figura 4](#).

Figura 4 / **Opciones del propietario de una unidad de generación que saldrá de servicio**



Nota: Adaptado de Raimi, 2017

Existe la opción de mantener las unidades que aún no se han retirado del sistema como reserva estratégica por 5 años. En ese caso la unidad no opera, a menos que sea convocada de forma anticipada por el Coordinador Eléctrico Nacional. Las recomendaciones de esta guía aplican cuando una unidad finalice sus operaciones de manera definitiva, o cuando termine el periodo de reserva estratégica, en caso de que se haya optado por dicha opción.

En caso de que el dueño del sitio decida vender el activo, junto a todos los pasivos ambientales que puedan existir, las recomendaciones de esta guía aplican de igual forma.

El retiro en frío y oscuro es una solución transitoria que implica cerrar la planta, demoler algunas estructuras, remediar el sitio de forma parcial, y cerrar el emplazamiento restringiendo la entra-



da de personas. Usualmente se asegura el sitio con barreras físicas y vigilancia, pero las operaciones se abandonan. Esta es una solución temporal para terrenos con escaso valor, o cuando no se obtiene interés ni financiamiento suficiente para iniciar un redesarrollo. Esta opción también se utiliza para unidades que salen de servicio, pero que comparten el sitio e infraestructura con otras unidades que aún siguen en funcionamiento. En el caso mencionado anteriormente, la central retirada se deja en stand by y se definen compromisos o acuerdos ambientales voluntarios de manejo y decomisionamiento<sup>8</sup>. Estos compromisos o acuerdos medioambientales se ejecutan principalmente cuando se retiran todas las unidades del complejo de generación, o cuando sea económicamente factible realizar un redesarrollo parcial o total en el sitio, teniendo en consideración que en general un redesarrollo se produce cuando se validan razones económicas que lo sustentan.

El acuerdo mencionado anteriormente es una opción válida cuando el riesgo hacia las personas y el medio ambiente es bajo<sup>9</sup>, aun cuando una limpieza adicional del emplazamiento es deseable. La limpieza adicional se puede realizar si ocurre un redesarrollo, lo cual se podría dejar estipulado oficialmente en la documentación legal perteneciente al sitio. También, se debe tener en consideración que existen niveles de contaminantes que son aceptables y no presentan riesgo para la salud o el ambiente, por lo que no es necesario realizar acciones de remediación. Esto se conoce como de minimis condition<sup>10</sup>.

### 3.3.1.1 Necesidad de crear un equipo de transición

El responsable de una unidad termoeléctrica que dejará de operar debe desarrollar un equipo de transición que será el encargado de realizar el proceso de decomisionamiento de la central y abarcará funciones de gestión del proyecto, operaciones, aspectos técnicos, de redesarrollo y comunicaciones. El equipo de transición debe tener el apoyo de la alta dirección de la empresa, contar con personal calificado y el apoyo de todas las áreas de la organización, además de acceso a la información relacionada con la central.

Las funciones del equipo de transición evolucionarán en el tiempo dependiendo de la etapa y forma de cierre de la central; por ejemplo, centrales que optan por cierre en forma de reserva estratégica por 5 años tendrán necesidades de gestión distintas que centrales que cierran definitivamente. El equipo de transición de las empresas no solo debe interactuar distintas áreas al interior de las compañías, sino también con organizaciones locales, regionales y distintos Ministerios.

<sup>8</sup> Más detalle sobre los compromisos ambientales en Sección 6.2.

<sup>9</sup> Más detalles sobre análisis de riesgo en Sección 6.1.

<sup>10</sup> La definición de minimis condition se encuentra en la Norma ASTM 1527 - 13, Sección 2.2.22; y Norma ASTM E1903-11, Sección 3.1.15.

Figura 5 / Organización de proyecto de decomisionamiento o reconversión de una central (EPRI, 2020)



Fuente: EPRI, 2020

### 3.3.2 Por parte del regulador

El cierre de las centrales a carbón es un proceso de transición que no sólo es relevante para los propietarios de las centrales y localidades donde estas se emplazan, sino para el país en su conjunto. El desarrollo de este proceso de transición involucra una interacción coordinada con múltiples agencias del Estado; para facilitar una mayor coordinación y agilidad es relevante que a nivel de Estado también se cuente con un equipo de transición que facilite las coordinaciones que se deben realizar entre las distintas entidades.

La definición de reconversión de los emplazamientos a nuevos usos está en parte condicionada a la definición de políticas públicas asociadas a necesidades estratégicas que podría ser necesario abordar en las distintas localidades, como por ejemplo suministro de agua industrial y potable, producción de hidrógeno, provisión de potencia de suficiencia baja en emisiones de CO<sub>2</sub>, desarrollo de centros logísticos, entre otras opciones. El desarrollo de dichos proyectos también puede estar condicionado al nivel de contaminación presente en el emplazamiento que se desea reutilizar y a las acciones correctivas que se definan, si es que estas son necesarias, en función de un análisis de riesgo.

La estructuración y aplicación de acciones correctivas basadas en un análisis de riesgo está condicionada a definiciones de política pública que son críticas para el proceso de gestión de riesgos. Entre las definiciones regulatorias que se deben establecer para realizar un análisis de riesgo se encuentra, por ejemplo la definición de objetivos de calidad de datos; la definición de niveles de riesgo objetivos; la definición de estadística apropiada y cantidad de datos para determinar los niveles de exposición a concentración de contaminantes; la selección de supuestos de exposición; la forma de establecer consenso o aceptabilidad de las decisiones; los aspectos asociados a limitaciones de uso de suelo<sup>11</sup>; los aspectos asociados a la definición de la efectividad de las medidas de remediación; la evaluación de costo efectividad de medidas, entre otros factores.

En general, las definiciones mencionadas anteriormente se deben realizar previo al inicio de un programa de remediación basado en análisis de riesgo. Por lo que, de acuerdo con las prácticas definidas por el Estándar internacional ASTM 2081 - 00 (Risk-Based Corrective Action), la empresa que enfrenta un proceso de cierre y la definición de un plan de acción para remediar un emplazamiento debe consultar a la autoridad pertinente por las definiciones indicadas previo a la implementación de una acción correctiva basada en riesgos.

La Norma ASTM 2081 - 00, Sección 4.4, sugiere al usuario evitar prescribir valores de referencia o niveles de riesgo de concentración de componentes o contaminantes.

### 3.4 Levantamiento de estado de permisos de la central

El operador de la central debe levantar el estado de todos los permisos asociados a la central y sus modificaciones. Se debe identificar qué permisos están asociados al conjunto de instalaciones y, si aplica, permisos que están asociados a subsistemas de la central, por ejemplo, sistema de captación de agua.

Es deseable identificar si ciertos subsistemas tienen permisos para el funcionamiento independiente de la central de manera de poder identificar si se permite la operación de parte de las instalaciones para propósitos distintos a la operación de la central termoeléctrica que se contempla retirar.

<sup>11</sup> Desde el punto de vista de política pública no se plantea una preferencia por definir acciones de remediación o definir medidas de control basadas en establecer limitaciones para el uso del sitio. La definición de limitación al uso de una propiedad puede tener efectos de costo eficiencia y agilidad de implementación. La definición de acciones de remediación cuando se tiene definido un estándar de remediación diferenciado según uso del territorio puede tener, en algunos casos, efectos de incrementar el valor del territorio, de disminución de costos de monitoreo en el largo plazo, de mayor efectividad de proteger la salud de las personas. Se sugiere realizar una evaluación costo beneficio de las opciones para cumplir con objetivos de protección de salud de las personas y el medio ambiente.

## 3.5 Planificar una estrategia de involucramiento con los grupos de interés

Las actividades de involucramiento de grupos de interés tienen por objeto asegurar que estos estén informados y, si es de su interés, se mantengan involucrados en la planificación de acciones de remediación o reúso del emplazamiento. Es crítico informar de manera temprana cuáles son los riesgos que involucra el cierre de la central y cuáles son las opciones para controlarlos y mitigar sus impactos. Estas actividades deben ser desarrolladas tanto por los actores del sector privado como por las autoridades competentes.

En una primera etapa, las actividades se deben desarrollar con dos propósitos:

- Comunicar los planes de cese de operación y cierre de las centrales, particularmente los aspectos a considerar en el cierre parcial temporal (dado que puede haber otra unidad operando en el emplazamiento), cierre definitivo, y eventual remediación del emplazamiento o reconversión de este.
- Comunicar los aspectos de riesgo hacia las personas y el medio ambiente que implica el cierre de una central y las definiciones de política pública que son críticas para el proceso de gestión de riesgos.

El alcance de las actividades de participación o involucramiento es diverso tanto para aquellas actividades orientadas a definir un potencial redesarrollo como para aquellas actividades orientadas a definir la limpieza del emplazamiento, y está condicionado entre otras cosas a:

- El nivel de definición de política pública que se ha dispuesto respecto de estas materias,
- El tipo de alternativas de reúso que se pretendan evaluar,
- La contaminación presente producto de fuentes antrópicas difusas, y
- El nivel objetivo de valores de referencia de elementos que se pretenda lograr en el suelo y/o agua.

Por ejemplo, si se decide que los valores de referencia que se utilizarán para evaluar el nivel de riesgo de un emplazamiento corresponderán a valores estándares definidos por el regulador a nivel nacional o regional<sup>12</sup>, entonces el nivel de involucramiento con los grupos de interés puede ser menor que el requerido si se define utilizar valores de referencia sitio específicos<sup>13</sup>.

<sup>12</sup> En caso de que se decida establecer dichos valores a nivel nacional, o una referencia para ello.

<sup>13</sup> Si se utilizan niveles de referencia sitio específicos se deben decidir parámetros de exposición en conjunto con los grupos de interés, lo que no ocurre si se utilizan niveles estándares más conservadores.

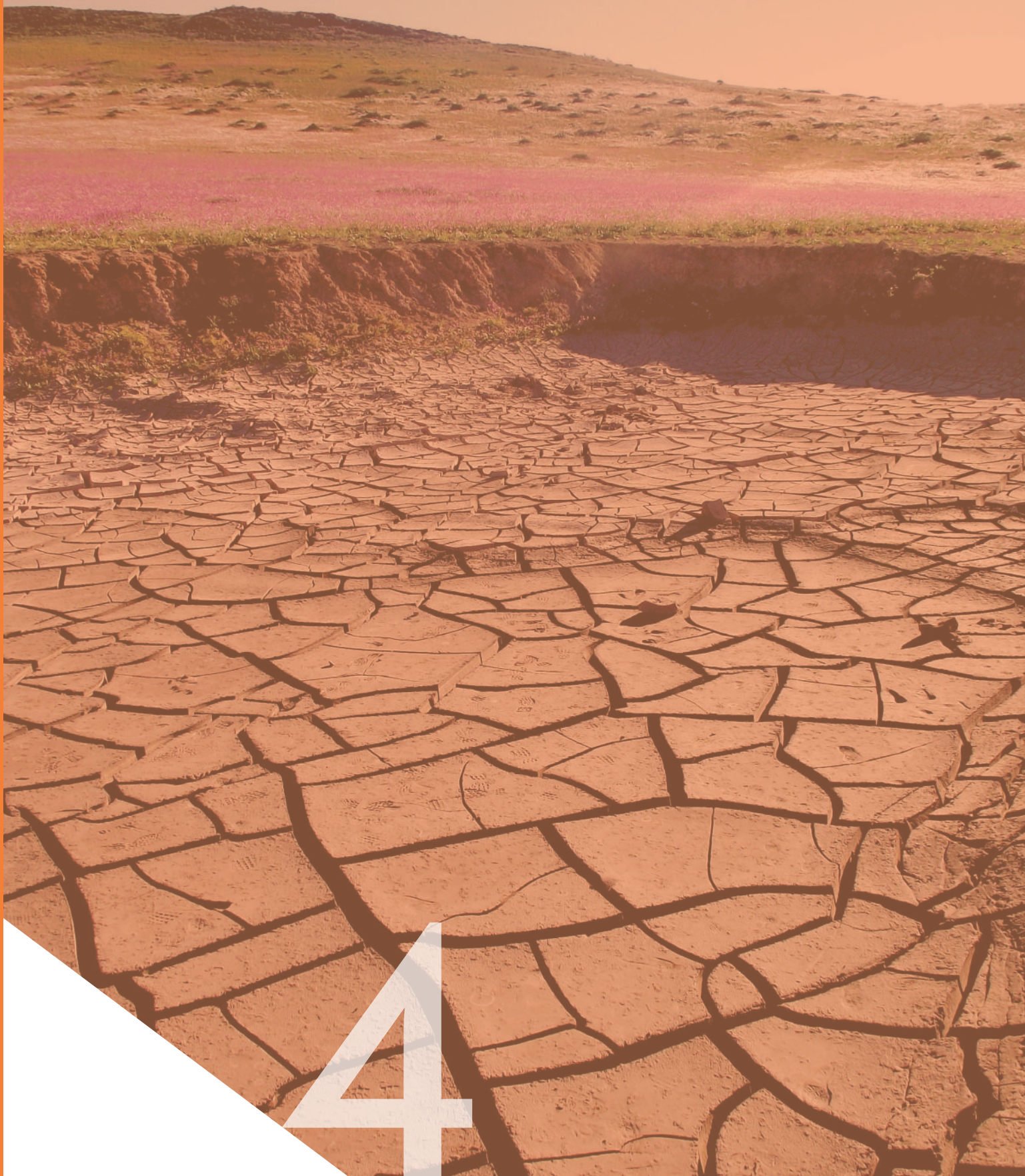
En emplazamientos donde los grupos de interés muestran un alto interés por mantenerse involucrados, es deseable desarrollar un plan de involucramiento que considere proveer información respecto de:

- Contexto general del emplazamiento,
- Historia de actividades de participación que se han desarrollado con los grupos de interés,
- Medidas de control ya desarrolladas,
- Indicación de oportunidades de participación específicas para definir alternativas de reúso del sitio<sup>14</sup>,
- Indicación de oportunidades de participación específicas para definir medidas de remediación,
- Describir actividades que serán desarrolladas para abordar e incorporar preocupaciones de remediación que sean planteadas,
- Descripción general de riesgos del proceso de definición de reúso y/o remediación del sitio y las formas en que los grupos de interés estarán involucrados para definir y comunicar las medidas de reducción de riesgo que se implementen.

Es importante notar que es probable que se manifiesten diferencias de opinión entre grupos de interés, particularmente en algunas definiciones de política pública que condicionan las medidas de remediación y el desarrollo de un programa de corrección basado en riesgos. El uso de limitaciones de uso de la propiedad, el requerimiento de remediación y la definición de niveles de referencia y cumplimiento son aspectos controversiales que inevitablemente generarán tensión entre distintos grupos de interés. En general se trata de comprometer a los distintos grupos en un proceso participativo y lograr consenso, tan amplio como sea posible, entre las distintas posturas.

Para más detalles sobre la definición del proceso de participación se sugiere revisar la Guía para el desarrollo participativo de proyectos de energía – Etapa de cierre de centrales a carbón.

<sup>14</sup> Más detalle sobre la participación para definir nuevas alternativas para el sitio en Sección 6.2.



# 4

## Identificación de desafíos medioambientales: Caracterización del sitio

El objetivo de llevar a cabo las actividades indicadas en esta sección es obtener una descripción detallada de las características del sitio donde se emplaza la central para poder tomar decisiones informadas asociadas al potencial redesarrollo del emplazamiento. Se busca lograr una descripción que incluya características topográficas, geológicas, hidrogeológicas, de uso de suelos, y de disposición de residuos dentro del sitio.

Además, se busca identificar si en el sitio existe una "Condición Medioambiental Reconocida"<sup>15</sup>, que significa que existe presencia o probabilidad de presencia de sustancias que representan un riesgo para la salud o los ecosistemas. Esto puede deberse a que hubo, o hay indicios de que ha habido, emisión de dichas sustancias en el sitio, o existen condiciones que representan una amenaza de una futura emisión de sustancias peligrosas en el sitio<sup>16</sup>.

Por otra parte, se debe identificar la presencia de una "Condición Medioambiental Reconocida Controlada"<sup>17</sup> que corresponde a una Condición Ambiental Reconocida que se deriva de la liberación de sustancias peligrosas o derivados de petróleo en el pasado, pero que ha sido abordada con satisfacción de acuerdo a las indicaciones de la autoridad competente; en este caso se permite que sustancias peligrosas o derivados de petróleo permanezcan en el lugar sujeto a la implementación de controles adecuados. La identificación de una Condición Medioambiental Reconocida Controlada en esta etapa no implica que el profesional que realiza la actividad de caracterización del sitio deba evaluar o confirmar si el método de control utilizado es adecuado y continúa siendo efectivo. Por ejemplo, si se ha limpiado el derrame de una sustancia de acuerdo con un estándar de uso no-residencial, pero no se cumple con criterio de limpieza para uso residencial, la medida "control" corresponde a que la propiedad está clasificada para uso industrial y permanecerá con esa clasificación, no permitiendo su uso residencial.

Una minimis condition no es considerada como una Condición Medioambiental Reconocida ni como una Condición Medioambiental Reconocida Controlada.

Hacer una buena caracterización del sitio es importante, pues ayuda a prevenir la aparición de imprevistos que pueden involucrar costos adicionales.

## 4.1 Actividades preliminares

El objetivo de esta sección es describir el proceso que se debe realizar para recopilar la información necesaria para realizar la caracterización del sitio. Este consta de 3 acciones principales: revisión de información disponible, visita al sitio y entrevistas. Estas acciones se pueden realizar en cualquier orden, de manera secuencial o en paralelo. Estas actividades son una herramienta

<sup>15</sup> Recognized Environmental Condition de acuerdo con el estándar ASTM 1527, 2013, Sección 1.1.1; y Norma E1902-11, Sección 3.1.43.

<sup>16</sup> Más detalles sobre los contaminantes que suelen encontrarse en sitios de termoeléctricas a carbón en la Sección 5.3

<sup>17</sup> Controlled Recognized Environmental Condition de acuerdo con el estándar ASTM 1527-13, Sección 3.2.18.

para lograr identificar los atributos del sitio y activos disponibles (descrito en la Sección 4.2) y las posibles fuentes de contaminación y/o sectores contaminados (descrito en la Sección 4.3). En esta primera fase no se requiere hacer muestreos ni análisis químico de ningún material o elemento (agua, suelo, aire, materiales de construcción, etc.), sino que se busca identificar de forma simple y económica si existirá la necesidad realizar dichos testeos (estándar ASTM E1527, secciones 7 a 11, y Re MMA N° 406 de 2013).

#### 4.1.1 Revisión de información

El objetivo de la revisión de documentos históricos es determinar las posibles fuentes de contaminación que existen o existieron en el sitio. Para esto, se debe recopilar información sobre usos anteriores del sitio, si hubiere, además de documentos asociados a la central termoeléctrica. Se sugiere revisar también información topográfica, hidrológica, geológica e hidrogeológica del sitio, información respecto a la existencia de aguas subterráneas y análisis químico del suelo. Estos datos permiten identificar la presencia y movilidad que puedan tener posibles contaminantes en el sitio (ASTM E1527, 2013).

El estándar ASTM 1527 recomienda la recopilación de antecedentes desde el primer uso de la propiedad o desde 1940 en adelante (la fecha que sea más próxima), identificando los usos que tuvo el sitio desde dicha fecha, y cada 5 años<sup>18</sup>. Para este efecto se debe considerar los informes y documentos disponibles en órganos de la administración del Estado con competencia ambiental, o sectoriales relevantes, tales como: resoluciones, ordenanzas<sup>19</sup>, actos administrativos en general, listados o catastros sectoriales, base de datos ambientales, estudios técnicos, procedimientos por denuncias y sanciones, información sobre incidentes ambientales, entre otros. Requerimientos equivalentes de información pueden solicitarse a las Municipalidades (Re MMA N° 406 de 2013, Fase I, letra a.), por ejemplo, se puede solicitar a la Dirección de Obras Municipales un Certificado de Informaciones Previas, que contenga las condiciones aplicables al predio de acuerdo con las normas urbanísticas derivadas del Instrumento de Planificación Territorial de la comuna. Además, se puede considerar información de títulos de propiedad, imágenes aéreas, mapas, diarios locales, entre otros. Si al revisar una fuente de información, esta incluye datos sobre posibles fuentes de contaminación en las propiedades aledañas, estos datos deben ser considerados también para la caracterización del sitio (ASTM E1527, 2013).

En el reporte final se deben mencionar todas las fuentes utilizadas. Es posible que dada la falta de documentación existente o la baja confiabilidad de esta no se logre recopilar toda la información necesaria. De acuerdo con el estándar ASTM 1527, esto se conoce como data failure. Si no se logran identificar los usos que tuvo la propiedad en el intervalo de tiempo antes descrito, ya sea

<sup>18</sup> Si se tiene información sobre un mismo uso para el sitio por un largo período de tiempo, no es necesario buscar fuentes adicionales que reporten el uso del sitio en años comprendidos en dicho período.

<sup>19</sup> Por ejemplo, el plan regulador intercomunal borde costero.



por la falta de fuentes de información, o por la poca precisión o confiabilidad de estas, esto debe ser reportado como data failure en el reporte final.

Es importante identificar si hubo eventos de derrames o fugas de sustancias peligrosas o materiales derivados de petróleo en el pasado, o si existe la posibilidad de que se haya usado algún sector del sitio para almacenar químicos o hidrocarburos, pues esto podrían ser una fuente de contaminación. Dado que las centrales se encuentran en zonas costeras con presencia de otras actividades industriales, es deseable documentar cómo eventuales eventos derivados del funcionamiento de dichas actividades pueden haber afectado el área donde está emplazado el proyecto. Es decir, se debe considerar que contaminación emitida por terceros ajenos al sitio puede haber llegado a este por vías aéreas, marítimas o difusivas en suelos y acuíferos.

#### 4.1.2 Visita al sitio

La visita al sitio tiene dos objetivos: en primer lugar, identificar todas las estructuras, maquinaria, y otros activos que existen en el sitio, así como su estado. En segundo lugar, identificar las posibles fuentes de contaminación o pasivos ambientales de la propiedad (ASTM E1527, 2013).

En la visita a la propiedad se deben identificar el área que tiene el sitio, y las subdivisiones por uso que ha tenido (almacenamiento de carbón, edificios principales, unidad de generación, depósito de cenizas, sistema de captación de agua, subestación), así como la topografía de este. Es importante identificar y describir todos los edificios, su estado, tamaño, número de pisos y antigüedad (ASTM E1527, 2013). Se deben observar y describir también otras estructuras, como bodegas, caminos y estacionamientos. Se debe poner atención a la existencia de riesgos de presencia de asbestos, PCBs, o plomo en las pinturas de los edificios (si son muy antiguos especialmente). Se deben identificar los usos actuales de todas las estructuras permanentes de la manera más detallada posible, prestando especial atención a la presencia de lugares de almacenamiento o disposición de sustancias peligrosas o productos derivados de petróleo (ASTM E1527, 2013). Se debe determinar si hay sistemas de agua potable y aguas servidas, su antigüedad, funcionamiento y estado.

En las zonas exteriores de los edificios, se debe observar la presencia de lagunas de líquidos, contenedores con o sin filtraciones de líquidos, signos de corrosión, manchas en el suelo o pavimento, residuos sólidos o líquidos, fosas sépticas, olores, y cualquier otro elemento que dé indicios de presencia de contaminantes en el sitio (ASTM E1527, 2013).

La visita a la instalación también debe incluir una inspección del perímetro o de la zona exterior de la propiedad. Se debe documentar, en la medida que sea posible, los usos de propiedades

adyacentes, particularmente si dichos usos pueden asociarse a una Condición Medioambiental Reconocida en la propiedad adyacente o en el emplazamiento de la central. En algunos casos, la identificación de usos históricos en propiedades adyacentes también puede ser reconocida mediante la visita a terreno o entrevistas, en cuyo caso esta condición también debería ser documentada si puede ser asociada a una Condición Medioambiental Reconocida en la propiedad adyacente o en el emplazamiento de la central (ASTM E1527, 2013).

Como resultado de las actividades de inspección también es deseable completar la ficha de inspección contenida en el Anexo N° 2 de Re MMA N° 406 de 2013, Fase I, letra d).

### 4.1.3 Entrevistas

El objetivo de las entrevistas es obtener información relacionada a la posible presencia de contaminantes en el sitio.

Las entrevistas se deben realizar a personas relacionadas con la propiedad (en el presente, aunque también es deseable incluir a personas que hayan estado relacionadas en el pasado). Ejemplos de esto son dueños, operadores, y trabajadores. En primer lugar, puede ser de utilidad solicitar a los entrevistados, especialmente a los dueños, documentos asociados a la propiedad, los que deben ser revisados en el paso descrito en la Sección 4.1.1 (ASTM E1527, 2013).

Las preguntas deben apuntar a conocer los usos que ha tenido la propiedad en el tiempo, y si ha existido liberación o fuga de contaminantes en alguna zona del sitio. Se debe preguntar sobre los usos que ha tenido la propiedad en el pasado; presencia actual o anterior de químicos o sustancias peligrosas en la propiedad; ocurrencia de accidentes, derrames o liberaciones accidentales de sustancias peligrosas en el sitio y propiedades adyacentes (ASTM E1527, 2013). Es importante también consultar respecto a instalaciones temporales de mantenimiento (talleres) que puedan haber operado en el sitio en el pasado, especialmente cuando se trata de centrales antiguas, pues este tipo de instalaciones pueden significar un posible riesgo de contaminación del suelo.

Finalmente, se debe preguntar también si se tiene conocimiento de la existencia de procedimientos, fiscalizaciones, inspecciones, denuncias o acusaciones sobre violaciones ambientales en relación con la propiedad, y si se ha realizado alguna remediación ambiental en el sitio (ASTM E1527, 2013).

En ningún caso las entrevistas tienen por objetivo definir o sancionar a personas responsables de los desafíos que se identifiquen, lo que debe ser clarificado al momento de realizar las entrevistas.

## 4.2 Identificar los atributos del sitio y activos disponibles

El objetivo de esta sección es caracterizar al sitio y su ubicación. Una vez ya realizadas las actividades de la Sección 4.1 se debe crear una descripción del sector en donde se ubica la central, detallando los alrededores y si la zona es industrial o urbana. Es importante describir el sitio en sí mismo, detallando los usos y estructuras que tiene cada sección del emplazamiento, su ubicación y área (Kevin Gallagher Consulting, 2019). Es recomendable apoyar esta actividad con mapas del emplazamiento.

Para identificar los atributos y activos asociados al sitio se deben caracterizar todas las zonas de la propiedad, detallar y describir los activos que se encuentran en esta en términos de cantidad, estado, tamaño, funcionalidad, antigüedad de construcciones y equipos, y permisos con los que cuenta la propiedad o central (Kevin Gallagher Consulting, 2019).

Entre los activos que se encuentran en el sitio de una central termoeléctrica se pueden encontrar: sistemas de captación de agua, puerto (o acceso a puerto), subestación y cableado eléctrico, edificios y estructuras, caminos interiores y carretera de acceso, conectividad en transporte público, estacionamientos, servicio de recolección de basura municipal, servicios de agua potable y aguas servidas, entre otros.

## 4.3 Identificar posibles fuentes de contaminación y/o sectores contaminados

Con la información recopilada en la sección 4.1 se puede realizar una caracterización de todos los usos que ha tenido la propiedad, y si alguno de estos representa una posible Condición Medioambiental Reconocida. Mediante la caracterización del sitio se pretende evaluar la presencia de contaminantes o sustancias peligrosas<sup>20</sup> en el medio (suelo y, potencialmente, agua subterránea) derivados de una liberación conocida o probable de dicha sustancia o sus precursores<sup>21</sup>. Para realizar una caracterización más específica se recomienda utilizar las indicaciones del estándar internacional ASTM 1903 - 11 (Standard Practice for Environmental Site Assessment: Phase II Environmental Site Assessment Process).

Se debe realizar un modelo conceptual para cada zona del sitio (Re MMA N° 406 de 2013, Fase II, letra a.5), en el cual, considerando los distintos usos que ha tenido el sitio, se identifican las posibles fuentes de contaminación, los contaminantes que podrían estar presentes debido a una liberación conocida o probable de sustancias peligrosas o contaminantes, y las zonas donde estas podrían encontrarse en mayor concentración. Este modelo es una hipótesis sobre la presencia de

<sup>20</sup> La ley 19.300, Artículo 2, letra d), define contaminante como todo elemento, compuesto, sustancia, derivado químico o biológico, energía, radiación, vibración, ruido, o una combinación de ellos, cuya presencia en el ambiente, en ciertos niveles, concentraciones o períodos de tiempo, pueda constituir un riesgo a la salud de las personas, a la calidad de vida de la población, a la preservación de la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental.

<sup>21</sup> En la Norma ASTM 1903 - 11 el alcance de una liberación de una sustancia peligrosa o contaminante se define como release (sección 3.1.44); la norma también define el alcance de área de liberación probable (likely release area) en la sección 3.1.28. La definición de modelo conceptual se realiza en la sección 3.1.11, 6.4.3, y 7.4.

contaminantes en el sitio, y debe presentar la movilidad, transformación, transporte, distribución y concentración que pueda tener el contaminante, los posibles receptores de dicha contaminación, y las vías de exposición posibles<sup>22</sup> (ASTM E1903, 2011). El modelo conceptual del sitio debe incluir tanto el entendimiento actual del sitio como el entendimiento del estado potencial para condiciones de uso posibles en el futuro (ASTM 2081 - 00, sección 3.2.52 y sección 6.3). La **Figura 6** muestra un esquema del modelo conceptual que se debe desarrollar para cada contaminante de interés.

**Figura 6 / Modelo conceptual de un sitio con potencial presencia de contaminación**



Fuente: Elaboración propia

Históricamente, los contaminantes que se encuentran en sitios de centrales termoeléctricas a carbón corresponden a: arsénico, cadmio, cromo, hierro, plomo, mercurio, níquel, selenio, manganeso y zinc, en las zonas de acopio de carbón y cenizas; PCB, hidrocarburos aromáticos policíclicos, BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno y xileno) y otros derivados del petróleo, producto del almacenamiento de combustibles y del funcionamiento de equipos (EPRI, 2006)<sup>23</sup>.

Si la información recopilada al realizar el modelo conceptual del sitio es suficiente para demostrar que no hay vías de exposición completas o potenciales, luego no se justifican nuevas acciones (ASTM 2081 - 00, Sección 1.8.1), excepto asegurar que las limitaciones de uso de terreno, si es que han sido definidas, se mantienen apropiadamente estipuladas (ASTM 2081 - 00, Sección 6.16).

<sup>22</sup> Normalmente ingesta de agua contaminada, contacto dérmico y/o inhalación de partículas suspendidas.

<sup>23</sup> En el caso de Chile, también en algunos casos podría haber Vanadio. Este contaminante no se encuentra en el listado indicado en la referencia citada.

## 4.4 Investigación confirmatoria mediante análisis químico del medio

Si tras realizar la actividad descrita en la sección 4.3 se determina que puede existir una Condición Medioambiental Reconocida, se sugiere realizar muestreo de suelos y/o agua subterránea para confirmar la presencia de contaminantes en el sitio. También puede ser necesario realizar muestreos si en los pasos anteriores se produjo una falla en los datos<sup>24</sup> y por ende no se pudo identificar todos los usos que ha tenido la propiedad (ASTM E1903, 2011).

Para llevar a cabo el proceso de muestreo y análisis químico se sugiere seguir las recomendaciones asociadas a la toma de muestras y análisis de laboratorio presentadas en la "Guía Metodológica para la Gestión de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes"<sup>25</sup>, particularmente las indicadas en la sección 5.2.2.2 "Plan de Muestreo, Ejecución y Análisis"; y las indicaciones establecidas en la Re MMA N° 406 de 2013, Fase II, letra b).

El análisis químico se debe realizar para determinar la presencia de contaminantes específicos en cada área donde, de acuerdo con el modelo conceptual, estos podrían estar presentes. Es importante utilizar el modelo conceptual desarrollado con anterioridad (Sección 4.3) como guía en el muestreo. Dicho modelo debe ser refinado a lo largo del proceso de muestreo, con la nueva información que se descubra. Es decir, los puntos de muestreo siguientes y los contaminantes a investigar pueden ser decididos a partir de nueva información obtenida de muestreos previos (ASTM E1903, 2011).

Una vez obtenidos los resultados del análisis químico del suelo o agua, se podrá validar el modelo conceptual, es decir, confirmar la presencia de contaminantes en el sitio, y su concentración. Si es necesario, se puede modificar y ajustar el modelo conceptual desarrollado como parte la actividad descrita en la sección 4.3 para representar los contaminantes que efectivamente están presentes en el sitio, y las vías de exposición y receptores que pueden existir (ASTM E1903, 2011). Si los resultados obtenidos del muestreo no son suficientes para validar el modelo conceptual, se debe determinar si se debe repetir el proceso. Cualquier iteración debe reevaluar los costos y posible efectividad de repetir el proceso. Dependiendo de dicha evaluación se deben repetir pasos de la definición del modelo conceptual y el análisis químico (ASTM E1903, 2011).

En el caso de encontrarse contaminación en el sitio, es importante interpretar los datos obtenidos para determinar si la presencia de esta es atribuible a la operación de la central que se retira. Si no es así, la contaminación presente en el sitio puede tener diferentes orígenes: otras fuentes emisoras en la zona; fuentes antrópicas difusas, es decir actividades que no pueden ser discrimi-

<sup>24</sup> Data failure de acuerdo con la Norma ASTM 1527 - 13, Sección 3.2.20.

<sup>25</sup> Fundación Chile. Disponible en: <https://fch.cl/publicacion/guia-metodologica-para-la-gestion-de-suelos-con-potencial-presencia-de-contaminantes/>

nadas como una liberación única y sitio específica (ASTM E1903, 2011)<sup>26</sup>; o se pueden deber a que los compuestos o elementos objetivos están presentes de manera natural en el medio. En estos casos, adquiere importancia la realización de acuerdos ambientales con los grupos de interés y autoridades, sobre los deberes y responsabilidades de cada uno de los actores involucrados, así como los objetivos de remediación para la zona.

Posteriormente, los valores de concentración de contaminantes identificados deben ser comparados con valores de referencia. Como se indicó en la Sección 3.2, a la fecha en Chile no se cuenta con norma de calidad de suelos, por lo que no hay valores de referencia para establecer objetivos de remediación. Más adelante en esta Guía, en la Sección 5 se indican valores de referencia de acuerdo con prácticas utilizadas en Estados Unidos. No obstante, como se indicó en la Sección 3.3 la identificación de valores de referencia es una definición temprana que afecta el proceso de remediación y debe ser definida por la autoridad competente, en conjunto con los grupos de interés, antes de comenzar un análisis correctivo basado en riesgo.

<sup>26</sup> El estándar ASTM 1903 - 11 define background concentration en la Sección 3.1.2; diffuse anthropogenic contamination en la Sección 3.1.16; y establece una guía para interpretar los resultados de la evaluación en la Sección 8.



## Identificar niveles de contaminantes aceptables en agua y suelo

## 5.1 Definición de niveles de referencia según uso específico

Los usos posibles del suelo se definen en cada plan regulador de la municipalidad donde se emplaza la central; los planes reguladores eventualmente pueden ser modificados de manera de adaptar el uso del territorio a nuevos objetivos de desarrollo; o los riesgos aceptables para las concentraciones presentes de contaminantes en el suelo y agua. Por ende, la necesidad de remediación dependerá de las concentraciones de contaminantes presentes en el emplazamiento y del uso permitido para el sitio.

La remediación de un sitio debe abordar suelo y aguas subterránea, en caso de ser aplicable. Los objetivos de remediación deben abordarse de manera específica según el uso futuro del emplazamiento, pudiendo segmentarse en uso residencial y uso no-residencial. Dada la ubicación de las plantas termoeléctricas en el país, en esta guía se abordan los aspectos asociados a una recuperación para uso no residencial del sitio.

La definición de valores de referencia objetivos para la remediación es una definición temprana que es responsabilidad del regulador y condiciona el proceso de redesarrollo y remediación de un emplazamiento industrial. En general las prácticas internacionales recomiendan que la empresa que busca remediar un emplazamiento no prescriba valores de referencia objetivos. Teniendo como referencia procedimientos de la Environmental Protection Agency de Estados Unidos (US EPA) y la Environmental Protection Division del Estado de Georgia (Georgia's State EPD), esta sección tiene por objetivo presentar ciertos criterios para definir valores de referencia con objetivos de remediación para un sitio de uso industrial (no residencial). El regulador debe definir los valores de referencia objetivo a considerar en la política pública que corresponda.

Para una sustancia regulada que representa un riesgo para las personas es deseable calcular el estándar de limpieza del sitio basado en un Riesgo Extra Total de Cáncer de por Vida de  $10^{-5}$  y un cociente de riesgo de 1,0 para sustancias no cancerígenas<sup>27</sup>. Para una sustancia regulada que representa un riesgo de cáncer u otro riesgo para la salud distinto de cáncer, el estándar debería ser derivado para el efecto más susceptible<sup>28 29 30</sup> (Georgia's State EPD Rule 391-3-19-.07, (2)). Para efecto de esta Guía este requerimiento se define como Derivación de Criterios Basados en la Salud (DCBS).

Los objetivos de remediación se pueden definir de manera general o sitio específica. Esta última opción puede ser más permisiva que la primera ya que utiliza los parámetros específicos para el uso que se le dará al sitio, en cambio, los niveles genéricos utilizan datos de uso más conservadores.

<sup>27</sup> Otros criterios se pueden revisar en la Sección 6.2.1.4 de la Guía Metodológica para la Gestión de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes (Fundación Chile, 2012).

<sup>28</sup> El estándar para aguas subterráneas puede ser determinado utilizando la Ecuación 1 (efectos cancerígenos) o Ecuación 2 (riesgos de efectos no cancerígenos) de RAGS, Part B para ingestión (US EPA, 1991); RAGS, Part E para contacto dérmico (US EPA, 2004); y RAGS, Part F para inhalación (US EPA, 2009).

<sup>29</sup> El estándar para suelo puede ser determinado utilizando la Ecuación 6 (efectos cancerígenos) o Ecuación 7 (riesgos de efectos no cancerígenos) de RAGS, Part B para ingestión (US EPA, 1991); RAGS, Part E para contacto dérmico (US EPA, 2004); y RAGS, Part F para inhalación (US EPA, 2009).



En las siguientes tablas se sintetizan los principales aspectos para cada caso, diferenciando criterios generales de criterios sitio específicos, tanto para suelo como para agua subterránea.

**Tabla 1: Objetivos de remediación para suelo según estrategia (general o sitio específico)**

	<b>Objetivo</b>
<b>1 Criterio general</b>	► Remediación de concentración de sustancias reguladas que no representan un riesgo significativo sobre la base de supuestos de exposición estándares y niveles de riesgos definidos para un escenario de uso no-residencial.
<b>2 Criterio sitio específico</b>	► Remediación de concentración de sustancias reguladas que no representan un riesgo significativo sobre la base de supuestos de exposición específicos para el emplazamiento y niveles de riesgos definidos para un escenario de uso no-residencial.  Esta opción es aplicable en situaciones donde la parte responsable documenta que las actividades que se están realizando o realizarán en el sitio corresponden a uso no-residencial, y se establece un programa de monitoreo o un compromiso medioambiental de acuerdo con lo definido en la Sección 6.2.  Para aquellas sustancias cuyas concentraciones no puedan ser calculadas, no se debiera exceder el valor más alto entre aquellos valores indicados en la Tabla 1 o 2 del Apéndice III de EPD Rule 391-3-19 del Estado de Georgia en US (según corresponda <sup>30</sup> ), las concentraciones del entorno, o los límites de detección de concentración.

<sup>30</sup> Para cancerígenos mutagénicos, el estándar puede ser derivado utilizando los factores de ajustes dependientes de la edad definidos en el Apéndice III, Tabla 3 de Subject 391-3-19 Hazardous site response, del Environmental Protection Division, del Estado de Georgia, US. Los valores indicados en dicha tabla han sido determinados teniendo como referencia diversas resoluciones de la US EPA.

<sup>31</sup> Tabla 2 para suelo y Tabla 1 para agua subterránea según Georgia's State EPD Rule 391-3-19, Appendix III.

Tabla 2: Objetivos de remediación generales para suelo

### Criterio general

#### 1 Para toda la columna de suelo

- ▶ La concentración de sustancias en cualquier punto del suelo sobre la zona más alta de agua subterránea que ha sido afectada por contaminantes no debería exceder las concentraciones indicadas en la Tabla 2 del Apéndice III de EPD Rule 391-3-19 del Estado de Georgia en US, o para aquellas sustancias no incluidas en dicha tabla, no debería exceder el valor más alto entre:
  - Valores de concentración en suelo indicados en el Apéndice I de EPD Rule 391-3-19 del Estado de Georgia en US, excluyendo los valores en paréntesis cuadrado<sup>32</sup>.
  - Valores de concentración determinados utilizando la ecuación y los parámetros por defecto de la Tabla 4 del Apéndice III de EPD Rule 391-3-19 del Estado de Georgia en US, utilizando el "Type 3 groundwater RRS". Se debería considerar un factor de dilución de 20, a no ser que la autoridad competente determine de manera fundada que otro valor es apropiado para proteger la salud de las personas y el medio ambiente.

Para plomo el estándar es 400 mg/kg.

#### 2 Para la superficie del suelo (30 cm desde la superficie)

- ▶ La concentración de sustancias en la superficie del suelo debe cumplir el criterio indicado para la columna del suelo. Además, no deben exceder el menor de los valores calculados de acuerdo con la DCBS utilizando el estándar de supuestos para exposición no-residencial indicados en la Tabla 3 del Apéndice III de EPD Rule 391-3-19 del Estado de Georgia en US. Si no se pueden realizar los cálculos mencionados anteriormente, entonces, el criterio para la superficie del suelo debe ser equivalente al criterio definido para toda la columna de suelo.

#### 3 Para bajo la superficie (más de 30 cm desde la superficie)

- ▶ En ningún caso el cumplimiento del criterio para la superficie de la tierra puede ser alcanzado aplicando 30 centímetros de tierra limpia en la superficie original. La concentración de sustancias bajo la superficie del suelo debe cumplir el criterio indicado para la columna del suelo. Además, no deben exceder el menor de los valores calculados de acuerdo con la DCBS utilizando el estándar de supuestos de exposición para un trabajador excavador aceptados por el fiscalizador. Si no se pueden hacer los cálculos mencionados anteriormente, entonces, el criterio debe ser equivalente al definido para toda la columna de suelo.

<sup>32</sup> Los valores presentados en dicha tabla sintetizan sustancias reguladas de las siguientes referencias:

- List of Hazardous Substances and Reportable Quantities, 40 CFR Part 302, Table 302.4;
- List of Extremely Hazardous Substances and Their Threshold Planning Quantities, 40 CFR Part 355; y
- Hazardous Constituents, 40 CFR Part 261, Appendix VIII.

Tabla 3: Objetivos de remediación sitio específicos para suelo

### Criterio sitio específico

#### 1 Para toda la columna de suelo

- ▶ La concentración de sustancias en cualquier punto del suelo, que ha sido afectado por contaminantes, que se encuentre sobre la zona de agua subterránea más cerca de la superficie no debería causar contaminación de las aguas subterráneas en niveles que excedan el mayor valor que se obtiene de la aplicación de los criterios definidos en la Tabla 4 y Tabla 5 (descritas a continuación) en un punto de exposición por definir, por ejemplo, en función de la captación de agua de cualquier pozo que pueda ser instalado en el lugar. Las concentraciones en el suelo pueden ser determinadas utilizando pruebas de laboratorio y/o un modelo de transporte<sup>33</sup> aceptado por la autoridad competente. Otra información sitio específica, como la antigüedad de la descarga de contaminantes y tendencias de concentración en agua subterránea pueden ser utilizadas por la autoridad competente para demostrar que las concentraciones en la tierra son adecuadas para resguardar los criterios de contaminación que han sido definidos para agua subterránea. Se puede definir criterios más exigentes si la autoridad competente concluye que es necesario para proteger la salud de las personas o el medio ambiente.

#### 2 Para la superficie del suelo

- ▶ La concentración de sustancias en la superficie del suelo debe cumplir el criterio indicado para la columna del suelo. Además, no deben exceder el menor de los valores calculados de acuerdo con la DCBS utilizando supuestos de exposición sitio específicos para un escenario de uso no-residencial. La profundidad del suelo que puede ser considerado como superficial se puede definir en función de factores de exposición específicos para el sitio, los cuales tienen que ser aprobados por la autoridad competente. Por defecto se puede asumir una profundidad de 30 centímetros desde la superficie. En ningún caso el cumplimiento del criterio para la superficie de la tierra se puede alcanzar aplicando tierra limpia, o cualquier otro tipo de barrera, en la superficie original. Para el plomo, las concentraciones en la superficie en el sitio no deben exceder las concentraciones determinadas bajo los procedimientos especificados en el Apéndice IV de EPD Rule 391-3-19 del Estado de Georgia en US. En caso de que haya niños frecuentemente en el sitio, las concentraciones límites pueden ser más exigentes si la autoridad competente concluye que así es necesario para proteger la salud de las personas.

<sup>33</sup> Más información en <https://epd.georgia.gov/fate-and-transport-model-reporting-requirements>

**3****Para bajo la superficie**

- ▶ La concentración de sustancias bajo la superficie del suelo debe cumplir el criterio indicado para la columna del suelo. Además, no deben exceder el menor de los valores calculados de acuerdo con la DCBS utilizando supuestos de exposición sitio específicos para un trabajador excavador aceptados por el fiscalizador. Si no se pueden hacer los cálculos mencionados anteriormente, entonces, el criterio debe ser equivalente al definido para toda la columna de suelo. Para el plomo, las concentraciones bajo la superficie en el sitio no deben exceder las concentraciones determinadas de acuerdo con lo definido en el Apéndice IV de EPD Rule 391-3-19 del Estado de Georgia en US, utilizando supuestos de exposición sitio específicos para un trabajador excavador aceptados por el fiscalizado.

**Tabla 4: Objetivos de remediación generales para agua subterránea**

**1****Criterio general**

- ▶ En cualquier punto del cuerpo de agua subterráneo que ha sido afectado por una descarga de contaminante, la concentración de sustancias no debe exceder los Niveles Máximos de Contaminantes (MCL) definidos en el Safe Drinking Water Act (40 CFR Part 141, Subpart G) o una norma equivalente en Chile (ej: NCh 409 y Decreto 735 del Ministerio de Salud Pública que define el Reglamento de los servicios de agua destinados al consumo humano)<sup>34</sup>. Para aquellas sustancias no definidas, el menor valor de concentraciones calculadas de acuerdo con la DCBS usando los supuestos del estándar de exposición no-residencial definidos en la Tabla 3 de EPD Rule 391-3-19 del Estado de Georgia en US. Si no existen MCL y los cálculos no se pueden realizar, el estándar de aguas subterráneas debe ser el valor mayor de las concentraciones indicadas en la Tabla 1 de EPD Rule 391-3-19 del Estado de Georgia en US, concentraciones del entorno o límites de detección de concentración. Si la concentración natural del entorno (background concentration) del elemento en las napas es mayor que el MCL definido por la regulación, o si es que el elemento no tiene un MCL definido, entonces el límite de concentración será igual a la concentración natural del entorno.

<sup>34</sup> Teniendo en consideración que, en este caso, el objetivo primario es disminuir el riesgo de exposición para proteger la salud de las personas. Como se indicó en la sección 4.3.2, la definición de valores de objetivos de remediación es una definición temprana por parte del regulador.

Tabla 5: Objetivos de remediación específicos para agua subterránea

**1** Criterio general

► La concentración de sustancias reguladas en aguas subterráneas no debe exceder el menor de los valores determinados de acuerdo con la DCBS, usando factores de exposición sitio específicos para un escenario de uso no residencial. Lo indicado anteriormente debe ser en cualquier punto a no ser que se haya definido restricciones especiales de uso de aguas subterráneas para el sitio de acuerdo con posibles definiciones de limitaciones de uso en el emplazamiento y acuerdos ambientales (Sección 6.2).

Para aquellas sustancias que no se pueda determinar los valores indicados anteriormente, el estándar de aguas subterráneas debe ser el valor mayor de las concentraciones indicadas en la Tabla 1 de EPD Rule 391-3-19 del Estado de Georgia en US, concentraciones del entorno o límites de detección de concentración.

Si se utilizan restricciones para el uso de agua subterránea, el agua subterránea contaminada con sustancias reguladas en valores que exceden los límites apropiados no debe migrar más allá de los límites de control definidos. La parte responsable debe demostrar que esa migración no ocurrirá o implementar un sistema de monitoreo de agua subterránea, a no ser que la autoridad competente determine que el monitoreo no es necesario.

Dado que en Chile ciertas centrales ya tienen un plan de cierre definido y aprobado en la RCA, y otras deben definirlo posiblemente dentro del marco de una Declaración de Impacto Ambiental, el establecimiento de objetivos de remediación puede estar asociado a un compromiso ambiental voluntario, en el contexto de lo definido en el Artículo 18 de la ley 19.300.

## 5.2 Definición de limitaciones de uso en el emplazamiento y acuerdos de limitación de uso de suelo

La construcción, reconstrucción, alteración, ampliación y demolición de edificios requiere de un permiso de la Dirección de Obras Municipales (Ley 458 del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, que aprueba la Ley General de Urbanismo y Construcciones, Artículo 116º). Todas las obras deben ajustarse a las Normas Técnicas, a la Ordenanza General y al Plan regulador de la municipalidad que corresponda.

La Ordenanza General de la Ley General de Urbanismo y Construcciones (DS 47), particularmente en el artículo 2.1.17, indica que en los planes reguladores podrán definirse áreas restringidas al

desarrollo urbano, por constituir un peligro potencial para los asentamientos humanos. En el mismo artículo, la definición de “Área de Riesgo” se limita a aquellos territorios en los cuales, previo estudio fundado, se limite determinado tipo de construcciones por razones de seguridad contra desastres naturales u otros semejantes, que requieran para su utilización la incorporación de obras de ingeniería o de otra índole suficientes para mitigar tales efectos. Por lo tanto, respecto a los requerimientos establecidos en dicho documento, no se permitiría clasificar un “Área de Riesgo” por presencia de contaminantes generados por la actividad o intervención humana<sup>35</sup>.

De acuerdo con el DS 47, Artículo 4.14.2, los establecimientos industriales o de bodegaje se deben clasificar caso a caso por la Secretaría Regional Ministerial de Salud respectiva, en consideración a los riesgos que su funcionamiento pueda causar a sus trabajadores, vecindario y comunidad. Las categorías de clasificación son: inofensivo, molesto, insalubre o contaminante, y peligroso. Los establecimientos industriales o de bodegaje deben cumplir con todas las disposiciones que le sean aplicables establecidas en el DS 47 y sólo podrán establecerse en los emplazamientos que determine el instrumento de planificación territorial correspondiente<sup>36</sup>.

La Circular Ordinaria N° 935 de diciembre 2009 (DDU 227), desarrollada por el Jefe de División de Desarrollo Urbano del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, instruye respecto de la formulación y ámbito de acción de los Planes Reguladores Comunales. En este contexto, se establece que el plan regulador debe estar orientado al desarrollo futuro, es decir no sólo deben considerar los actuales usos del suelo, sino también deben orientar las futuras demandas urbanas surgidas de la comunidad. Adicionalmente, el plan regulador debe basarse en el análisis de las condiciones existentes y la proyección de dichas condiciones. También requiere considerar la factibilidad de las inversiones en infraestructura y espacios públicos necesarios para dar sustento al desarrollo urbano que promueve la norma. Se indica que es recomendable que junto con incorporar en su análisis las inversiones públicas y privadas proyectadas, y las capacidades de inversión futura, también considere los nuevos requerimientos de equipamiento e infraestructura que resultarán de la nueva norma del plan. En este contexto, la ley faculta a los planes reguladores para establecer, entre otras cosas, normas de usos del suelo.

Es responsabilidad de las Municipalidades formular el proyecto de Plan Regulador Comunal o sus modificaciones; someterlo a diversas instancias de participación ciudadana y aprobarlo por acuerdo del Concejo Municipal. Para la elaboración del plan, se deben considerar diversos antecedentes técnicos, detallados en la Sección 3.2 de la DDU 227, dentro de los cuales se debe considerar el estudio y restricciones ambientales del territorio. En la misma sección se establece que se debe considerar un Estudio Fundado de Riesgos, no obstante, es posible concluir que las “Áreas de Riesgo” se definen dentro del contexto establecido en el DS 47, Artículo 2.1.17<sup>37</sup>.

<sup>35</sup> Se sugiere evaluar si a futuro este aspecto puede ser revisado.

<sup>36</sup> A falta de este, en los lugares que determine la autoridad municipal previo informe favorable de la Secretaría Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo y Secretaría Regional Ministerial de Salud, respectivas.

<sup>37</sup> Si bien un “Área de Riesgo” debe considerar zonas o terrenos con riesgos generados por la actividad o intervención humana, se puede interpretar que dicho riesgo se relaciona a razones de seguridad contra desastres naturales u otros semejantes.

Se sugiere verificar si como "Áreas de Riesgo" es deseable incluir a futuro zonas que representan un riesgo sobre la base de supuestos de exposición a contaminantes.

Bajo la normativa vigente, los instrumentos de planificación territorial deben definir los usos de suelo en cada zona, pudiéndose distinguir las siguientes alternativas: Residencial, Equipamiento, Actividades Productivas, Infraestructura, Espacio Público, y Área Verde (DS 47, Artículo 2.1.24)<sup>38</sup>.

En este contexto, dado que no existe en la actualidad un estándar de niveles de referencia de concentración de contaminantes en el suelo o agua subterránea, puede ser deseable definir compromisos o acuerdos de limitación de uso de suelo<sup>39</sup>. Los acuerdos mencionados anteriormente son una opción válida cuando el riesgo hacia las personas y el medio ambiente es bajo, aun cuando una limpieza adicional del emplazamiento es deseable. La limpieza adicional se puede realizar si ocurre un redesarrollo; lo cual se podría dejar estipulado oficialmente en la documentación legal perteneciente al sitio.


Un acuerdo de limitación de uso de suelo debe:

- Limitar el desarrollo de actividades en la propiedad que puedan interferir de manera sustancial con una acción de remediación; la operación y mantención, el monitoreo de largo plazo, u otra medida necesaria que contribuya a asegurar la integridad de una acción de remediación.
- Limitar el desarrollo de actividades que puedan resultar en exposición de las personas a niveles de contaminantes mayores a los especificados en normas internacionales para escenarios de uso residencial o no-residencial, según sea aplicable.
- Describir las limitaciones de uso de la propiedad.
- Permitir a la autoridad competente el hacer cumplir el acuerdo mediante acciones legales pertinentes.

Finalmente, si la causa del nivel de concentración de una sustancia en el emplazamiento se explica por fuentes antrópicas difusas, es deseable que las distintas fuentes emisoras en la zona que podrían ser responsables, la autoridad competente, y los afectados definan un proceso para establecer objetivos de remediación, particularmente orientados a delimitar la responsabilidad de la instalación industrial que dejará de operar.

<sup>38</sup> El tipo de uso residencial se define en el Artículo 2.1.25; el tipo de uso Equipamiento se define en el Artículo 2.1.27; el tipo de uso Actividades Productivas se define en el Artículo 2.1.28; el tipo de uso Infraestructura se define en el Artículo 2.1.29; el tipo de uso de Espacio Público se define en el Artículo 2.1.30; y el tipo de uso de Áreas Verdes se define en el Artículo 2.1.31.

<sup>39</sup> En Estados Unidos, en algunos estados se definen "Environmental Covenants" (Georgia's EPD, 2008) (Pennsylvania's DEP).



# 6

Identificar nuevos propósitos para el sitio: Definir un conjunto de alternativas



El objetivo de esta sección es generar y describir alternativas viables para el desarrollo futuro del sitio, en concordancia con los intereses de posibles beneficiarios de alternativas de eventuales proyectos y los intereses de la comunidad. Para lograr esto, es importante tener en consideración el entorno en el que se emplaza la propiedad, y los hechos y percepciones que preocupan a los grupos de interés respecto de los posibles proyectos que se pueden materializar en dicho emplazamiento. También se debe considerar la ventaja competitiva de otras opciones, tanto tecnológicas como de emplazamiento, que compiten con las alternativas que se evalúen para redesarrollar en el emplazamiento de la central que se retira.

## 6.1 Realizar un análisis del contexto del mercado y del territorio

Uno de los objetivos de analizar cómo un potencial proyecto de redesarrollo en el emplazamiento de la central se inserta en un mercado es entender cuáles son las necesidades y ventajas que presenta dicha localidad. Cualquier proyecto que se desarrolle en el sitio de la central termoeléctrica debe estar alineado con necesidades a distintos niveles (sistémico, regional, y/o local) y con capacidades locales para producir un intercambio de valor recíproco que sea sostenible en el tiempo.

Dado que el emplazamiento ha sido utilizado históricamente para la generación de energía eléctrica, es recomendable analizar la competitividad del sitio para emplazar nuevos desarrollos del mismo rubro. Producto de la salida de operación de las termoeléctricas a carbón se creará una necesidad de generación eléctrica de energía firme baja en emisiones y de provisión servicios complementarios en el sistema eléctrico. Esto puede representar una oportunidad para reemplazar la central por otra tecnología de generación o almacenamiento en el mismo sitio, por lo que es importante analizar el contexto energético de la región, y las ventajas competitivas que ofrece el sitio respecto a otras alternativas en el mercado.

Se recomienda investigar también sobre los sectores o industrias que el gobierno local o central busca potenciar en la zona, para orientar el redesarrollo del sitio según esos lineamientos. De esta forma, puede ser posible recibir apoyo estatal para llevar a cabo un proyecto en el que el Estado también tiene interés. Este último aspecto es particularmente relevante en los escenarios en que la localidad no presente ventajas competitivas relevantes, o su desarrollo haya estado postergado, con respecto a lo que es posible observar en otras localidades del país.

Para llevar a cabo el análisis de un mercado de interés se recomienda caracterizar y evaluar diferentes factores, que ayuden a entender el funcionamiento de dicho mercado, la capacitación que

tienen los habitantes de la localidad en ciertas industrias, y las posibilidades que tiene la localidad de atraer trabajadores de distintos niveles de especialización desde fuera de la comunidad.

Para analizar el contexto del territorio se recomienda describir lo más detallado posible la región, comuna y localidad específica donde se ubica el sitio. Esto incluye uso mayoritario del suelo, ciudades o pueblos aledaños, número de habitantes por tramo etario, crecimiento poblacional por tramo etario en los últimos años, niveles de empleo/desempleo, ingreso promedio (por edad/nivel educacional/sexo), nivel educacional. Esta información permite reconocer el tipo de trabajos en los cuáles la población se desempeña o puede desempeñarse, así como las necesidades de empleo de la zona. También se debe analizar la infraestructura de la localidad, como la existencia de colegios, hospitales o clínicas, servicios de dispersión y esparcimiento, etc. para evaluar la posibilidad de atraer trabajadores a la localidad con el desarrollo del proyecto (Kevin Gallagher Consulting, 2019). Además de la demografía de la región, se recomienda analizar también su industria; es decir, qué sectores productivos predominan en la región<sup>40</sup>.

## 6.2 Interactuar con la comunidad local y otros grupos de interés que se relacionan al proyecto para explorar opciones de desarrollo y la definición de un nuevo propósito

El objetivo de interactuar con los grupos de interés antes de definir las alternativas posibles de desarrollo para el sitio es detectar oportunidades de redesarrollo y generar un consenso entre los stakeholders, para reducir la posibilidad y escala de conflictos futuros.

La determinación de alternativas posibles tiene mejores resultados cuando se involucra a los stakeholders desde etapas tempranas, de manera de que todos los involucrados trabajen en conjunto definiendo los objetivos del sitio. El grupo de stakeholders involucrado debe ser diverso en términos políticos, económicos y demográficos (ASTM E1984, 2003). Se deben incorporar las ideas, opiniones y perspectivas de los stakeholders desde las etapas iniciales brainstorming y de diseño (Kevin Gallagher Consulting, 2019).

Existen tres niveles de stakeholders con los que se debe interactuar en esta etapa del proceso de cierre de una central a carbón: a nivel de empresas, personas e instituciones gubernamentales. A nivel de empresas, es importante entablar conversaciones con las diferentes empresas pertenecientes a las industrias relevantes en la zona, identificadas en el análisis de mercado (capítulo 6.1), para detectar potenciales aliados en relación con el sitio. Estas empresas pueden tener necesidades que se transformen en oportunidades de redesarrollo para el sitio. Adicionalmente

<sup>40</sup> Si las actividades predominantes en la zona son poco claras o difíciles de identificar, se puede utilizar el location quotient (LQ) para facilitar el análisis. Este es una herramienta que se utiliza para medir la economía local y las industrias en las que se especializa, en comparación a una economía de referencia (economía nacional, por ejemplo). El LQ entrega qué tan concentrada está una industria en una región o comuna en comparación al promedio nacional. Un LQ mayor a 1 indica que la región puede tener una ventaja competitiva en esa industria frente al resto del país (Kevin Gallagher Consulting, 2019).

se recomienda identificar empresas nacionales y extranjeras con capacidades alineadas con los posibles objetivos de desarrollo para el sitio.

A nivel de personas, se debe interactuar con los grupos de interés (organizaciones comunitarias locales) para conocer sus preferencias e ideas respecto al sitio. De esta forma se puede saber, por ejemplo, si los stakeholders preferirían seguir viendo el sitio como un centro de generación eléctrica, un centro industrial o manufacturero, o preferirían que se adopte un foco más comercial o institucional en este<sup>41</sup>. Se puede conocer a qué factores le asignan más importancia, por ejemplo, el número de empleos que se generarán (Kevin Gallagher Consulting, 2019) o la posibilidad de seguir accediendo a tarifas de electricidad reducidas dentro del contexto de la Ley de Equidad Tarifaria (Ley 20.928 del Ministerio de Energía).

Antes de iniciar la interacción con la comunidad para definir las estrategias de redesarrollo, es importante generar una educación de esta respecto al estado del sitio. Se recomienda organizar una presentación para informar a la población sobre los riesgos que existen en el sitio (si aplica), y comparar dicho riesgo con otros riesgos que existen en la comunidad. También se debe brindar asistencia técnica a los stakeholders que la requieran, para que estos sean capaces de analizar la situación del desarrollo del sitio con los conocimientos necesarios (ASTM E1984, 2003).

Adicionalmente, se debe conocer la posición de los gobiernos locales y nacionales frente al redesarrollo. Es importante comprender los planes de desarrollo local, y los objetivos específicos que tiene el gobierno local o nacional para la zona. Así se puede saber si existirá la posibilidad de renovar permisos existentes (de captación de agua o de generación eléctrica, por ejemplo), u obtener nuevos, si existe la posibilidad de reforzar la infraestructura pública para permitir un correcto funcionamiento del redesarrollo, si se podrá reevaluar los usos permitidos para el sitio definidos en el plano regulador de la comuna, etc. (Kevin Gallagher Consulting, 2019).

### 6.3 Definir las alternativas de desarrollo posibles

El decomisionamiento de la central implica la preparación del sitio para su nuevo propósito. Esto puede implicar la demolición de algunas o todas las estructuras, y acciones de remediación ambiental para disminuir los riesgos de la contaminación que exista en la propiedad. Dentro de esta opción, se distinguen 3 alternativas: reutilizar el sitio para generación eléctrica con otra tecnología, reconvertirlo para uso industrial, o reconvertirlo para uso comercial o institucional (Figura 4). Cada una de estas opciones puede exigir distintos niveles máximos de contaminación permisible en el sitio.

<sup>41</sup> Debido a que las centrales se emplazan en zonas industriales o productivas, y que en algunos casos el plan regulador las define así, prohibiendo un uso habitacional, un desarrollo residencial se percibe como poco probable.

Para definir las alternativas de decomisionamiento y redesarrollo del sitio, se debe tener en consideración las condiciones actuales en las que este se encuentra, de forma de lograr una estrategia costo efectiva de redesarrollo (ASTM E1984, 2003). Los niveles de contaminación en el sitio pueden condicionar las opciones posibles de redesarrollo, o la remediación necesaria para el redesarrollo escogido. Si se elige un uso residencial, los niveles permisibles de contaminantes son más exigentes, por lo que la remediación será más exhaustiva, y, por ende, más costosa que en el caso de uso industrial. Se debe tener esto en consideración al definir las alternativas posibles de decomisionamiento, para no proponer y analizar opciones infactibles por su alto costo de remediación.

A partir de las interacciones con los stakeholders y el análisis del mercado en el que se emplaza el sitio, además de los atributos, activos disponibles para ser reutilizados y estado medioambiental de este, se deben identificar segmentos de la industria en los que el redesarrollo del sitio sería factible. Ejemplos de estos segmentos pueden ser: generación de energía, manufactura, industria con uso intensivo de energía, entre otros (Kevin Gallagher Consulting, 2019). Se deben describir los fundamentos que llevan a identificar estos segmentos como una buena opción para el desarrollo del sitio.

Dentro de cada segmento identificado, se deben estudiar diferentes alternativas concretas para desarrollar en el sitio. Al proponer las distintas alternativas se deben tener en cuenta los siguientes factores: uso actual y condiciones ambientales del sitio (identificados en la sección 4); lugar y mercado en el que se emplaza (sección 6.1); necesidades de la comunidad y otros stakeholders (sección 6.2); impacto que generará el proyecto en la localidad y sus alrededores; posibles mecanismos de financiamiento del proyecto y costos asociados; y valor inherente de la propiedad. Si el sitio cuenta con una buena ubicación, conectividad, o tiene presencia de recursos naturales valiosos, el interés por el redesarrollo que se generará será mayor. Es importante tener este factor en consideración para definir alternativas realistas para la reutilización del sitio (EPRI, 2006).

Las alternativas propuestas pueden utilizar el terreno completo, o solo un sector de este, y no necesariamente deben ser excluyentes entre sí. Se puede llevar a cabo más de una alternativa de redesarrollo en el sitio, aprovechando las distintas zonas, estructuras y usos que este tiene. Por ejemplo: se puede utilizar parte del sitio para instalar una central de generación (con otra tecnología), y en otra parte del sitio una industria con consumo intensivo de energía, de manera que el abastecimiento esté dado por la central (Kevin Gallagher Consulting, 2019).

Para evaluar de forma preliminar y de bajo costo cada una de las alternativas propuestas se recomienda llevar a cabo el siguiente análisis (Kevin Gallagher Consulting, 2019):

**1****Descripción general de la alternativa**

Se debe presentar una descripción del funcionamiento y características generales de la alternativa propuesta. Es conveniente apoyar esta descripción con un esquema o imagen referencial de cómo se vería el redesarrollo.

**2****Descripción del sector del sitio en el que se ubicará y qué infraestructuras reutilizará**

Se debe presentar de forma detallada qué áreas del sitio se utilizarían para cada alternativa, así como las estructuras que se reutilizarán y las que serán demolidas. Se recomienda acompañar este punto con un mapa donde se señalice claramente dónde se ubicará el redesarrollo.

**3****Ejemplos de desarrollos o experiencias similares**

Se recomienda describir casos similares realizados por la empresa en Chile o en el resto del mundo, también casos similares desarrollados por otras entidades.

**4****Ventajas**

Se deben describir los beneficios que traerá la alternativa en la localidad. Por ejemplo: si concuerda con la visión de la población para el sector por lo que sería bien recibida; si el proyecto se alinea con los objetivos de desarrollo del gobierno regional o nacional; si reutiliza infraestructura existente por lo que los costos serían menores que si el proyecto se desarrollara de manera normal; si genera un gran número de empleos; si se tiene experiencia en un desarrollo similar; etc.

**5****Desventajas**

Se deben describir las deficiencias que tiene la alternativa. Por ejemplo, si genera un bajo número de empleos, si significará aumentos en el tránsito de la zona, etc.

**6****Acciones necesarias**

Se deben describir las acciones que se deben llevar a cabo para confirmar la factibilidad de la alternativa. Por ejemplo: evaluar la posibilidad de mejorar la infraestructura pública necesaria para el redesarrollo; evaluar la posibilidad de renovar o transferir permisos existentes; hacer análisis de las condiciones estructurales y geotécnicas; desarrollar PPA de venta de energía; captar empresa interesada en ubicarse en el sitio; etc.

Es importante ser creativo y no descartar ideas antes de hacer la evaluación anterior. Algunos ejemplos de alternativas posibles de reutilización del sitio para generación eléctrica son: central de generación a gas, central eólica, almacenamiento de energía, etc. (Inodú, 2018). Como la inversión en infraestructura de transmisión eléctrica ya está hecha, el desarrollo del proyecto tendría ciertos ahorros; también se podría aprovechar parte de los edificios existentes. Ejemplos

de uso industrial son: desalinización de agua, centros de distribución, data centers, cultivos hidropónicos, uso del puerto, etc. En el caso del uso mixto se puede reconvertir el sitio para albergar un emplazamiento que de acceso al borde costero (en caso de centrales insertas en el radio urbano), junto a otro tipo de instalaciones (Kevin Gallagher Consulting, 2019).

## 6.4 Realizar una estimación preliminar de costos de las alternativas

El objetivo de realizar una estimación preliminar de los costos de las diferentes alternativas propuestas en la fase 6.3, es poder compararlas entre sí en términos económicos. En esta etapa, el análisis a realizar es una estimación de costos con un nivel de información y detalles bajo, que requiere relativamente de poco tiempo y esfuerzo, pero que permite tener un valor aproximado y sin sesgos de los costos involucrados<sup>42</sup>. Comúnmente, al llevar a cabo este tipo de estimación, no se sabe mucho más acerca del proyecto que el tipo de este, su capacidad y ubicación (AACE, 2019).

En esta etapa, se busca lograr una estimación de costos a nivel conceptual, lo implica conocer alrededor de un 2% del diseño del proyecto. Se pretende contar con una estimación que permita evaluar la viabilidad inicial de las alternativas, y los recursos que se necesitarán para llevarlas a cabo.

Para desarrollar la estimación preliminar, los únicos datos sobre el proyecto que se necesitarán corresponden a su descripción y alcance, capacidad de la instalación o capacidad de producción, y su locación. También se requiere un diagrama de flujo de proceso, que describe el funcionamiento de la alternativa una vez completada.

Dentro de los costos a considerar para el nuevo desarrollo, se distinguen dos niveles: remediación y restauración del sitio, es decir, preparar el sitio para el nuevo proyecto; y desarrollo del proyecto en sí. Se recomienda dividir la estructura de costos en dichos niveles porque la remediación y restauración puede ser similar en diferentes alternativas; de esta forma se identifican los costos con mayor claridad.

Para la remediación y restauración del sitio se sugiere evaluar 4 etapas, una vez que ya se tiene una caracterización del sitio y objetivos de remediación definidos (Secciones 4 a 5) (ASTM E2150, 2017).

<sup>42</sup> Class 5 estimate de acuerdo a la Guía "Cost Estimate Classification System - As applied in Engineering, Procurement, and Construction for the Process Industries" de AACE.

1

### **Diseño**

Se deben incluir costos asociados al diseño del plan de remediación y restauración del sitio, ya sea in situ o ex situ, mediante tratamientos biológicos, químicos, físicos, térmicos, o de estabilización, fijación o encapsulación. También se debe incluir el análisis de las estructuras que se demolerán y la forma de disponer y transportar los residuos o materiales de construcción demolidos.

2

### **Construcción**

Se deben incluir costos de implementar las tecnologías de remediación seleccionadas en la etapa de diseño; los costos asociados a la demolición, transporte y disposición de residuos; los costos de movimientos de tierras y de compactación, remoción de estructuras o maquinaria; los costos de contención de emisiones de polvo al aire, de disposición de materiales peligrosos, etc.

3

### **Operación y mantenimiento**

Se deben incluir los costos asociados a la inspección del sitio posterior a su desmantelamiento y remediación.

4

### **Vigilancia y monitoreo de largo plazo**

Considera los costos asociados a actividades de monitoreo y vigilancia posterior a la remediación del sitio, cuyo fin es mantener un nivel de riesgo bajo para la salud humana y el medioambiente.

A nivel de desarrollo del nuevo proyecto, se deben considerar 5 etapas (ASTM E2150, 2017):

1

### **Evaluación**

Se deben evaluar costos asociados a la creación de un plan de trabajo y recolección de información o documentos previos a la etapa de diseño.

2

### **Diseño**

Se consideran todos los costos asociados a la ingeniería de diseño de la alternativa a evaluar.

3

### **Construcción**

Se deben evaluar los costos asociados a la construcción en implementación de la alternativa. Dentro de esta categoría se incluyen, por ejemplo, materiales necesarios para la construcción de infraestructuras, costos de mano de obra, costos de obtención de permisos asociados a la construcción, etc.

4

### **Operación y mantenimiento**

Se consideran todos los costos asociados a la alternativa, una vez que esta ya comience a funcionar. Dentro de esta categoría se incluyen, por ejemplo, costos de materiales necesarios para el funcionamiento, reparación de piezas o elementos, mantenimientos correctivos o preventivos, etc.

5

### **Cierre**

Se consideran los costos asociados a la etapa de cierre del nuevo proyecto.

## 6.5 Identificar fuentes de financiamiento e instrumentos que podrían facilitar las opciones de desarrollo posibles

El equipo de transición, tanto en las empresas como en el Estado, debe identificar cómo los fondos disponibles a nivel nacional e internacional se pueden articular para facilitar los desafíos de remediación ambiental de acuerdo con los objetivos de remediación que se hayan definido.

En el contexto regulatorio nacional, el Artículo 66 de la Ley 19.300 indica que el Ministerio de Medio Ambiente tendrá a su cargo la administración de un Fondo de Protección Ambiental, cuyo objeto será financiar total o parcialmente proyectos o actividades orientados a la protección o reparación del medio ambiente, el desarrollo sustentable, la preservación de la naturaleza o la conservación del patrimonio ambiental.

Adicionalmente, a nivel internacional existen diversos fondos orientados a establecer una transición justa.





## Diseñar e implementar una estrategia de remediación

La aplicación de un estándar de reducción de riesgo debe, una vez que sea implementado, proveer una protección adecuada para la salud de las personas y el medio ambiente. Una acción correctiva debe ser considerada completa cuando se demuestra que el sitio de interés cumple uno o una combinación de estándares de reducción de riesgo. Si bien actualmente en Chile no existe regulación que defina objetivos de remediación, mediante un compromiso ambiental voluntario es deseable abordar, cuando sea aplicable, los siguientes requerimientos:

- El suelo no debería presentar características de residuos peligrosos definidos en el Título II del DS 148 del Ministerio de Salud.
- En cualquier etapa de manejo de residuos peligrosos, queda expresamente prohibida la mezcla de estos con residuos que no tengan ese carácter o con otras sustancias o materiales, cuando dicha mezcla tenga como fin diluir o disminuir su concentración (DS 148, Artículo 7)<sup>43</sup>.
- La acción correctiva debe proteger las aguas de descargas que podrían causar que las aguas superficiales experimenten concentraciones de sustancias reguladas en exceso de cualquier criterio especificado en las normas de calidad de agua que sean aplicables, o si los valores de concentración no están definidos en dichas normas, un nivel de concentración que represente una toxicidad aguda para los organismos hidrobiológicos de acuerdo con los criterios que defina la autoridad competente.
- Si el nivel mínimo de detección<sup>44</sup> de una concentración en el que se encuentra una sustancia regulada, o la concentración natural de dicha sustancia en el entorno, es mayor que la concentración especificada en el estándar de reducción de riesgos que se utilice como referencia, entonces se debe utilizar el mayor de los dos valores mencionados anteriormente para determinar el cumplimiento con el estándar de reducción de riesgo aplicable. El nivel de concentración de una sustancia en el entorno puede considerar fuentes antrópicas y puede también estar basado en estudios del entorno regionales aceptados por la autoridad competente.

El alcance del desmantelamiento de una central y de la remediación ambiental de un emplazamiento dependerá del uso final que se le quiera dar al sitio posterior al cierre de la central. De esta forma se pueden reutilizar estructuras, y los métodos de remediación pueden ser elegidos de acuerdo con los estándares que se requieran para el uso específico que se le dará al sitio, minimizando así los costos de desmantelamiento y remediación<sup>45</sup>.

<sup>43</sup> Si por cualquier circunstancia ello llegare a ocurrir, la mezcla completa deberá manejarse como residuo peligroso.

<sup>44</sup> El nivel mínimo de detección en este contexto implica el uso no fraudulento de un método de prueba aprobado que es apropiado para la aplicación específica que se está analizando.

<sup>45</sup> Por ejemplo, en el caso de la infraestructura marina, particularmente de los sifones invertidos que se utilizan para la captación y descarga de agua, una opción es mantener la infraestructura y utilizarla como sistema de captación

## 7.1 Aspectos por considerar en el emplazamiento de la central

Las condiciones sanitarias y de seguridad mínimas a que debe someterse la generación, almacenamiento, transporte, tratamiento, reúso, reciclaje, disposición final y otras formas de eliminación de los residuos peligrosos se establece en el Decreto 148 (2003) del Ministerio de Salud. En términos de seguridad y salud laboral, se recomienda seguir, adicional a la normativa nacional, el estándar 1926 - Safety and Health Regulations for Construction dictado por la Occupational Safety and Health Administration (OSHA)<sup>46</sup>.

### 7.1.1 Cierre de la cancha de carbón

Se debe quemar todo el carbón antes del cese de operación de la central, si no es posible se debe enviar a otra planta o vender. Si no se identificó presencia de contaminantes y potencial riesgo para la salud en la zona de la cancha de carbón, el residuo de carbón mezclado con suelo debe ser removido y dispuesto en el depósito de cenizas. Luego de la excavación y extracción del suelo mezclado con carbón, se debe rellenar el sitio con suelo limpio (EPRI, 2006). En caso contrario, se debe remediar la contaminación de acuerdo con el uso final que se le dará al sitio.

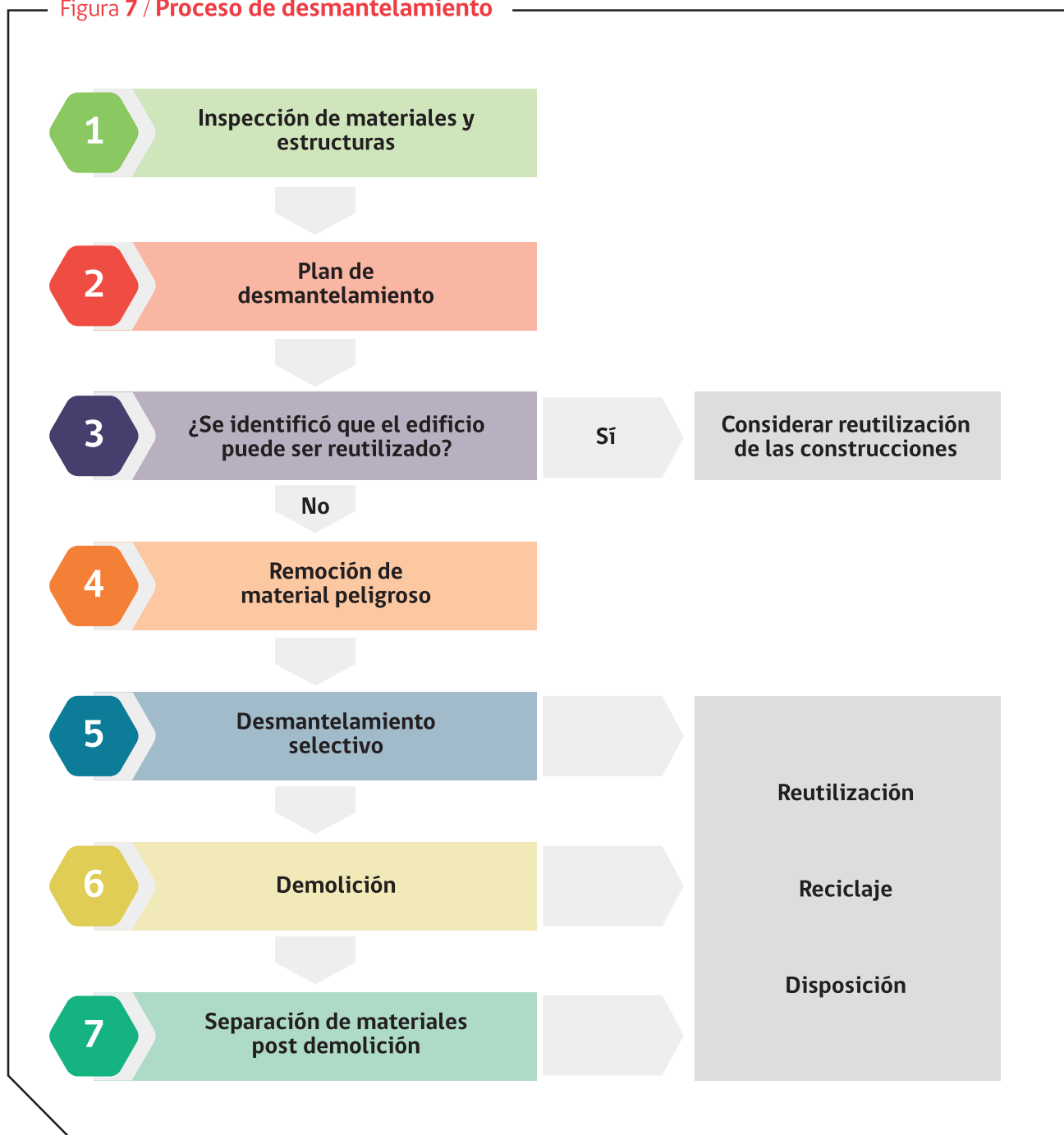
### 7.1.2 Desmantelamiento de infraestructura

El proceso de desmantelamiento de una central termoeléctrica se compone de diferentes etapas consecutivas, las que deben ser desarrolladas en el orden que se indican en la **Figura 7**.

para otra actividad industrial; otra opción puede ser convertir la infraestructura en una especie de muelle (en cuyo caso quien sea el usuario final será responsable de la mantención del sistema). Si se opta por retirar la infraestructura se sugiere cortar los pilotes hincados en una altura determinada sobre el nivel del fondo marino de manera de minimizar el impacto que se puede producir al retirarlos.

<sup>46</sup> Disponible en: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1926>

Figura 7 / Proceso de desmantelamiento



Fuente: Adaptado de European Commission, 2016 y Joint Research Center, 2012

Para comenzar el proceso de desmantelamiento de la totalidad o partes de la central termoeléctrica, se debe realizar, en primer lugar, una auditoría pre-demolición. Esta corresponde a la inspección e identificación de los materiales y construcciones que hay en el sitio. Se deben identificar los tipos de materiales que se generarán, su cantidad, su calidad y su ubicación dentro del edificio o estructura. También se deben identificar los materiales o sustancias peligrosas, los

materiales que pueden ser reutilizados o reciclados, los que no, y de cómo se pueden manejar los residuos (tanto peligrosos como no peligrosos) y las posibilidades de reciclaje y disposición que existen en la región. Se deben tener en cuenta los mercados locales para reuso o reciclaje de materiales, así como su capacidad (European Commission, 2016).

En segundo lugar, se debe desarrollar un plan de desmantelamiento y demolición, el cual debe cumplirse en las etapas posteriores (Ministerio de Obras Públicas, 1999). Dicho plan debe detallar los diferentes pasos del desmantelamiento y demolición; quién y cómo se realizarán; qué materiales se rescatarán, reciclarán y dispondrán; cómo y dónde se rescatarán, reciclarán y dispondrán estos materiales, a dónde y cómo se transportarán, etc. También se debe incluir las medidas de seguridad y de mitigación de impactos asociados que se tomarán (European Commission, 2016). La Norma Chilena 3562 (2019) entrega más detalles sobre los contenidos recomendados que debe tener un plan para gestionar residuos de construcción y demolición.

Al desarrollar el plan de desmantelamiento, se debe adoptar un enfoque de economía circular donde los residuos se convierten en recursos valorizables, de manera de realizar una gestión sustentable de los residuos (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2019). Es decir, se debe privilegiar la mayor reutilización posible de edificios, infraestructuras y materiales, porque así se evita el uso de nuevos recursos al construir nuevos edificios, y se evitan los impactos ambientales locales que tiene la demolición. Lo que no se pueda reutilizar directamente, debe intentar ser reciclado, si esto no es posible debe ser valorizado energéticamente<sup>47</sup>, y sólo si esto no es factible, se debe disponer en lugares adecuados (Joint Research Center, 2012). Esto se conoce gestión jerarquizada de residuos (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2019).

El objetivo del plan es lograr desmantelar, reutilizar, reciclar, transportar, valorizar y disponer (de ser necesario) los materiales de formas segura y legal, sin causar daños al medio ambiente y sin arriesgar la salud de los trabajadores y comunidades aledañas (European Commission, 2016). El desmantelamiento de edificios, maquinaria e infraestructuras tiene asociado diferentes impactos ambientales y sociales en el entorno local, los que se describen a continuación (Joint Research Center, 2012), junto a medidas que se pueden implementar para minimizarlos:

**1** Polvo, producido por la ruptura de materiales minerales de la construcción. Este puede causar daños a la salud y a la propiedad, por lo que su emisión debe ser minimizada. Es recomendable, previo al inicio de la demolición, remover el polvo o humedecer la zona, para evitar que este se levante. También se utiliza agua para suprimir el polvo durante la demolición. Se debe intentar minimizar el uso de agua utilizando atomizadores o boquillas de alta presión.

<sup>47</sup> Corresponde al empleo de un residuo con la finalidad de aprovechar su poder calorífico (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2019).

**2**

Astillas y escombros, producidos al romper materiales de construcción, lo que puede ser un problema para áreas cercanas al sitio, especialmente carreteras. Para evitarlo se recomienda cercar el perímetro del sitio.

**3**

Ruido, producido por los trabajos de demolición y desmantelamiento. Para disminuirlo, se pueden seleccionar métodos de demolición menos ruidosos, así como maquinaria baja en ruido, o blindaje acústico. Se debe cumplir en todo momento los niveles de ruidos permitidos por la legislación nacional vigente<sup>48</sup>; entre estos los indicados en el Decreto 38, de 2012, del Ministerio de Medio Ambiente<sup>49</sup>, que norma la emisión de ruidos de diversas fuentes; así como los niveles indicados en el Decreto 594, de 2000, del Ministerio de Salud, sobre condiciones ambientales en el lugar de trabajo<sup>50</sup>.

**4**

Vibraciones, producidas por explosiones y caídas de estructuras, las que se transfieren por el suelo a las estructuras cercanas. Esto puede ser más relevante en el caso de existir poblaciones cercanas al sitio. Los niveles de vibraciones a los que estará expuesto el personal que lleve a cabo el trabajo de desmantelamiento y demolición deben encontrarse siempre dentro de los límites permitidos en el Decreto 594 sobre condiciones ambientales en el lugar de trabajo.

**5**

Disposición de residuos en vertederos. Para evitar la pérdida de material y el aumento de residuos en rellenos y vertederos, se debe intentar reusar o reciclar la mayor cantidad posible, utilizando la disposición como última opción.

La tercera etapa del proceso corresponde al desmantelamiento selectivo de los componentes del edificio, para facilitar su reúso o reciclaje. Es decir, desensamblar sistemáticamente los edificios, separando los materiales en su origen antes de demolerlo con el objetivo de maximizar el reciclaje o reutilización de los materiales. Este se realiza manualmente o con maquinaria liviana (Joint Research Center, 2012).

Llevar a cabo un desmantelamiento selectivo total no siempre es factible, debido a los altos costos de este, por lo que se prefiere llevar a cabo una combinación de desmantelamiento selectivo y demolición (cuarta etapa) para lograr un gran porcentaje de separación de materiales, y por ende su reúso o reciclaje, pero que implique un esfuerzo o costo reducido. Ambas técnicas se complementan, pues una vez finalizado el desmantelamiento selectivo, se lleva a cabo la demolición (Joint Research Center, 2012).

<sup>48</sup> Incluyendo ordenanzas municipales, en caso de que contengan aspectos específicos respecto a este tema.

<sup>49</sup> Disponible en: <http://bcn.cl/1vehh>

<sup>50</sup> Disponible en: <http://bcn.cl/1uuj6>

La demolición busca la remoción costo eficiente y segura de un edificio, sin prestar atención al reuso de los materiales que se generen. Esta conlleva la mezcla de diferentes materiales, por lo que su reciclaje o reuso se dificulta. El plan que se debe desarrollar puede estar compuesto por una combinación de ambas técnicas, para lograr un manejo óptimo y lograr altas tasas de recuperación de material, y de manera costo eficiente.

Al momento de realizar el plan de desmantelamiento, se debe decidir hasta qué punto se desmantela selectivamente, para luego demoler. Esta decisión dependerá de factores como: costo local de disposición, costo local de mano de obra (se requiere más mano de obra para desmantelar selectivamente), facilidad para desmantelar (afecta la mano de obra necesaria), valor del material recuperado (ya sea para su reuso o reciclaje), tiempo disponible (se requiere más tiempo para desmantelar selectivamente), costos de transporte del material (a sitios de disposición o a lugares de reciclaje), ubicación de zonas de disposición o reciclaje, así como tipo de edificio, su diseño, método de construcción, materiales usados y presencia de sustancias peligrosas (Joint Research Center, 2012).

Al momento de estimar los costos para decidir qué desmantelar y qué demoler se deben incluir todos los costos y beneficios asociados, ya que realizar un desmantelamiento selectivo puede aumentar algunos costos, pero disminuir otros (Joint Research Center, 2012). En la [Figura 8](#) se sintetizan algunos factores que influyen la decisión de realizar desmantelamiento o demolición, y como estos se ven positiva/negativamente influenciados comúnmente al decidir por una u otra técnica. Se debe tener en cuenta que la forma y grado en que estos afectarán la decisión dependerá de costos, distancias y características propias de la localidad y construcción.

Figura 8 / Factores que influyen la decisión de realizar desmantelamiento selectivo o demolición

		Demolición convencional	
		Demolición convencional	Desmantelamiento selectivo
<b>1</b> Aspectos Ambientales	Calidad del material a reciclar	X	✓
	Tasa de reciclaje	X	✓
<b>2</b> Aspectos Económicos	Costos de demolición / desmantelamiento	✓	X
	Costos de disposición	X	✓
	Costos de transporte	!	!
	Venta de materiales	X	✓
<b>3</b> Otros	Espacio requerido para el proceso	✓	X
	Tiempo requerido para el proceso	✓	X

✓ Mejor   
 X Peor   
 ! Depende

Fuente: Adaptado de Joint Research Center, 2012

A pesar de que el grado de desmantelamiento selectivo que se decida hacer depende de factores ambientales, técnicos y económicos, este es obligatorio si se encuentran sustancias o materiales peligrosos en las instalaciones. En este caso, lo primero que se debe hacer es retirar las sustancias peligrosas del sitio, para prevenir accidentes, y para prevenir la mezcla de sustancias peligrosas con otros materiales, lo que haría imposible su reutilización o reciclaje (Joint Research Center, 2012). Residuos peligrosos típicos son asbestos, alquitrán, PCBs, plomo, componentes eléctricos



que contienen mercurio, materiales de aislación peligrosos, etc. (European Commission, 2016). En las secciones 7.1.2.1, 7.1.2.2 y 7.1.2.3 se detallan algunas de estas sustancias y su manejo. El plan de demolición también debe incluir medidas de contingencia que se tomarán si se encuentra material peligroso adicional al estar realizando la demolición (European Commission, 2016), u otras exigencias municipales en caso que corresponda. Al retirar sustancias peligrosas, estas se deben almacenar, transportar y eliminar de acuerdo con el Decreto 148 que aprueba reglamento sanitario sobre manejo de residuos peligrosos, de 2004, del Ministerio de Salud<sup>51</sup>.

Si los edificios o construcciones no pueden ser reutilizados, normalmente, se rescatan las partes de valor del interior, como maderas, calderas, maquinaria, artículos sanitarios, etc. Luego se remueven revestimientos de pisos y techos, puertas y ventanas, y todas las demás partes no estructurales. Cuando ya no es posible seguir desmantelando selectivamente de manera costo eficiente, se debe realizar demolición convencional con todo el edificio o con lo que queda de él, siguiendo la legislación vigente. Se recomienda seguir las indicaciones entregadas en la NCh347 "Disposiciones de seguridad en demolición" (Ministerio de Obras Públicas, 1999). Para esto se derriba la construcción, piso a piso (si aplica). Finalmente se remueven los cimientos (Joint Research Center, 2012).

Cuando el material a ser reciclado no requiere tener un nivel de pureza muy estricto, puede hacerse separación manual de los residuos post- demolición. A veces, esto puede ser más barato que el desmantelamiento selectivo, pero igual permite el reciclaje de los materiales. También existen técnicas que utilizan agua con aditivos para separar los componentes por densidad, y otras que utilizan corrientes de aire para separar los materiales livianos del resto. Estos métodos son más económicos, pero menos efectivos. Sin embargo, como el objetivo es reutilizar y reciclar la mayor cantidad de material posible, cualquiera de estas técnicas se puede utilizar, y se debe escoger aquella que permita realizar una operación costo eficiente. Se debe tener en cuenta, que mientras más se desmantele previo a la demolición, mejor funcionarán las técnicas de separación posterior producto de la menor mezcla de materiales (Joint Research Center, 2012).

### 7.1.2.1 Identificar si existe presencia de asbestos en las construcciones existentes

Si existen equipos o estructuras que contengan asbestos, estos deben ser removidos antes de empezar la demolición o desmantelamiento (EPRI, 2006).

De acuerdo con el Decreto N° 17 de 2009 del Ministerio de Salud, que modifica el Decreto N° 656 de 2000 que prohíbe el uso del asbestos<sup>52</sup> en productos que indica, las actividades relacionadas

<sup>51</sup> Disponible en: <http://bcn.cl/1uzdc>

<sup>52</sup> "EPA defines asbestos-containing material (ACM) as material that contains more than 1 % asbestos. Building products containing ACM are often referred to as asbestos containing building materials (ACBM). Undisturbed ACBM generally does not pose a health risk. However, ACBM may pose an increased risk if damaged, disturbed in certain manners, or if it deteriorates so that asbestos fibers can be released into building air (ASTM 1527 - 13)... EPA banned the use of asbestos in many products in 1993."

con edificaciones, equipos, instalaciones o maquinarias que tuvieren aislante de fibras de asbesto friable, tales como demolición, desmantelamiento o modificación de estos, requieren de autorización previa de la autoridad sanitaria competente. Para su obtención, el dueño de las edificaciones, maquinarias, equipos o instalaciones debe presentar un plan de trabajo en el que se prevean las medidas que se adoptarán para proteger la salud de los trabajadores y de la población aledaña.

Si durante el desarrollo de las actividades desmantelamiento se encuentra asbesto friable del que no se hubiere tenido conocimiento al inicio de las obras, se deberá solicitar la autorización señalada y paralizar las mismas hasta la obtención de dicho permiso.

Si el asbesto presente en las actividades es no friable, se deberá notificar a la autoridad sanitaria competente la realización de la actividad, en forma previa a su inicio o tan pronto se encuentre el producto y acompañar el plan de trabajo.

#### 7.1.2.2 Identificar si existe plomo en construcciones, suelos, baterías o la pintura de edificios

La EPA ha determinado que la contaminación por plomo en el suelo en niveles que exceden los 400 ppm en áreas de juego, y 1200 ppm en otros sectores residenciales donde niños menores de 7 años están presentes puede constituir un riesgo importante para la salud y puede justificar acciones de remediación oportunas (ASTM 1527 - 13, Sección X5.3) (US EPA, 2019). Si se identifica presencia de plomo en los suelos, el sitio deberá ser remediado de acuerdo con el uso final que se le quiera dar.

Si existen equipos o estructuras que contengan pintura con plomo, u otros compuestos con plomo, estos deben ser removidos antes de empezar la demolición o desmantelamiento (EPRI, 2006). Estos se deben almacenar, transportar y eliminar de acuerdo con el Decreto 148 que aprueba el reglamento sanitario sobre manejo de residuos peligrosos, de 2004, del Ministerio de Salud.

#### 7.1.2.3 Mercurio y PCBs

Productos de sus propiedades aislantes, no inflamables y estabilidad química, los Bifenilos Policlorados (PCBs) se utilizaban en diversas industrias como en equipos eléctricos, aceites de motor y equipos hidráulicos, aislación de cables, aislación térmica, pinturas, recubrimientos ignífugos, adhesivos, transformadores y capacitores, entre otros (EPA, s.f.). Los PCBs son persistentes

tes, bioacumulables, semivolátiles (lo que facilita su transporte por aire y medios acuosos) y tóxicos. Presentan diversos efectos adversos carcinogénicos y no carcinogénicos sobre la salud, tanto ante una exposición aguda como una crónica (CONAMA, 2004).

Si bien su uso fue prohibido en el año 1982 en Chile, las plantas más antiguas pueden contener aún elementos que contengan PCBs, o presentar contaminación del suelo producto de fugas de aceites que contienen PCBs. Los materiales que contienen PCBs son considerados residuos peligrosos según la normativa nacional vigente (DS 148/2004 Ministerio de Salud). Estos residuos deben ser removidos del sitio e instalaciones previo a la demolición de estas, y eliminados de acuerdo con la legislación vigente. Se sugiere revisar y seguir las indicaciones para la detección, manejo, transporte y eliminación de PCBs contenidas en el “Manual de Chile sobre el manejo de Bifenilos Policlorados (PCBs; Askareles)”, publicado por la CONAMA en el año 2004<sup>53</sup>, además de los indicados en el DS 148/2004 Ministerio de Salud.

El mercurio también está catalogado como sustancia peligrosa según el DS 148/2003 Ministerio de Salud. Las plantas más antiguas pueden contener instrumentos y aparatos de presión de vapor que contengan mercurio. Estos deben ser removidos y dispuestos según las exigencias de la legislación, previo a la demolición de estructuras (EPRI, 2006).

## 7.2 Aspectos por considerar en cierre del depósito de cenizas

En general, los Desechos de la Combustión del Carbón (DCC) se clasifican como “desechos sólidos no peligrosos”<sup>54</sup> e incluyen todos los desechos sólidos de la combustión del carbón: las cenizas volantes (fly ash), las cenizas de fondo (bottom ash y boiler slag) y los productos de la desulfurización (flue gas desulfurization materials).

Respecto al cierre de los depósitos de DCC, la EPA mediante 40 CFR 257.102<sup>55</sup> estableció procedimientos y requerimientos si es que se opta por:

- Dejar los DCC en el depósito e instalar una cubierta de cierre final, o
- Retirar los DCC para depositarlos en otra parte y limpiar el depósito original<sup>56</sup>.

<sup>53</sup> Disponible en: <http://www.gecop.cl/wp-content/uploads/2018/02/Manual-de-Chile-sobre-el-Manejo-de-Bifenilos-Policlorados.pdf>

<sup>54</sup> En Europa y EEUU. En Chile se define que las “cenizas volátiles de centrales eléctricas de carbón” son residuos peligrosos solo si es que contienen ciertos constituyentes “en concentraciones que hagan que el residuo presente alguna característica de peligrosidad” (DS 148 de 2003, art. 90). Según los Estudios de Impacto Ambiental y anexos asociados de todas las centrales de carbón en Chile, las pruebas de laboratorio verifican que las cenizas que producen no tienen características de peligrosidad (inodú, 2018).

<sup>55</sup> 80 FR 21301, April 17, 2015, la cual, posteriormente, entró en un proceso de litigios y revisión.

<sup>56</sup> A pesar de que es una alternativa, no es recomendable ya que su traslado solo con fines de disponerlo en otro sitio generalmente implica mayores impactos que dejarlo en el lugar original.

Primero, se debe elaborar un plan de cierre por escrito, el cual debe contener la siguiente información:

- Descripción del cierre del depósito o del procedimiento para retirar los DCC, dependiendo de la opción que se escoja.
- Una estimación de la cantidad máxima de DCC que tendrá el depósito a lo largo de la vida.
- Una estimación del área máxima que requerirá ser cerrada si es que se opta por dicha opción.
- Un cronograma de las actividades necesarias para cumplir con los criterios de clausura.

Como se indicó en la Sección 3.2.1, en general los depósitos de cenizas cuentan con medidas asociadas a su cierre. Es posible que la empresa modifique el plan en cualquier momento siguiendo el mismo proceso de aprobación<sup>57</sup>. El plan de cierre debe ser aprobado por un ingeniero calificado, quien certifica que cumple buenas prácticas aceptadas para dicho efecto.

Para dejar los DCC en el depósito e instalar una cubierta de cierre final, se debe diseñar un cierre tal que cumpla con:

- Controlar, minimizar o eliminar, dentro de lo posible, posteriores infiltraciones de líquidos a los DCC, o liberación de estos al subsuelo, aguas superficiales o a la atmósfera.
- Impedir la acumulación de agua, sedimento o lodo en la superficie del depósito<sup>58</sup>.
- Asegurar estabilidad física de los taludes y cubierta del depósito.
- Minimizar la necesidad de mantenimiento.
- Poder ser completado en el menor tiempo posible siguiendo prácticas y estándares comunes.

Los requerimientos específicos de la cubierta final son:

- Su permeabilidad debe ser menor o igual al mínimo entre:
  - La permeabilidad del revestimiento del fondo del depósito.
  - La permeabilidad natural del subsuelo.
  - $1 \cdot 10^{-5}$  cm/s (<sup>59</sup>)

<sup>57</sup> No obstante, el nuevo plan debe ser coherente con las condiciones y exigencias ya aprobadas.

<sup>58</sup> Por ejemplo, se puede diseñar y mantener un sistema de desvío de escorrentía, que permita separar las aguas contactadas de las no contactadas.

<sup>59</sup> Como referencia, las arenas arcillosas sin compactar tienen una permeabilidad de entre  $5.5 \cdot 10^{-7}$  cm/s y  $5.5 \cdot 10^{-4}$  cm/s.

- Debe contener una capa de al menos 18" de tierra (aproximadamente 45 cm) con el fin de minimizar infiltración de líquidos.
- Debe contener en su parte superior una capa de al menos 6" de tierra (aproximadamente 15 cm) que pueda sostener crecimiento de flora nativa con el fin de evitar erosión del terreno.
- El diseño debe minimizar pérdidas de integridad al evitar o acomodar sedimentación y hundimiento.

Sin embargo, no es necesario que la cubierta cumpla exactamente con los requerimientos indicados anteriormente. El propietario del depósito puede proponer otro diseño de cubierta de cierre que cumpla con el mismo propósito. En este caso, un ingeniero calificado debe certificar que el diseño cumple con los objetivos especificados anteriormente.

Respecto de los requerimientos para el inicio y duración de las actividades de cierre, dependiendo de la situación de uso del depósito, se debería considerar:

- Si es que el depósito recibió el último despacho de DCC, entonces se deberían iniciar las actividades de cierre en un plazo de 30 días.
- Si es que el depósito no ha recibido despachos de desechos ni se han retirado DCC para su uso beneficioso en otras industrias por 2 años, entonces se deben iniciar actividades de cierre.
- Este último plazo se puede extender en periodos de 2 años repetidamente, solo si es que se provee documentación que demuestre que hay una probabilidad razonable de que el depósito vaya a recibir desechos en el futuro previsible o que se retirarán desechos del depósito para usos beneficiosos (reutilización o reciclaje).

Una vez que la cubierta de cierre final ha sido construida, se debería cumplir con ciertas obligaciones, como, por ejemplo:

- Mantener la integridad y efectividad de la cubierta de cierre, realizando mantenimiento en caso de hundimiento, sedimentación, erosión u otros eventos.
- Monitorear con cierta periodicidad la napa subterránea para medir las concentraciones de los elementos definidos en el artículo 257.95 de 40 CFR 257.

El propietario debería elaborar y comunicar un plan escrito que describa las actividades de monitoreo y mantenimiento a realizar post-cierre, las que se deben llevar a cabo por un periodo de 30 años. Este plan también debe describir los posibles futuros usos del sitio y demostrar que estos no alterarán la integridad ni efectividad de la cubierta de cierre, o que tal alteración no implicará una potencial amenaza a la salud humana o del medioambiente.

### 7.3 Declaración, carta o garantía de no llevar a cabo nuevas acciones

Una declaración o carta que indique que no se llevará a cabo nuevas acciones por parte de la autoridad competente provee certeza de que esta está satisfecha con las medidas desarrolladas y no se requerirá una nueva acción correctiva en el sitio. Una carta o declaración generalmente no constituyen una exención de responsabilidad adicional en el sitio; por lo tanto, no provee un nivel similar de certeza que un acuerdo de no realizar una demanda (ASTM 2081 - 00, Sección X1.7.5.2 y X1.7.5.7).

# 8

## ANEXOS

# REFERENCIAS 8.1

AACE. (2019). Cost Estimate Classification System – As applied in Engineering, Procurement, and Construction for the Process Industries.

---

ASTM E1527. (2013). Standard Practice for Environmental Site Assessments: Phase I Environmental Site Assessment Process.

---

ASTM E1903. (2011). Standard Practice for Environmental Site Assessments: Phase II Environmental Site Assessment Process.

---

ASTM E1984. (2003). Standard Guide for Brownfields Redevelopment.

---

ASTM E2081. (2015). Standard Guide for Risk-Based Corrective Action.

---

ASTM E2150. (2017). Standard Classification for Life-Cycle Environmental Work Elements—Environmental Cost Element Structure.

---

CNE. (Julio 2018). Capacidad Instalada Generación.

---

CONAMA. (2004). Manual de Chile sobre el manejo de Bifenilos Policlorados (PCBs; Askareles). Obtenido de <http://www.gecop.cl/wp-content/uploads/2018/02/Manual-de-Chile-sobre-el-Manejo-de-Bifenilos-Policlorados.pdf>

---

EPA. (s.f.). Polychlorinated Biphenyls (PCBs). Obtenido de <https://www.epa.gov/pcbs/learn-about-polychlorinated-biphenyls-pcbs#what>

---

EPRI. (2006). Decommissioning Handbook for Coal-Fired Power Plants.

---

EPRI. (15 de Junio de 2020). Plant Decommissioning & Site Closure – Process overview. inodú webcast.

---

European Commission. (2016). EU Construction & Demolition Waste Management Protocol.

---

Fundación Chile. (2012). Guía Metodológica para la Gestión de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes.

---

Georgia's EPD. (2008). Uniform Environmental Covenants Act, O.C.G.A. § 44-16-1. Recuperado el Junio de 2020, de <https://epd.georgia.gov/land-protection-branch/hazardous-waste/uniform-environmental-covenants#:~:text=Reporting%20Georgia's%20Uniform%20Environmental%20Covenants,amendment%20and%20termination%20of%20same>

---

Georgia's EPD. (2018). Rule 391-3-19 - 7 Risk Reduction Standards. Obtenido de <https://casetext.com/regulation/georgia-administrative-code/departament-391-rules-of-georgia-department-of-natural-resources/chapter-391-3-environmental-protection/-subject-391-3-19-hazardous-site-response/rule-391-3-19-07-risk-reduction-standards>

---

Inodú. (2018). Estudio de alternativas tecnológicas al retiro y/o reconversión de las unidades de carbón en Chile. Obtenido de [https://4echile.cl/4echile/wp-content/uploads/2019/04/Reporte\\_Final.pdf](https://4echile.cl/4echile/wp-content/uploads/2019/04/Reporte_Final.pdf)

---



Inodú. (2018). Estudio de variables ambientales y sociales que deben abordarse para el cierre o reconversión programada y gradual de generación eléctrica a carbón.

---

Joint Research Center. (2012). Best environmental management practice for the building construction sector.

---

Kevin Gallagher Consulting. (2019). Decommissioning and Redevelopment Playbook for the Sunbury Generation Power Plant.

---

Ministerio de Obras Públicas. (1999). Norma Chilena 347: Construcción - Disposiciones de seguridad en demolición. Chile.

---

Ministerio de Salud. (2000). Aprueba Reglamento Sobre Condiciones Sanitarias Y Ambientales Basicas En Los Lugares De Trabajo. Chile.

---

Ministerio de Salud. (2004). Decreto 148 - Aprueba Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos. Chile.

---

Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2019). Gestión de residuos - Residuos de construcción y demolición (RCD) - Clasificación y directrices para el plan de gestión.

---

Ministerio del Medio Ambiente. (2012). Establece Norma De Emisión De Ruidos Generados Por Fuentes Que Indica, Elaborada A Partir De La Revisión Del Decreto Nº 146, De 1997, Del Ministerio Secretaría General De La Presidencia. Chile.

---

Pennsylvania's DEP. (s.f.). Uniform Environmental Covenants Act. Recuperado el Junio de 2020, de <https://www.dep.pa.gov/Business/Land/LandRecycling/OneCleanup/Pages/Uniform-Environmental-Covenants-Act.aspx>

---

Raimi, D. (2017). Decommissioning US Power Plants: Decisions, Costs, and Key Issues. Resources for the Future.

---

US EPA. (1991). Risk Assessment Guidance for Superfund (RAGS): Part B. Obtenido de <https://www.epa.gov/risk/risk-assessment-guidance-superfund-rags-part-b>

---

US EPA. (2004). Risk Assessment Guidance for Superfund (RAGS): Part E. Obtenido de <https://www.epa.gov/risk/risk-assessment-guidance-superfund-rags-part-e>

---

US EPA. (2009). Risk Assessment Guidance for Superfund (RAGS): Part F. Obtenido de <https://www.epa.gov/risk/risk-assessment-guidance-superfund-rags-part-f>

---

US EPA. (2019). Hazard Standards for Lead in Paint, Dust and Soil (TSCA Section 403). Recuperado el June de 2020, de <https://www.epa.gov/lead/hazard-standards-lead-paint-dust-and-soil-tsca-section-403>

---

US EPA. (s.f.). 40 CFR 261 Subpart C — Characteristics of Hazardous Waste.

---

<b>ACBM</b>	Asbestos Containing Building Materials
<b>ASTM</b>	American Society for Testing and Materials
<b>CFR</b>	Code Of Federal Regulations
<b>DCBS</b>	Derivación de Criterios Basados en la Salud.
<b>DCC</b>	Desechos de la Combustión del Carbón.
<b>DDU</b>	División de Desarrollo Urbano (Ministerio de Vivienda y Urbanismo)
<b>EPA</b>	U.S. Environmental Protection Agency
<b>EPD</b>	Environmental Protection Division
<b>MCL</b>	Maximum Contaminant Level (Niveles Máximos de Contaminantes).
<b>OSHA</b>	Occupational Safety and Health Administration.
<b>PCBs</b>	Bifenilos Policlorados
<b>RAGS</b>	Risk Assessment Guidance for Superfund.
<b>RCA</b>	Resolución de Calificación Ambiental.
<b>RRS</b>	Risk Reduction Standard.
<b>SPPC</b>	Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes.



Deutsche Gesellschaft für  
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH  
Agencia de la GIZ en Chile  
Federico Froebel 1776 Providencia  
Santiago de Chile  
[www.giz.de](http://www.giz.de)

**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