



Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería en Medioambiente

Ingeniería Ambiental

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS BAJO EL MARCO DE
GESTIÓN DE RIESGO EN LOS PROCESOS EN COMPAÑÍA MINERA DEL
PACÍFICO S.A. VALLE DEL HUASCO EN BASE A LA LEY 20.920**

TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL

Camila Monserrat Cortés Salazar

Profesor Guía: Héctor Andrés Andrade Caroca

Valparaíso, Chile

2021

Resumen

Compañía Minera del Pacífico S.A. (CMP) es el principal productor de hierro en la costa americana del Pacífico y exportador del 99% del mineral en Chile. Sus operaciones se distribuyen en el Valle de Copiapó, Valle del Huasco y Valle del Elqui. Enfocándose el presente trabajo de título en las operaciones del Valle del Huasco (CMP VH).

CMP VH genera residuos como consecuencia de sus procesos productivos. Una gran cantidad de ellos corresponden a residuos calificados como productos prioritarios según lo establecido en la Ley 20.920 de Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje. Sin embargo, es posible observar que algunos de estos residuos no están siendo gestionados adecuadamente, es decir, no presentan alternativas de valorización en su disposición final, tal como mandata la normativa aplicable. Es por esto que, este proyecto de título tiene como objetivo diseñar un plan de manejo de residuos bajo el marco de Gestión de Riesgo en los Procesos en Compañía Minera del Pacífico S.A. Valle del Huasco en base a la Ley 20.920.

Para lograr aquello, primero se identificaron y cuantificaron los residuos generados por CMP para su posterior calificación según residuos de productos prioritarios establecidos en la ley. Para los residuos segregados, se verificó si su actual disposición final contaba con alternativa de valorización de lo cual resultaron ocho que no contaban con ella de un total de veinticuatro residuos. Para éstos ocho residuos, se mejoró su disposición final actual a través de la recomendación de cinco gestores autorizados con alternativas de valorización, previamente identificados y seleccionados. Esta alternativa de mejora permite asegurar a CMP el cumplimiento con una de sus responsabilidades como consumidor industrial según la ley con un costo de 9.413 UF anuales.

Complementariamente, y entre las responsabilidades de CMP VH como consumidor industrial, se evaluó la posibilidad de valorizar los residuos por sí mismo. Analizándose para los Neumáticos Fuera de Uso, alternativas de valorización por tercero y el uso de este residuo en la cogeneración de energía eléctrica. Ambas se evaluaron a través de indicador económico resultando la cogeneración como la alternativa más atractiva con un VAN de -14.154 UF frente a un VAN de -69.145 UF por valorizar por terceros.

Es posible observar un continuo desarrollo de nuevas ideas en la gestión de actividades mineras y especialmente de la energía. Apareciendo nuevas tecnologías, mejorando sus rentabilidades e incluso con subsidios e incentivos tributarios. Por lo que se recomienda para futuros proyectos evaluar alternativas como el uso del caucho de los neumáticos para generación de materias primas para baterías de litio, o el uso de neumáticos fuera de uso en la producción de hidrógeno gris.

En virtud de lo anterior y con las consideraciones expuestas en el presente trabajo, se recomienda a CMP VH externalizar el servicio de disposición final a gestores autorizados para los residuos de envases y embalajes, aparatos electrónicos y eléctricos, aceites lubricantes, pilas y baterías y por otra parte, valorizar los neumáticos a través del proceso de cogeneración de energía eléctrica permitiendo honrar los compromisos establecidos de cumplimiento de normativa y de apuntar a una minería sustentable a través de la gestión adecuada de sus residuos generados. La implementación de disponer los residuos a través de gestores externos se estima en un plazo de tres meses mientras que la alternativa que considera la construcción de una planta de cogeneración de energía tendrá un plazo de implementación mayor estimándose cinco años.

Índice

1	Introducción	1
1.1	Residuos en Chile	1
1.1.1	Clasificación y generación	1
1.1.2	Disposición final y gestión	3
1.1.3	Valorización	5
1.1.4	Economía Circular	6
1.1.5	Residuos de la gran minería	9
1.1.6	Impactos ambientales de los residuos mineros	13
1.2	Tecnologías disponibles para hacer más sustentable los procesos	14
1.3	Marco Normativo	16
1.3.1	Convenios Internacionales	17
1.3.2	Normativa Nacional	18
1.3.3	Permisos Generales	28
1.3.4	Herramientas de Gestión Ambiental	29
1.4	Compañía Minera del Pacífico S.A.	32
1.4.1	Modelo operativo: Gestión de Riesgo en los Procesos	33
1.4.2	Sitios de operaciones en Valle del Huasco	34
1.4.3	Responsabilidad Ambiental	36
2	Problemática	39
3	Objetivos	40
3.1	Objetivo General	40
3.2	Objetivos Específicos	40
4	Metodología	41
4.1	Generación de residuos	41
4.2	Identificación de alternativas de valorización para los residuos priorizados	42
4.3	Evaluación técnica, económica y legal de las alternativas	44
4.4	Adaptación de la alternativa de valorización bajo el marco GRP.	45

5	Resultados.....	47
5.1	Generación de residuos.....	47
5.1.1	Identificación, caracterización y cuantificación de los residuos.....	48
5.2	Selección de residuo(s) a valorizar y búsqueda de alternativa para su procesamiento según los requerimientos de la Ley 20.920.....	49
5.3	Evaluación técnica, económica y legal de las alternativas.....	51
5.4	Adaptación de la alternativa de valorización bajo el marco GRP.....	58
6	Discusión.....	62
7	Conclusiones.....	65
8	Bibliografía.....	67
9	Anexos.....	71

Índice de Tablas

Tabla 1.1: Residuos generados y reciclados por CMP	13
Tabla 1.2: Metas de recolección, tratamiento y reciclaje para la categoría A de NFU.....	24
Tabla 1.3: Metas de recolección, tratamiento y reciclaje para la categoría B de NFU.....	25
Tabla 1.4: Metas de recolección, tratamiento y reciclaje para los envases y embalajes de categoría domiciliario.....	25
Tabla 1.5: Metas de recolección, tratamiento y reciclaje para los envases y embalajes de categoría no domiciliario.....	26
Tabla 5.1. Generación de residuos por categoría en CMP valle del Huasco año 2020.	47
Tabla 5.2: Clasificación y cuantificación de los residuos sólidos generados en CMP Valle del Huasco.	48
Tabla 5.3: Clasificación y cuantificación de los residuos sólidos generados en CMP Valle del Huasco, continuación.....	49
Tabla 5.4: Residuos de productos prioritarios que genera CMP VH y su disposición final.	50
Tabla 5.5: Costos asociados a disposición final de los residuos de productos prioritarios por CMP.	51
Tabla 5.6: Costos asociados a una mejor disposición final de los residuos de productos prioritarios por CMP.....	52
Tabla 5.7: Costo asociados a la disposición final de neumáticos fuera de uso según las metas de recolección establecidas en el D.S. N° 8/2019/MMA.....	53
Tabla 5.8: Costos de inversión por equipos.	56
Tabla 5.9: Costo total de inversión.....	56
Tabla 5.10: Ingresos por operación.....	57
Tabla 5.11: Flujo de caja para el escenario uno, valores en UF.....	57
Tabla 5.12: Flujo de caja para el escenario uno, valores en UF, continuación.....	57
Tabla 5.13: Flujo de caja para el escenario dos, valores en UF.	58
Tabla 5.14: Flujo de caja para el escenario dos, valores en UF, continuación.	58
Tabla 5.15: Indicadores económicos para los dos escenarios.....	58

Índice de Figuras

Figura 1.1: Generación de residuos a nivel nacional según origen entre los años 2015 y 2018	3
Figura 1.2: Estrategia jerarquizada del manejo de residuos.	5
Figura 1.3: Valorización final de residuos no peligrosos en Chile	6
Figura 1.4: Distribución porcentual de los cinco principales residuos por tipo de material respecto al total generado	11
Figura 1.5: Organigrama General	33
Figura 1.6: Modelo Gestión de Riesgo en los Procesos.....	34
Figura 4.1: Formato de Tabla de Generación de residuo por CMP VH.....	41
Figura 4.2: Algoritmo de selección de residuo a valorizar.....	42
Figura 4.3: Formato tabla de residuos de productos prioritarios que genera CMP VH y su disposición final.....	43
Figura 5.1: Generación de residuos por categoría en CMP Valle del Huasco año 2020.....	47
Figura 5.2: Esquema global del proceso de la valorización de los NFU.....	54
Figura 5.3: Esquema de las principales corrientes del tratamiento térmico para los NFU.	55
Figura 5.4: Portada de presentación “Aplicación de la Ley 20.920 en CMP”	61

Lista de Acrónimos y Abreviaturas

APL	: Acuerdo de Producción Limpia
CMP	: Compañía Minera del Pacífico
CORFO	: Corporación de Fomento de la Producción
DIA	: Declaración de Impacto Ambiental
D.S. N° 8/2019/MMA	: D.S. N° 8, de 2019, de Ministerio del Medio Ambiente
EIA	: Estudio de Impacto Ambiental
GRP	: Gestión de Riesgos en los Procesos
MINVU	: Ministerio de Vivienda y Urbanismo
MMA	: Ministerio de Medio Ambiente
MOP	: Ministerio de Obras Públicas
MP	: Material Particulado
NFU	: Neumático Fuera de Uso
PCIOA	: Plan de Cumplimiento Integral de Obligaciones Ambientales
PdC	: Plan de Cumplimiento
PPCAH	: Plan de Prevención de Contaminación Atmosférica para la localidad de Huasco
RCA	: Resolución de Calificación Ambiental
RCD	: Residuos de Construcción y Demolición
RETC	: Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes
SGA	: Sistema de Gestión Ambiental
SINADER	: Sistema Nacional de Declaración de Residuos
SINIA	: Sistema Nacional de Información Ambiental
TM	: Toneladas Métricas
VAT	: Verificación y Autorización de trabajo
VCT	: Verificación y Control en terreno
VH	: Valle del Huasco

1 Introducción

1.1 Residuos en Chile

La Ley 20.920 define residuo como cualquier “sustancia u objeto que su generador desecha o tiene la intención u obligación de desechar de acuerdo con la normativa vigente” (MMA, 2016) y son generados como consecuencia de un modelo lineal de producción y consumo que se basa en extraer, producir y eliminar para satisfacer las necesidades humanas (habitación, alimento, vestimenta, transporte, comunicación, entre otros).

1.1.1 Clasificación y generación

El Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA) clasifica a los residuos según sus características y origen (MMA, 2019).

Según sus características:

- Residuo peligroso: residuo o mezcla de residuos que presenta riesgo para la salud pública y/o efectos adversos al medio ambiente, ya sea directamente o debido a su manejo actual o previsto, como consecuencia de presentar algunas de las características de inflamabilidad, reactividad, corrosividad y toxicidad aguda, extrínseca o crónica.
- Residuo no peligroso: residuo que no presenta riesgo para la salud pública ni efectos adversos al medio ambiente.
- Residuo inerte: es un residuo no peligroso que no experimenta variaciones físicas, químicas o biológicas significativas, no es soluble, ni combustible, ni reacciona física o químicamente, ni de ninguna otra manera. No es biodegradable y tampoco afecta negativamente a otras materias con las cuales entra en contacto.

Según su origen:

- Residuos sólidos municipales: incluye residuos sólidos domiciliarios y residuos similares a los anteriores generados en el sector servicios y pequeñas industrias. También se consideran residuos municipales a los derivados del aseo de vías públicas, áreas verdes y playas.
- Residuo industrial: residuo resultante de los procesos de fabricación, transformación, utilización, consumo, limpieza y mantenimiento, generados por la actividad industrial.

Corresponden a residuos sólidos, líquidos o combinaciones de éstos que, por sus características físicas, químicas o microbiológicas, no pueden asimilarse a los residuos domésticos.

De esta manera, es posible afirmar que los residuos peligrosos tienen efectos negativos al medio ambiente generando un riesgo para este y para la salud pública, por lo cual se consideran características de toxicidad, inflamabilidad, reactividad, corrosividad. Los residuos no peligrosos también pueden tener efectos negativos en el medio ambiente en caso de un manejo inadecuado, como por ejemplo contaminación del suelo, agua, aire, efectos negativos a flora y fauna y generación de gases de efecto invernadero.

Desde 2015 en Chile se dispone de registros administrativos que dan cuenta de la generación de residuos a nivel nacional a través del Sistema de Ventanilla Única del Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes para el registro de generadores y destinatarios de residuos sólidos de más de 12 toneladas anuales. Es así como en 2018 se registra una generación total país de 19,6 millones de toneladas de residuos sólidos, de los cuales 97% son no peligrosos (53% de origen industrial, 42% municipales y 2% lodos de plantas de tratamiento de aguas servidas), en tanto el restante 3% corresponde a residuos peligrosos como se muestra en la figura 1.1 (MMA, 2019).

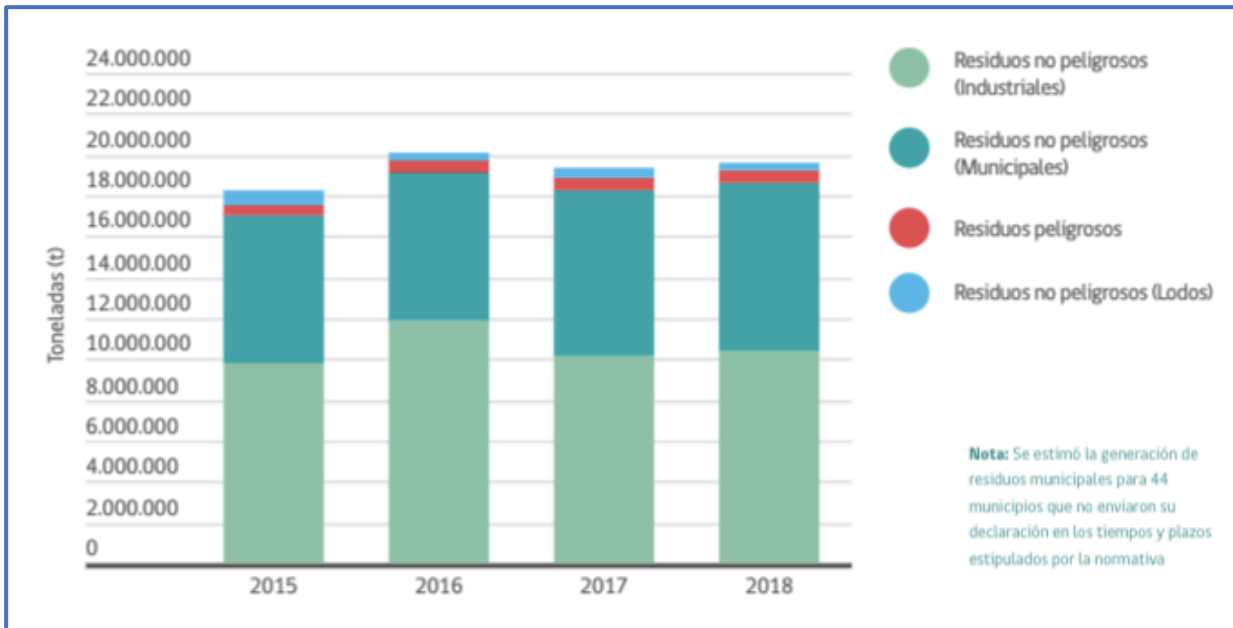


Figura 1.1: Generación de residuos a nivel nacional según origen entre los años 2015 y 2018 (MMA, 2019).

1.1.2 Disposición final y gestión

La disposición final de los residuos consiste en el proceso de aislar y confinar los desechos, en especial los no aprovechables, en forma definitiva en lugares seleccionados y diseñados para evitar la contaminación y daños o riesgos a la salud humana y al medio ambiente (Pérez, 2011).

Los lugares más comunes de disposición final son rellenos sanitarios y vertederos. Un relleno sanitario es una instalación para disposición final de los residuos sólidos los cuales se depositan en el suelo mediante técnicas constructivas que confinan los residuos en la menor área posible, compactándolos para reducir su volumen y luego cubrirlos diariamente con una capa de tierra. Con ellos se busca reducir los impactos ambientales y riesgos sanitarios generados por dichos residuos.

Por otra parte, un vertedero es un lugar en que se depositan los residuos sólidos domiciliarios (RSD) y existe poco control de ellos. Carecen de impermeabilización, por lo que los líquidos de la basura penetran la tierra y pueden contaminar las napas o cursos de agua, los gases que provocan los RSD se eliminan directamente al medio ambiente contaminando el aire, aumentando los gases de efectos invernadero, no existe control de olores ni sistemas sanitarios para controlar roedores, aves e insectos, entre otros efectos indeseables para el medio ambiente y para la salud de las personas (MMA, 2016).

Entre 2015 y 2018 se observa un cambio importante en la disposición final de residuos; ha aumentado el uso de rellenos sanitarios y disminuido el uso de vertedero. Para el primer año mencionado, el 50% de los residuos totales declarados en Sistema Nacional de Declaración de Residuos (SINADER) fueron enviados a eliminación a rellenos sanitarios y un 40% a vertederos. En cambio, para el año 2018 los rellenos sanitarios recibieron 65%, mientras que los vertederos bajaron a 13% del total de residuos (MMA, 2020).

Por otra parte, la gestión de los residuos corresponde a todas las operaciones de manejo y otras acciones de política, planificación, normativas, administrativas, financieras, organizativas, educativas, de evaluación de seguimiento y fiscalización referidas a residuos. Las operaciones de manejo señaladas son todas las acciones operativas a las que se somete el residuo, incluyendo, entre otras la recolección, almacenamiento, transporte, pretratamiento y tratamiento, el que varía dependiendo si los residuos son llevados a un sitio para la eliminación o si son valorizados (Arismendy, 2019).

En función de mejorar la gestión de los residuos y responsabilizar al productor, el 1 de junio de 2016 se aprobó la Ley 20.920 que “Establece Marco para la Gestión de Residuos, la Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje” del MMA. Esta ley busca, mediante la prevención y valorización de los residuos, aumentar las tasas de reciclaje o reutilización del país de un 10% a más de un 30%, y fijar metas anuales de recuperación de aceites lubricantes, artículos eléctricos y electrónicos, envases y embalajes, pilas, baterías y neumáticos. Dentro de la misma línea, el 3 de agosto de 2018 se aprobó la Ley 21.100 que establece la prohibición de entrega de bolsas plásticas en el comercio de todo el territorio nacional.

La Ley 20.920 define la Estrategia Jerarquizada de los residuos relacionada con el orden de importancia de manejo. Considera como primera alternativa la prevención en la generación de residuos, luego la reutilización, el reciclaje de estos o de uno o más de sus componentes y la valorización energética de los residuos, total o parcial, dejando como última alternativa su eliminación, acorde al desarrollo de instrumentos legales, reglamentarios y económicos pertinentes (MMA, 2016).

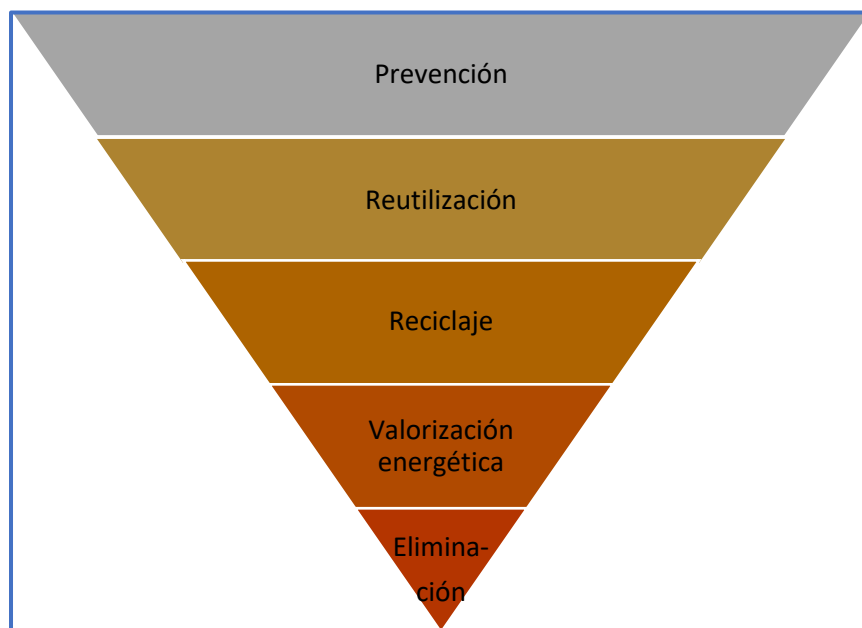


Figura 1.2: *Estrategia jerarquizada del manejo de residuos.*

El diagrama de la figura 1.2 representa la orientación deseada de manejo de los residuos, sin embargo, en Chile la situación se fundamenta en dirección contraria. Por este motivo es que la política de gestión integral debe promover en conjunto con la educación ciudadana la disminución de los residuos que se disponen, enfatizando en la prevención y valorización de los residuos en cuestión.

Cabe destacar que la acción más importante es la prevención en la generación de residuos, pues disminuye el consumo de materias primas y los costos asociados a la producción de bienes, así como la contaminación producida por el mal manejo de los residuos.

1.1.3 Valorización

La valorización se refiere al conjunto de acciones tendientes a recuperar desde un residuo, uno o varios de los materiales que lo componen y/o el poder calorífico de los mismos. Comprende la preparación para la reutilización, el reciclaje y la valorización energética (MMA, 2020).

En el año 2018 los destinatarios de residuos declararon en SINADER 13,5 millones de toneladas de residuos no peligrosos con un tipo de tratamiento final. Para el 2019, aproximadamente 21,9% de los residuos fue recepcionado con un tipo de tratamiento de valorización final, lo cual está en el

rango de la tasa nacional de valorización de residuos no peligrosos que se ha mantenido entre 20% y 23% en los últimos años (MMA, 2019).

En el caso de los residuos de origen domiciliario, la valorización alcanza a casi un 1% de acuerdo a lo declarado por los municipios el 2018. Esta baja proporción de valorización de residuos domiciliarios se debe, entre otras razones, a que una cantidad importante de municipios no los declara en el SINADER, teniendo programas de reciclaje, situación que se abordará con ellos a partir de 2021 para que cumplan plenamente con la obligación establecida en el reglamento del Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes, RETC, aprobado por Decreto Supremo 1/2013 del Ministerio del Medio Ambiente (MMA, 2020).

Las modalidades de valorización final son principalmente el reciclaje con 45,9% de participación, co-procesamiento con 25,8% y reducción de recursos hidrobiológicos con 15,1% como se muestra en la figura 1.3.

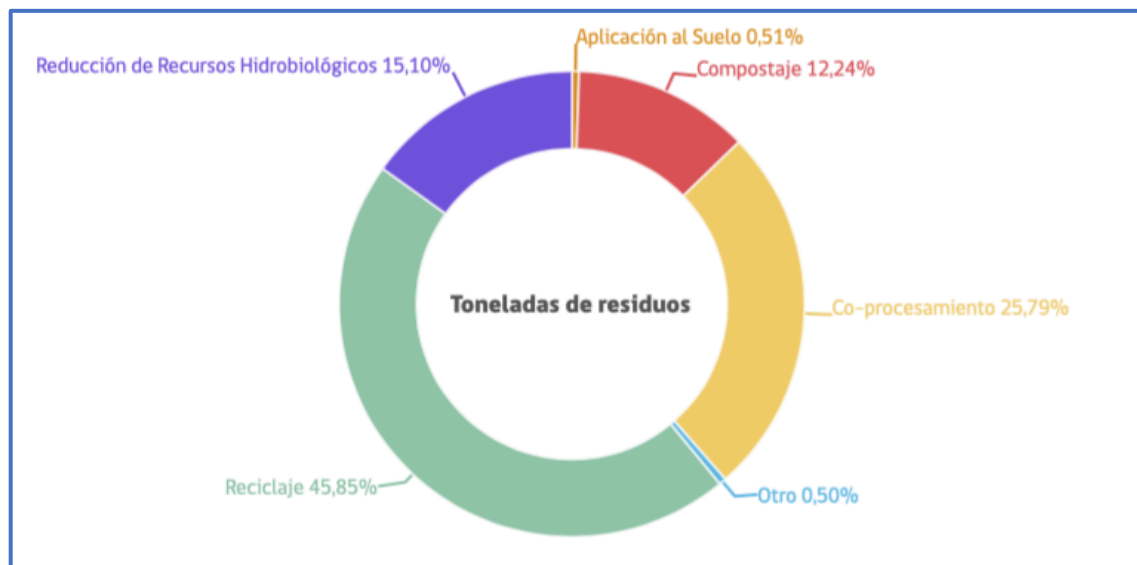


Figura 1.3: Valorización final de residuos no peligrosos en Chile (MMA, 2019).

1.1.4 Economía Circular

La gran cantidad de residuos se generan como consecuencia de un modelo lineal de producción y consumo que se basa en extraer, producir, consumir y eliminar para satisfacer las necesidades humanas (habitación, alimento, vestimentas, transporte, comunicación, entre otros). Como

contraste al enfoque lineal, el enfoque de la economía circular aporta una nueva forma de concebir el destino de los residuos y el producir bienes y servicios basados en mayor productividad de materiales.

La economía circular, según la definición del parlamento europeo, es un modelo de producción y consumo que implica compartir, reutilizar, reparar, restaurar y reciclar materiales y productos existentes el mayor tiempo posible. De esta forma, se prolonga el ciclo de vida de los productos (Parlamento Europeo, 2020).

El enfoque de la economía circular implica lo siguiente (MMA,2020):

- Convertir los residuos en recursos.
- Aumentar la eficiencia de los recursos extraídos de la naturaleza: producir los mismos bienes y servicios con menos materia prima.
- Recuperar materiales desde los desechos, cuando es tecnológicamente factible, para utilizarlos como insumos del mismo proceso productivo.
- Valorizar los residuos transformándolos en insumos de otros procesos.
- Reducir el impacto negativo de los residuos en el medio ambiente y en la salud humana.

Este enfoque implica un cambio sistémico, que busca desacoplar el desarrollo económico del consumo de recursos, reconociendo los límites naturales del planeta y los impactos dañinos del modelo lineal para los seres vivos. La transición a una economía circular busca construir resiliencia, generar oportunidades económicas y de negocio, y brindar amplios beneficios ambientales y sociales.

La economía circular por tanto va más allá del reciclaje de los residuos, toma en cuenta todo el ciclo de vida de los productos para definir cuáles son las mejores formas de mejorar la gestión de los flujos de materiales renovables y los stocks de materiales no renovables.

Por otra parte, la economía circular presenta enormes oportunidades económicas. El Foro Económico Mundial, en una publicación junto a la fundación Ellen MacArthur, ha estimado que la

economía circular puede significar ahorros de hasta US \$1 billón para el año 2025. Y esto es porque prevenir la generación de residuos es mucho más eficiente que hacerse cargo de ellos (MMA, 2020).

Algunas iniciativas en Chile en favor de la economía circular son (MMA,2020):

- **Implementación de la Ley REP** Ley 20.920 mencionada anteriormente, establece el marco para la Gestión de Residuos, la Responsabilidad Extendida del Productor y el Fomento al Reciclaje, que busca disminuir la generación de residuos y fomentar su reutilización, reciclaje y otro tipo de valoración.
- **Fondo para el Reciclaje.** Establecido en la Ley REP, financia proyectos para prevenir la generación de residuos y fomentar su reutilización, reciclaje y otro tipo de valorización, que sean ejecutados por municipalidades o asociaciones de municipalidades.
- **Hoja de Ruta de Economía Circular (Chile más circular al 2040).** Los ministerios del Medio Ambiente y Economía, CORFO y la Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático, trabajan en este plan de acción con participación de la sociedad civil y el sector privado para acordar una estrategia, líneas de acción, proyectos, metas e indicadores en esta materia.
- **Política Nacional de Integración de Recicladores de Base.** Busca impulsar la inclusión social, económica y ambiental de los recicladores de base mediante la formación y certificación de competencias laborales, para que participen formalmente en el sistema REP.
- **Plan de Acción Contra la Contaminación por Plásticos.** Busca reducir al mínimo el consumo de plásticos de un solo uso en el comercio y por parte del Estado, y la creación de un estándar de ecoetiquetas que permita a los consumidores conocer la reciclabilidad de los envases y embalajes, entre otras medidas que incentiven un cambio.
- **Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos Municipales.** Se encuentra en vías de su oficialización. Conlleva un plan de acción para el período 2021-2025.
- **Economía circular en la Construcción y Residuos de Construcción y Demolición (RCD).** Surge como un trabajo intersectorial junto a MINVU, MOP, CORFO y Construye 2025, enfocada en dar solución a los problemas derivados de la alta generación de RCD, su mal manejo y disposición final en áreas no adecuadas, la escasa prevención y

valorización de estos residuos, así como evitar que se generen impactos ambientales, sociales, y económicos relacionados a la formación de vertederos ilegales.

1.1.5 Residuos de la gran minería

Los principales residuos de la industria minera son aquellos residuos sólidos y líquidos resultantes de sus procesos productivos. Entre los residuos líquidos destacan los drenajes ácidos, aguas residuales y Residuos Industriales Líquidos (RILES).

Los RILES son aguas de desecho muy habituales en faenas mineras y tienen directa relación con los procesos productivos, ya que las operaciones requieren de agua para su desarrollo como resultado de sus procesos. Se caracterizan por contener elevadas concentraciones de elementos contaminantes. Algunos de los desechos líquidos más importantes son (CPL, 2002):

- El efluente que se genera por el depósito de desechos líquidos en tranques de relaves.
- El efluente generado por lixiviación natural de materiales estériles.
- El efluente generado por escorrentía y que proviene de la mina.
- El efluente generado por el procesamiento de concentrado de mineral.

Existen normativas relacionadas con estándares de Residuos Industriales Líquidos, las cuales regulan los contaminantes asociados a las descargas de estos a aguas marinas, continentales superficiales y subterráneas.

En cuanto a los residuos sólidos generados por la industria minera, se encuentran los residuos masivos, industriales y asimilables a domésticos. Su generación es función de la tecnología utilizada durante el proceso productivo, calidad de las materias primas o productos intermedios, propiedades físicas y químicas de las materias auxiliares empleadas, combustibles utilizados y los envases y embalajes del proceso.

Los residuos mineros masivos, tal como su nombre lo indica, constituyen residuos sólidos que se generan en grandes volúmenes. En esta categoría se encuentran los residuos estériles, relaves, rípios y escorias. Los residuos estériles o lastre son residuos de descarte generados en los procesos de extracción y están constituidos por las mismas materias aprovechadas en los procesos mineros,

y las prácticas actuales de manejo y disposición final no alteran significativamente su entorno al ser dispuestas en las cercanías de los lugares de obtención. En el caso de los relaves, escorias y ripios, que son residuos generados en procesos de beneficio, tienen algunas opciones de minimización, como son la reutilización y recuperación y reciclaje (CPL, 2002).

Los Residuos Industriales Sólidos (RISES) son desechos o residuos sólidos o semisólidos resultantes tanto de los procesos extractivos como también de los procesos de planta. A su vez, se clasifican en peligroso y no peligroso siendo estos últimos de mayor producción. Entre los RISES producidos por la minería más comunes destacan los neumáticos, envases, baterías, filtros, plásticos y chatarra.

En el año 2010 CONAMA, lo que actualmente es Ministerio de Medio Ambiente, publicó el Primer Reporte del Manejo de Residuos Sólidos en Chile, el cual indicó que la cantidad generada de residuos sólidos durante el periodo 2000-2009 experimentó un crecimiento estimado del 42%. Sólo para el año 2009 la generación estimada de los residuos industriales sólidos fue de 10,4 millones de toneladas, los cuales se distribuyen por sector y el sector minero generó 0,63 millones de toneladas para aquel periodo, representando un 6% del total de RISES (CONAMA, 2010).

Además en el año 2002 se realizó una encuesta aplicada a las empresas del consejo minero, donde considerando el tipo de material del cual están compuestos, indicó los cinco residuos de mayor generación donde la chatarra es el residuo industrial sólido de mayor generación de las empresas mineras (CPL, 2002).

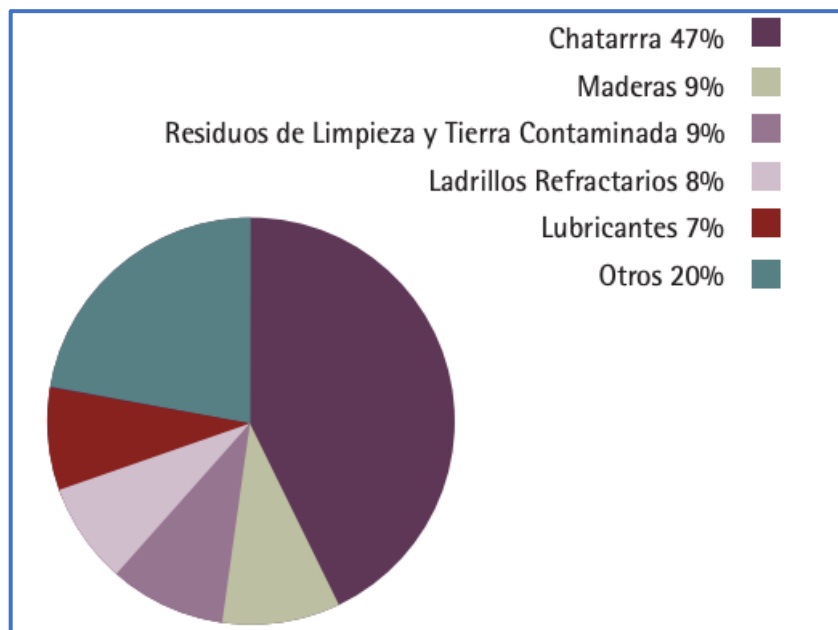


Figura 1.4: Distribución porcentual de los cinco principales residuos por tipo de material respecto al total generado (CPL, 2002).

En Chile con el notable desarrollo económico e industrial, ha aumentado considerablemente la generación de los residuos industriales más aún cuando se trata de residuos industriales peligrosos que conllevan riesgo para la salud pública y para el medio ambiente. Los residuos industriales no peligrosos también pueden tener efectos negativos en el medio ambiente en caso de un manejo inadecuado, como por ejemplo contaminación del suelo, agua, aire, efectos negativos a flora y fauna y generación de gases de efecto invernadero (MMA,2020).

En 2018, el total de residuos industriales no peligrosos ascendió a 10,5 millones de toneladas, que representan 50% de los residuos generados en el país (MMA,2020).

Para poder establecer lo que una empresa debe hacer con los residuos sólidos industriales, es importante que la empresa defina una estrategia de residuos, encaminada a la eficiencia ambiental de sus operaciones, la que a su vez está orientada al uso eficiente de recursos y a un mínimo de externalidades generadas por la industria.

Los residuos de la minería del hierro y el acero pueden tener importantes repercusiones para el medio ambiente y la salud de la población debido al gran volumen y complejidad de las operaciones

y al elevado consumo de energía y materias primas. Una de las repercusiones es la generación de aguas residuales que contienen principalmente sólidos en suspensión, metales pesados, aceites y grasas. Éstas al ser almacenadas en estanques no herméticos o con fugas pueden filtrarse y contaminar la capa freática y las corrientes subterráneas. También pueden contaminarse por la lixiviación de las aguas pluviales a través de pilas de materias primas o acumulaciones de residuos sólidos.

Además, se producen grandes cantidades de residuos, tanto peligrosos como no peligrosos, generados por cada operación de la cadena de valor. Una mala gestión de estos puede ocasionar efectos perjudiciales para la salud de las personas y la degradación del medio ambiente, además de impacto paisajístico (BMZ, 1996).

En Chile la minería del hierro ha sido desarrollada tradicionalmente por la Compañía Minera del Pacífico S.A. (CMP) filial del grupo CAP. Dentro de los residuos de CMP se encuentran relaves mineros, residuos mineros estéril, residuos industriales y no peligrosos y aguas contaminadas resultantes de manipulaciones químicas o de otra naturaleza.

La gestión de residuos mineros responsables en CMP es parte del diseño de cada una de sus operaciones. Por un lado, el residuo estéril generado en las faenas mineras es depositado en los lugares autorizados acorde a las RCAs correspondientes. Por otro, los relaves generados en las plantas de proceso magnéticas y que le confieren características de baja toxicidad e inofensivas para la salud son depositados en lugares autorizados. En Planta de Pellets son vertidos al mar a través de un emisario submarino en la Ensenada Chapaco, y se presentó un proyecto para depositarlo en tierra a partir del año 2023. Cerro Negro Norte vierte sus relaves en tierra, utilizando una tecnología de relaves espesados. La Planta Magnetita vierte sus relaves al tranque de relaves de Minera Candelaria.

CMP promueve la producción limpia, la disminución de generación de residuos y la práctica del reciclaje y es así como la Planta Magnetita en el Valle de Copiapó ha generado impactos positivos en el medio ambiente ya que presenta una de las plantas de reciclaje de relaves más importante del mundo. En 2019 procesó más de 30 millones de toneladas métricas de relaves de cobre desde el

tranque de relaves de Minera Candelaria, y puso en marcha iniciativas para hacer más eficientes los procesos incorporando nuevas tecnologías para la separación de las partículas de hierro, y que a la vez generarán eficiencias en el consumo de energía.

Los residuos industriales peligrosos y no peligrosos son gestionados según un Programa de Gestión de Residuos que busca potenciar el reciclaje. Gracias a esta iniciativa, durante 2019 se recicló y/o reutilizó el 12%. Todo residuo industrial es dispuesto en sitios autorizados (CMP, 2019).

A continuación, en la tabla 1.1 se presenta la generación de residuos por CMP y el porcentaje de reciclaje en los últimos años.

Tabla 1.1: Residuos generados y reciclados por CMP (CMP, 2019).

Año	Residuos generados (ton)	Reciclaje
2017	7.181	49%
2018	5.302	45%
2019	7.355	12%

1.1.6 Impactos ambientales de los residuos mineros

El proceso minero genera impactos ambientales, principalmente en relación al agua, energía, residuos y emisiones de polvo. Los impactos por el mal manejo de los residuos son los siguientes (MMA,2016):

- Contaminación del agua: En los sitios de disposición final que no se cuentan con una capa impermeable que proteja el suelo y lo aisle de los líquidos percolados provenientes de la descomposición y compresión de los residuos, estos líquidos se lixivian o filtran a través del suelo, contaminándolo, pudiendo llegar incluso a las napas de agua subterránea. Asimismo, se contamina el agua, por el arrastre de desechos que traen los ríos, depositándolos en lagos y/o en los océanos.
- Contaminación del aire: Cuando se concentran grandes cantidades de residuos en un sitio, con el paso del tiempo comienzan a descomponerse lentamente y con baja o nula presencia de oxígeno generando emanaciones de gases contaminantes causando malos olores. Estas emisiones pueden ser controladas y captadas con sistemas de recuperación de gases, sin

embargo, estos sistemas no están instalados en los vertederos o basurales, solo en rellenos sanitarios.

- Degradación de los suelos: El suelo puede verse afectado por la acumulación de residuos de distinta naturaleza, los que combinados generan sustancias contaminantes que pueden alterar las propiedades físicas y químicas del suelo; reduciendo su fertilidad, su capacidad de aireación, su capacidad de retención de agua, y su porosidad. Además, la acumulación de residuos de manera inapropiada en lugares no autorizados puede aumentar el riesgo de incendios.
- Alteración de los ecosistemas: Los ecosistemas se ven afectados cuando su capacidad de carga y de regeneración se ve sobrepasada. Si a esto se le suma la acumulación de residuos de manera descontrolada, se generan afectaciones en los hábitats, pudiendo incluso alterar significativamente los ecosistemas y las especies que los componen.

1.2 Tecnologías disponibles para hacer más sustentable los procesos

En los años 90 se pone en marcha el desarrollo sostenible a partir de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD) o Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro en 1992. Durante esta conferencia fue aprobado un importante documento conocido como Agenda 21, consiste en un plan que fija los cimientos para la promoción del desarrollo sostenible no solo en el área ambiental sino también en la social y económica, relacionando a las mismas de manera tal que una no se vea perjudicada por el progreso de las otras. Más que una guía, es un programa de acción. Es el instrumento vinculante más importante y más influyente en todo el mundo y es marco de referencia para la mayoría de las políticas ambientales existentes. Refleja un consenso mundial y un compromiso político al más alto nivel sobre el desarrollo y la cooperación en la esfera del medio ambiente (Massolo, 2015). Un cambio necesario e impulsado por los nuevos Objetivos de Desarrollo Sostenible y la Hoja de Ruta 2050, dan lugar a la Agenda 2030 o Agenda de Desarrollo Sostenible.

Entre los contenidos de la agenda 2030, se reconocen herramientas para alcanzar la sustentabilidad en los procesos llamadas tecnologías ecológicamente racionales. Son tecnologías que protegen el medio ambiente, son menos contaminantes, utilizan todos los recursos en forma sostenible, reciclan

una mayor porción de sus desechos y productos y tratan los desechos residuales en forma más aceptable que las tecnologías (Salazar, 2019).

Se reconocen las siguientes tres categorías de tecnologías ecológicamente racionales:

1. Tecnologías correctivas: de control o de última etapa, reducir las emisiones o efluentes en la fase final, disposición final segura de los desechos.
2. Tecnologías de proceso o producto: no generan desechos o generan pocos o estos son menos contaminantes.
3. Sistema de Gestión Ambiental (SGA): sistemas totales que incluyen conocimientos técnicos, procedimientos, bienes y servicios y equipos, al igual que procedimientos de organización y de gestión.

De estas tres, se reconocen a los SGA como la mejor herramienta y más deseable ya que evitan los pasivos ambientales.

Un sistema de gestión ambiental (SGA) es aquella parte del sistema general de gestión que comprende la estructura organizativa, las responsabilidades, las prácticas, los procedimientos, los procesos y los recursos para determinar y llevar a cabo la política ambiental.

Es el marco o el método de trabajo que sigue una organización con el objeto de conseguir, en una primera fase, y de mantener posteriormente, un determinado comportamiento de acuerdo con las metas que se hubiere fijado y como respuesta a unas normas, unos riesgos ambientales, y unas precisiones tanto sociales, como financieras, económicas y competitivas, en permanente cambio (Massolo, 2015).

Las ventajas de utilizar un SGA son muchas, entre ellas son:

- Conformidad con las regulaciones y cumplimientos de la legislación ambiental vigente
- Conformidad con las exigencias de los consumidores
- Mejora la gestión de los recursos
- Niveles de seguridad superiores
- Mejora la competitividad empresarial
- Permite adquirir un símbolo de reconocimiento internacional

- Garantiza la mejora continua.
- Mejora la imagen ante la comunidad y las relaciones públicas
- Consistencia de políticas internas
- Limitación del riesgo de pleitos por cuestiones ambientales
- Cumplimientos con permisos y habilitaciones ambientales
- Transferencia de tecnología

Las organizaciones generalmente implementan un SGA basado en la norma internacional ISO 14.001:2015 que hace referencia al Ciclo de Deming o Ciclo de Mejora Continua (PHVA: Planificar, Hacer, Verificar y Actuar). Esta norma indica los requisitos del sistema de gestión aplicables a una organización para mejorar su desempeño ambiental con la posibilidad de certificarlo. La certificación proporciona una garantía sobre el desempeño ambiental de las actividades y procesos de dicha organización, demostrándose así que el sistema de gestión se ha implementado con éxito y que cumple con los requisitos establecidos (Blanco et al.,2018).

Las normas ISO referentes a Sistemas de Gestión están fundadas en el concepto de mejora continua, razón por la cual cada versión de la Norma ISO 14.001 está enfocada a implementar una serie de cambios con el fin de permitir un avance progresivo hasta lograr una mejora continua.

La Norma ISO 14.001:2015, al identificar el contexto de la organización e internalizando las expectativas de las partes interesadas, permite que el SGA se desarrolle como un sistema dinámico en constante incorporación de nuevos aspectos relevantes para el desarrollo de la organización, permitiendo que sus actividades se desarrollen de una forma sustentable. Es así como la nueva versión de la Norma inicia una nueva etapa para las organizaciones, en la cual se deben realizar los cambios necesarios a los Sistemas de Gestión dando cumplimiento a los nuevos requerimientos estableciendo una base a partir de la cual se debe trabajar durante los próximos años en el marco de la mejora continua.

1.3 Marco Normativo

A continuación se mencionan los principales instrumentos de gestión ambiental que, mediante regulaciones, incentivos o mecanismos buscan regular el manejo de los residuos en el país, con

especial enfoque a los de tipo industrial, para disminuir sus impactos, tanto sociales como ambientales.

1.3.1 Convenios Internacionales

1.3.1.1 Convenio de Basilea

En 1989 se aprueba el Convenio de Basilea para regular el movimiento transfronterizo de residuos peligrosos y auspiciado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. El objetivo de este convenio es proteger la salud humana y el medio ambiente frente a los efectos adversos que puedan resultar de la generación, movimientos transfronterizos y gestión de los residuos peligrosos.

Chile forma parte de este convenio por lo que en 1992 el Ministerio de Relaciones Exteriores promulga el Decreto 685 “Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación”.

1.3.1.2 Convenio de Estocolmo

En mayo de 2001, Chile firmó en la ciudad de Estocolmo, el Tratado sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes conocido como el Convenio de Estocolmo. Este último estipula obligaciones para reducir o eliminar la producción y utilización de determinados plaguicidas y productos químicos industriales que constituyen contaminantes orgánicos persistentes. Especifica también obligaciones relativas a la importación y exportación de esas sustancias. Los diez plaguicidas y/o productos químicos industriales incluidos actualmente en el Convenio son: aldrina, clordano, dieldrina, endrina, heptacloro, hexaclorobenceno, mirex, toxafeno, diclorodifeniltricloroetano y bifenilos policlorados (Secretaría del Convenio de Rotterdam, 2006).

El Ministerio de Relaciones Exteriores en el año 2005 publica el Decreto 38, el cual promulga el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes y sus Anexos.

1.3.2 Normativa Nacional

1.3.2.1 Decreto con Fuerza de Ley 725/1968, Código Sanitario

Proveniente del Ministerio de Salud; el Código Sanitario rige todo lo relacionado con el fomento, protección y recuperación de la salud de los habitantes que habitan en el territorio nacional, así como también, regular ciertos aspectos asociados a la higiene y seguridad del ambiente y del lugar de trabajo de la población.

En el artículo 71 se estipula que el Servicio Nacional de Salud deberá aprobar los proyectos relacionados a la construcción, modificación, reparación y ampliación cuyo destino sea el tratamiento o disposición final de residuos industriales o mineros.

En el año 2000 se publicó el D.S. N° 594 por el Ministerio de Salud, el cual actualiza al D.F.L N° 725 y aprueba el reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo. Establece, además, la disposición de residuos industriales líquidos y sólidos en el párrafo III, artículos del dieciséis al veinte.

1.3.2.2 Decreto 248/2007 (1295/2021) Reglamento para la Aprobación de Proyectos de Diseño, Construcción, Operación y Cierre de los Depósitos de Relaves

El presente reglamento proveniente del Ministerio de Minería, tiene por objeto fijar normas sobre procedimientos para la aprobación de los proyectos de depósitos de relaves mineros y requisitos para su diseño, construcción, operación y cierre, además de la disposición de sus obras anexas que garanticen la seguridad de las personas y de los bienes (Minminería, 2007).

En el presente proyecto de título no se tratan los relaves mineros por lo que este reglamento minero no se aplica. Sin embargo es importante su existencia.

1.3.2.3 Ley 19.300/1994 (20.417/2010), Sobre Bases Generales del Medio Ambiente

Promulgada por el Ministerio Secretaría General de la Presidencia; esta ley establece un marco general de regulación del derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental. Asimismo, regula los instrumentos de gestión ambiental como la Evaluación Ambiental Estratégica, el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y el Acceso a la Información Ambiental, la Responsabilidad por Daño Ambiental, la Fiscalización y el Fondo de Protección Ambiental y la institucionalidad ambiental de Chile (MINSEGPRES, 1994).

El Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) es un instrumento de gestión ambiental que busca determinar si un proyecto o una actividad se ajusta a las normas vigentes. En el artículo 10 se establece un listado de proyectos o actividades que deberán someterse a este instrumento por ser considerados susceptibles de causar impacto ambiental, en cualesquiera de sus fases. En ese mismo contexto, cuyo proyecto o actividad que genere o presente al menos uno de los efectos, características o circunstancias que aparecen en el artículo 11 deberán someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental por medio de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA).

Con la promulgación de esta Ley se crearon las normas de calidad ambiental, pudiendo ser primarias o secundarias, las cuales establecen los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de sustancias o elementos cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo. Para el caso de las normas primarias de calidad ambiental su aplicación es de carácter general, es decir, abarca todo el territorio nacional y definen los niveles que originan situaciones de emergencia. En cambio, las normas secundarias de calidad ambiental poseen una aplicación de carácter local ya que buscan la protección o conservación de un sector en específico, como lo puede ser un lago o un río, por ejemplo. Las normas de calidad ambiental permiten también declarar zonas como saturadas o latentes, decretar planes de prevención y descontaminación, y definir normas de emisión. Estas últimas establecen la cantidad máxima permitida para un contaminante, medida en el efluente de la fuente emisora, y pueden aplicarse en todo el territorio nacional o en parte de él.

Los planes de prevención y descontaminación son también un instrumento de gestión ambiental creado por esta Ley. Los planes de prevención definen e implementan las medidas y acciones específicas para evitar la superación de una o más normas de calidad ambiental en una zona latente, es decir, una zona en la que su medición de concentración de un contaminante se sitúa entre el 80% y 100% del valor de la norma de calidad ambiental respectiva. Un plan de descontaminación, por otro lado, tiene por finalidad recuperar los niveles señalados en las normas de calidad ambiental en una zona calificada como saturada por uno o más contaminantes. Una zona saturada es aquella en que una o más normas de calidad ambiental se encuentran sobrepasadas.

En el año 2010 se publicó la Ley 20.417, que modifica la Ley 19.300. Esta modificación trae consigo la creación de nuevas institucionalidades, como lo es el Ministerio del Medio Ambiente, en donde en el artículo 70 se establecen sus responsabilidades, una de las cuales es la coordinación del proceso de generación de las normas de calidad ambiental, de las normas de emisión y de los planes de prevención y descontaminación, determinando los programas para su cumplimiento.

1.3.2.4 Decreto Supremo Nº148/2004, Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos

Proveniente del Ministerio de Salud; este reglamento establece las condiciones sanitarias y de seguridad mínimas a que deberá someterse la generación, tenencia, almacenamiento, transporte, tratamiento, reuso, reciclaje, disposición final y otras formas de eliminación de los residuos peligrosos (MINSAL, 2004).

1.3.2.5 Decreto Supremo Nº1/2013, Reglamento del Registro de Emisiones y Transferencias de contaminantes

Proveniente del Ministerio del Medio Ambiente; el Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC), es una base de datos accesible al público, destinada a capturar, recopilar, sistematizar, conservar, analizar y difundir la información sobre emisiones, residuos y transferencias de contaminantes potencialmente dañinos para la salud y el medio ambiente que son emitidos al

entorno, generados en actividades industriales o no industriales o transferidos para su valorización o eliminación.

En el artículo 25 se establece que los establecimientos que generen anualmente más de 12 toneladas de residuos no sometidos a reglamentos específicos, estarán obligados a declarar al 30 de marzo de cada año sus residuos generados el año anterior en SINADER. Así mismo, en el artículo 27, se estipula que los destinatarios que reciban anualmente más de 12 toneladas de residuos deberán declarar los residuos recepcionados el año anterior por medio del SINADER, al 30 de marzo de cada año (MMA, 2013).

1.3.2.6 Ley 20.920, Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje

La Ley de Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje, promulgada por el Ministerio del Medio Ambiente, tiene por objetivo disminuir la generación de residuos y fomentar la reutilización, reciclaje y otro tipo de valorización. Es decir, implementar una gestión de residuos responsable a todos los productores y al mismo tiempo incentivar acciones para disminuir la generación de residuos y fomentar la reutilización. Esto se logra a través de dos mecanismos, la Responsabilidad Extendida del Productor (REP) e instrumentos de gestión de residuos con el fin de proteger la salud de las personas y del medio ambiente.

La REP señala que los productores deben hacerse cargo de los residuos que generan sus productos al introducirlos al mercado, idealmente valorizar un gran porcentaje de los residuos evitando su destino a relleno sanitario. Al mismo tiempo, la REP señala que el productor debe orientar y apoyar a los consumidores sobre los sistemas de valorización para que estos tengan la opción de dirigir los residuos a un gestor autorizado o bien valorizarlos ellos mismos.

La responsabilidad de los productores de hacerse cargo de sus productos luego que cumplen su ciclo de vida recae en seis productos prioritarios determinados por los impactos y relevancia que tienen a nivel nacional e internacional. La mayoría de estos productos son abarcados por los modelos REP más relevantes a nivel internacional y en general tienen un alto impacto (MMA, 2016). La ley 20.920 en su artículo 10 establece los siguientes productos prioritarios:

a) Aceites y lubricantes:

Se considera aceite lubricante aquel aceite mineral o sintético, que cumple una función de lubricación, ya sean aceites de motores de combustión, de cajas de cambios, de turbinas, hidráulicos u otros que, cumpliendo funciones distintas, tengan una composición química similar a estos. Se regula tanto los que ingresan al mercado nacional por sí solos como los que ingresan contenidos en un vehículo o maquinaria. Se dividen en dos categorías:

- Aceites recuperables: caracterizados por dejar un residuo que es posible recolectar al fin de su vida útil. Sólo éstos están sometidos a metas de recolección y valorización.
- Aceites no recuperables: consumidos totalmente o no están contenidos en sistemas cerrados.

b) Aparatos eléctricos y electrónicos:

Son todos los aparatos que, para funcionar correctamente, necesitan corriente eléctrica o campos electromagnéticos, así como los aparatos necesarios para generar, transmitir y medir tales corrientes y campos. Se dividen en las siguientes categorías:

- Aparatos de intercambio de temperatura.
- Monitores, pantallas y aparatos con pantallas de superficie mayor a 100 cm².
- Paneles solares fotovoltaicos grandes con una dimensión exterior superior a 50 cm.
- Lámparas.
- Grandes aparatos con una dimensión exterior superior a los 50 cm.
- Pequeños aparatos sin ninguna dimensión superior a los 50 cm.

c) Baterías:

Todo dispositivo que permite, mediante un proceso electroquímico, almacenar la energía eléctrica en forma de energía química y liberarla cuando se conecta con un circuito de consumo externo. Las reacciones químicas que tienen lugar son reversibles y pueden ser recargadas cuando se conectan los terminales a una fuente de energía externa, pero con polaridad invertida. Cuando una batería ha llegado al final de su vida útil se considera como Batería Fuera de Uso (BFU), producto prioritario con las siguientes categorías:

- Baterías de plomo para vehículos motorizados
- Baterías de plomo industriales
- Otras baterías

d) Envases y embalajes:

Se considerarán envases y embalajes aquellos productos hechos de cualquier material, de cualquier naturaleza, que sean usados para contener, proteger, manipular, facilitar el consumo, almacenar, conservar, transportar, o para mejorar la presentación de las mercancías, así como los elementos auxiliares integrados o adosados a aquellos, cuando cumplen con la función de informar al consumidor o alguna de las funciones ya señaladas. Los envases y embalajes se dividen en 2 categorías: (1) Domiciliarios y (2) No Domiciliarios. Los envases secundarios y terciarios siempre pertenecerán a la categoría de envases no domiciliarios, los secundarios son aquellos envases que contienen uno o más bienes de consumo envasados o embalados en envases primarios y los terciarios están envasados o embalados en envases primarios y secundarios con el objeto de facilitar su transporte o manipulación, excluyéndose los contenedores.

Por otra parte, los envases domiciliarios son aquellos envases que se generan normalmente en el domicilio de una persona natural, los cuales corresponden a:

- Cartón para líquidos
- Metal
- Papeles y cartones
- Plástico
- Vidrio

e) Neumáticos fuera de uso:

El neumático es Pieza toroidal fabricada con un compuesto constituido principalmente por caucho, natural o sintético, y otros aditivos, con cámara de aire o sin ella, que suele montarse sobre la llanta de una rueda. Una vez que es desechado pasa a llamarse Neumático Fuera de Uso (NFU). Se establecen las siguientes categorías:

- Categoría A: Neumáticos que tengan un aro inferior a 57 pulgadas, con excepción de los que tengan un aro igual a 45 pulgadas, a 49 pulgadas y a 51 pulgadas.
- Categoría B: Neumáticos que tengan un aro igual a 45 pulgadas, a 49 pulgadas, a 51 pulgadas y aros iguales o mayores a 57 pulgadas.

f) Pilas:

Las pilas son fuente de energía eléctrica obtenida por transformación directa de energía química y constituida por uno o varios elementos primarios (no recargables). Presentan las siguientes categorías:

- Pila estándar: pila de peso inferior a 1 kg, diferente de las pilas botón, destinada a ser instalada en productos de gran consumo o profesionales.
- Pila botón: pila o acumulador, pequeño, portátil y de forma redonda, cuyo diámetro sea mayor que su altura, destinado a aparatos especiales, como audífonos, relojes, pequeños aparatos portátiles y dispositivos de reserva.
- Acumuladores: es un elemento secundario capaz de descargarse y volverse a recuperar mediante un cargador externo conectado a la red de corriente alterna.

Se deben implementar metas de recolección, tratamiento y reciclaje para cada producto prioritario, lo que será regulado e informado mediante la promulgación de Decretos Supremos. A la fecha, sólo se ha publicado en Diario Oficial el Decreto Supremo N° 8/2019 y N° 12/2020 del Ministerio del Medio Ambiente, que establecen obligaciones asociadas a Neumáticos y a los Envases y Embalajes respectivamente.

Las metas de recolección, tratamiento y reciclaje establecidas en el Decreto Supremo N° 8/2019 para los NFU se establecen según la categoría. El artículo 20 señala las metas para NFU de categoría A (tabla 1.2) y el artículo 21 para los NFU de categoría B (tabla 1.3).

Tabla 1.2: Metas de recolección, tratamiento y reciclaje para la categoría A de NFU (MMA, 2019).

CATEGORÍA A		
Año	Meta de recolección	Meta de valorización
Primer año calendario de vigencia	50%	25%
Segundo año calendario de vigencia	50%	30%
Tercer año calendario de vigencia	50%	35%
Cuarto año calendario de vigencia	80%	60%
Quinto año calendario de vigencia	80%	60%
Sexto año calendario de vigencia	80%	80%
Séptimo año calendario de vigencia	80%	80%
Octavo año calendario de vigencia	90%	90%

Tabla 1.3: Metas de recolección, tratamiento y reciclaje para la categoría B de NFU (MMA, 2019).

CATEGORÍA B	
Año	Meta de valorización
Primer año calendario de vigencia	25%
Quinto año calendario de vigencia	75%
Octavo año calendario de vigencia	100%

Para los envases y embalajes, las metas de la categoría domiciliario se establecen en el artículo 21 de Decreto Supremo N° 12/2019 como se muestra en la tabla 1.4, mientras que las metas de la categoría no domiciliarios se establecen en el artículo 23 mostradas en la tabla 1.5.

Tabla 1.4: Metas de recolección, tratamiento y reciclaje para los envases y embalajes de categoría domiciliario (MMA, 2020).

Año	Envases Domiciliarios				
	Cartón para líquidos	Metal	Papel y cartón	Plástico	Vidrio
Primer año	5 %	6 %	5 %	3 %	11 %
Segundo año	8 %	9 %	9 %	6 %	15 %
Tercer año	11 %	12 %	14 %	8 %	19 %
Cuarto año	15 %	15 %	18 %	11 %	22 %
Quinto año	19 %	17 %	23 %	14 %	26 %
Sexto año	23 %	21 %	28 %	17 %	31 %
Séptimo año	27 %	25 %	34 %	20 %	37 %
Octavo año	31 %	29 %	39 %	23 %	42 %
Noveno año	36 %	32 %	5 %	27 %	47 %
Décimo año	40 %	36 %	50 %	30 %	52 %
Undécimo año	50%	45 %	60 %	37 %	58 %
A contar del duodécimo año	60%	55 %	70 %	45 %	65 %

Tabla 1.5: Metas de recolección, tratamiento y reciclaje para los envases y embalajes de categoría no domiciliario (MMA,2020).

Año	Envases No Domiciliarios		
	Metal	Papel y cartón	Plástico
Primer año	23 %	48 %	13 %
Segundo año	32 %	54 %	19 %
Tercer año	42 %	60 %	25 %
Cuarto año	51 %	65 %	32 %
Quinto año	61 %	71 %	38 %
Sexto año	64 %	74 %	42 %
Séptimo año	66 %	78 %	46 %
Octavo año	68 %	81 %	51 %
A contar del noveno año	70 %	85 %	55 %

Los instrumentos para la gestión de residuos están asociados a la integración de aspectos ambientales a lo largo del ciclo de vida del producto con el fin de disminuir las externalidades ambientales. Estos son los siguientes (MMA, 2016):

- Ecodiseño
- Certificación, rotulación y etiquetado
- Sistemas de depósitos o reembolsos
- Mecanismos de separación en origen y recolección selectiva de residuos
- Mecanismos para asegurar manejo ambientalmente racional de residuos
- Mecanismos para prevenir la generación de residuos

Al mismo tiempo la ley involucra a los siguientes actores (MMA, 2016):

- Productor de Productos Prioritario (PPP): Persona que, independientemente de la técnica de comercialización:
 - a) Enajena un producto prioritario por primera vez en el mercado nacional.
 - b) Enajena bajo marca propia un producto prioritario adquirido de un tercero que no es el primer distribuidor.
 - c) Importa un producto prioritario para su propio uso profesional.

- Gestor: Persona natural o jurídica, pública o privada, que realiza cualquiera de las operaciones de manejo de residuos y que se encuentra autorizada y registrada en conformidad a la normativa vigente. Pueden ser gestores:
 - a) Empresas
 - b) Municipios: Desde los municipios se podrán celebrar convenios con sistemas de gestión y con recicladores de base. La Ley les permitirá pronunciarse sobre solicitudes de permiso para establecer la instalación y/u operación, de sitios de recepción y almacenamiento de productos. Además, tendrán la obligación de separar los residuos en origen, cuando así lo determine el Decreto Supremo. También, promoverán la educación ambiental sobre prevención y valorización, diseñarán e implementarán estrategias de comunicación, sensibilización y medidas de prevención
 - c) Recicladores de Base: Persona natural que, mediante el uso de la técnica artesanal y semi industrial, se dedica en forma directa y habitual a la recolección selectiva de residuos domiciliarios o asimilables y a la gestión de instalaciones de recepción y almacenamiento de tales residuos, incluyendo su clasificación y pretratamiento.
- Consumidor: Todo generador de un residuo de producto prioritario. Además, se considera como Consumidor Industrial, a todo establecimiento industrial, de acuerdo a la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, que genere residuos de un producto prioritario. Los consumidores industriales podrán valorizar por sí mismos o a través de gestores autorizados y registrados, los residuos de productos prioritarios que generen. En este caso, deberán informar al Ministerio, a través del Registro de Emisiones y Transferencias y Contaminantes, sobre la valorización efectuada.
- Distribuidor y comercializador: Toda persona natural o jurídica, distinta del productor, que comercializa un producto prioritario antes de su venta al consumidor.
- Sistema de gestión: Mecanismo instrumental para que los productores, individual o colectivamente, den cumplimiento a las obligaciones establecidas en el marco de la responsabilidad extendida del productor, a través de la implementación de un plan de gestión.

Estos actores tienen ciertas responsabilidades otorgadas por la Ley. Para el desarrollo de este proyecto de título, se toman en consideración las obligaciones de los consumidores establecidas en el artículo 34 de la misma Ley. Todo consumidor estará obligado a entregar el residuo de un producto prioritario al respectivo sistema de gestión, bajo las condiciones básicas establecidas por éstos e informadas a todos los involucrados. Sin perjuicio de lo anterior, los consumidores industriales podrán valorizar, por sí mismos o a través de gestores autorizados y registrados, los residuos de productos prioritarios que generen. En este caso, deberán informar al Ministerio, a través del Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC), sobre la valorización efectuada (MMA, 2016).

1.3.3 Permisos Generales

1.3.3.1 Permisos Ambientales Sectoriales

Los Permisos Ambientales Sectoriales (PAS) son aquellos que tienen un objeto de protección ambiental y son otorgados por la autoridad sectorial correspondiente para ejecutar determinada actividad económica. Dichos permisos pueden tener más de un objeto de protección y se otorgan durante el proceso de evaluación ambiental una vez que se obtiene la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) favorable (ATM, 2018).

El listado de los PAS se encuentra en los artículos 111 y siguientes del D.S. N° 40, de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (RSEIA).

1.3.3.2 Permisos Mixtos

Presentan contenidos ambientales y no ambientales por lo que deben ser sometidos a evaluación ambiental de acuerdo al D.S. N° 40, de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente y requieren tramitación posterior para la revisión y aprobación de la información no ambiental por parte del órgano de la administración del Estado con competencia ambiental.

1.3.3.3 Permisos Sectoriales

Son autorizaciones entregadas por un organismo del estado, sin ser sometido o evaluado ambientalmente el proyecto. Sin embargo, si tienen implicancia ambiental ya que requieren una RCA favorable.

1.3.4 Herramientas de Gestión Ambiental

1.3.4.1 Acuerdo de Producción Limpia

Los Acuerdos de Producción Limpia (APL) son un instrumento de gestión pública cuyo objetivo es aplicar la Producción Limpia a través de metas y acciones específicas en un plazo determinado para el logro de lo acordado. De acuerdo con la Ley 20.416 "se entenderá por Acuerdo de Producción Limpia el convenio celebrado entre un sector empresarial, empresas y él o los órganos de la Administración del Estado con competencia en materias ambientales, sanitarias, de higiene y seguridad laboral, uso de energía y de fomento productivo, a través de metas y acciones específicas" (Rona, 2019).

En el año 2003 se establecieron 4 Normas Chilenas Oficiales que establecen las directrices para el desarrollo, implementación y certificación del cumplimiento de Acuerdos de Producción Limpia, las que posteriormente fueron modificadas en el año 2009 (Leyton, 2017):

1. NCh2796.Of2009, Acuerdos de Producción Limpia (APL) - Vocabulario.
2. NCh2797.Of2009, Acuerdos de Producción Limpia (APL) - Especificaciones.
3. NCh2807.Of2009, Acuerdos de Producción Limpia (APL) - Diagnóstico, seguimiento, control, evaluación final y certificación de cumplimiento.
4. NCh2825.Of2009. Acuerdos de Producción Limpia (APL) - Requisitos para los auditores y procedimiento de la auditoría de evaluación de cumplimiento.

Algunos de los objetivos específicos que pueden incluirse en los APL son: uso eficiente de los recursos; selección de materias primas e insumos de menor impacto ambiental negativo; modificación del proceso productivo e incorporación de nuevas técnicas; cambio en las prácticas de operación; uso eficiente del agua y de la energía; valorización de los residuos, entre otros (Leyton, 2017).

1.3.4.2 Acuerdo de Producción Limpia (APL): Cero Residuos a Eliminación

En Chile en septiembre de 2018, ACCIÓN Empresas firmó un APL junto a la Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático, Ministerios del Medio Ambiente y Salud, y el Servicio Agrícola y Ganadero, al cual se adhirieron 47 empresas.

ACCIÓN Empresa define APL: Cero Residuos a Eliminación como una *“política y procedimientos de manejo de residuos que apunta a reducir progresivamente la necesidad de eliminarlos hasta llegar a cero, mediante la adopción de una serie de medidas en cada etapa del circuito de los materiales: desde que se producen hasta que se consumen y desechan”* (ACCIÓN Empresas, 2020).

Este concepto está en línea con la jerarquía en el manejo de residuos, que propone un orden de importancia de manejo, que considera como primera alternativa, la prevención en la generación de residuos, su reutilización, el reciclaje de estos o de uno o más de sus componentes y la valorización energética total o parcial de éstos, dejando como última alternativa, su eliminación, acorde al desarrollo de instrumentos legales, reglamentarios y económicos pertinentes (MMA, 2016).

Son seis las grandes metas con que APL: Cero Residuos a Eliminación desafía a las empresas con acciones, medios de verificación y plazos (ACCIÓN Empresas, 2020):

- **Meta 1:** Contar con un compromiso corporativo para lograr cero residuos a eliminación.
- **Meta 2:** Diagnosticar su gestión de residuos sólidos.
- **Meta 3:** Implementar un plan de gestión de residuos para avanzar hacia cero residuos a eliminación
- **Meta 4:** Diseñar y difundir una guía de cero residuos a eliminación.
- **Meta 5:** Participar con sus instalaciones adheridas en el programa piloto del sello cero residuos a relleno sanitario del Ministerio de Medio Ambiente.
- **Meta 6:** Implementar en sus instalaciones los indicadores claves de sostenibilidad.

Cada una de las metas conlleva dos o más acciones y medios de verificación con el fin de orientar a las empresas en su puesta en marcha, además de presentar plazos definidos para su ejecución.

El Acuerdo, contempla todas las etapas del Acuerdo de Producción Limpia, incluida las auditorías de seguimiento y control del estado de avance de la metas y acciones establecidas en el APL y que le son aplicables, a realizarse en los meses ocho y dieciséis contados desde la fecha de término del periodo de adhesión.

En cuanto al avance en la implementación de la Acciones por parte de las empresas suscritas en el APL: Cero Residuos a Eliminación, este corresponde a un 53%, según la información recopilada por ACCIÓN Empresas a partir de los resultados generales de la Auditoria de Seguimiento y Control N°1 realizada al octavo mes de iniciado el APL, en donde participaron el 100% de las empresas adheridas (ACCIÓN Empresas, 2020).

1.3.4.3 Herramientas de Fomento

- Fondo para el Reciclaje: es un instrumento del Ministerio del Medio Ambiente, que nace como un mecanismo de apoyo a la Responsabilidad Extendida del Productor y busca promover hábitos más sustentables en el manejo de residuos, instalar conocimiento técnico y contar con infraestructura apta para la separación y reciclaje. El Fondo está destinado a Municipalidades y Asociaciones de Municipalidades (MMA, 2019).
- Impuesto Verde: es un instrumento económico que genera incentivos para que los agentes productivos internalicen las externalidades negativas de sus procesos y mejoren las condiciones ambientales al menor costo posible. Además, promueven la innovación tecnológica y el mejoramiento de procesos para la reducción de la contaminación. En definitiva, constituyen el instrumento central para una estrategia de crecimiento verde que promueve nuevos patrones de consumo y producción sustentables (Pizarro, 2018).
- Beneficios Tributarios: son un grupo de medidas que reducen la carga tributaria a aquellas corporaciones que donen fondos destinados al cuidado, investigación, desarrollo y educación del medio ambiente. Pueden darse en la forma de créditos, exoneraciones, exenciones, reducciones de tasas, devoluciones, entre otros (Barbosa et al., 2005).
- Bonos Verdes: herramienta para canalizar inversiones hacia activos verdes, contribuir un mayor desarrollo financiero y promover una innovación financiera nacional que respalde la trayectoria hacia el desarrollo sostenible del país, baja en emisiones de carbono, y con una fuerte capacidad de resiliencia al cambio climático (MinHacienda, 2019).

1.4 Compañía Minera del Pacífico S.A.

Compañía Minera del Pacífico S.A. (CMP) se crea en 1981 como consecuencia de una nueva estructuración orgánica de la Compañía de Acero del Pacífico S.A., actualmente CAP S.A., transformándose ésta en Sociedad Anónima de Inversiones y radicando su actividad productiva y de servicios en empresas subsidiarias con independencia operativa y responsabilidad de gestión (CMP, 2019).

CMP es el principal productor de minerales de hierro y pellets en la costa americana del Pacífico. Posee operaciones en las regiones de Atacama (Valle del Huasco y Valle de Copiapó) y Coquimbo (Valle del Elqui). En el Valle del Huasco las operaciones son: Planta de Pellets, Puerto Guacolda II, Mina Los Colorados y Minas El Algarrobo, que se encuentran próximas a las ciudades de Vallenar y Huasco, mientras que en el Valle de Copiapó las operaciones Planta de Magnetita, Puerto Punta Totalillo y Mina Cerro Negro Norte están cercanas a las ciudades de Tierra Amarilla, Caldera y Copiapó. Cabe destacar que Minas El Algarrobo en Valle del Huasco no se encuentra operativa.

El total de producción y compras de la Compañía en el año 2020 fue de 14 millones 968 mil toneladas métricas, de las cuales 6 millones 7 mil toneladas métricas de producción corresponden al Valle del Copiapó, 5 millones 847 mil toneladas métricas de producción al Valle del Huasco y 2 millones 800 mil toneladas métricas corresponden a producción del Valle del Elqui. Durante el año 2020 se realizaron compras de *sinter feed* (materia prima de sinterización) a terceros por 313 mil toneladas métricas (CMP,2020).

CMP está organizado estructuralmente de la forma que se detalla en la Figura 1.5.

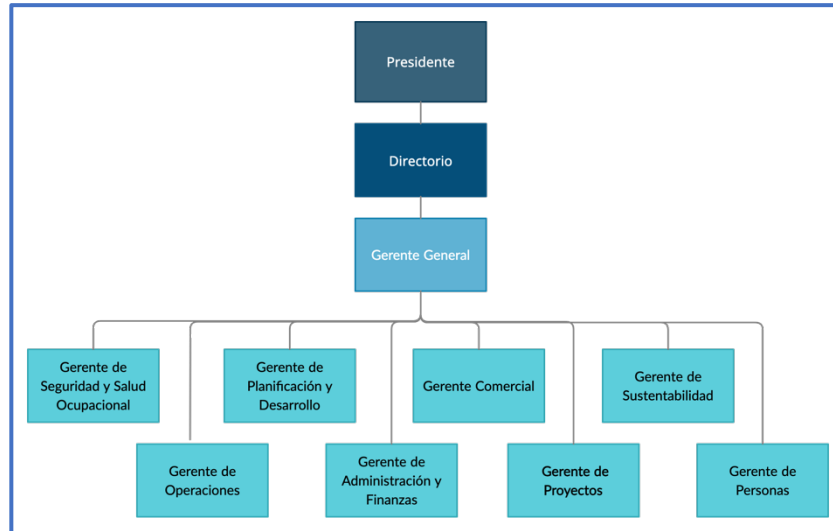


Figura 1.5: Organigrama General (CMP, 2020).

1.4.1 Modelo operativo: Gestión de Riesgo en los Procesos

Durante el año 2020, CMP reorganizó su estructura organizacional en base a la Gestión de Riesgo en los Procesos (GRP), modelo operacional y de negocios de la Compañía y por ende, la forma de trabajar de CMP.

La GRP busca reducir la variabilidad o accidentabilidad en los procesos, la gestión de activos y las personas, mediante la identificación y control de riesgos, la verificación de éstos para minimizar o eliminar la ocurrencia de incidentes y accidentes, propiciando un ambiente de mejora continua y aprendizaje organizacional. Su alcance es a toda la cadena de valor y busca cautelar la integridad de todas las personas en su rol en los procesos, así como asegurar el modelo de negocio productivo que permita la sustentabilidad de CMP.

La GRP cuenta con una cadena de valor definida en las etapas sucesivas (Figura 1.6):

1. Mapa de proceso: es la identificación del proceso, a través de su mapeo, identificación de actividades y tareas de éste.
2. Matriz de riesgos: identifica los peligros y evalúa los riesgos de las actividades a lo largo de la cadena de valor que puedan afectar a personas, procesos, activos y medio ambiente.
3. Mitigación y control: es la formalización de controles necesarios para minimizar los riesgos del proceso identificados previamente. Deben ser definidos por los dueños del proceso.

4. **Ejecución:** ejecución las tareas definidas en cada mapa de proceso (caja 1), asegurando control de los riesgos previamente identificados (cajas 2 y 3), contribuyendo a la reducción de la variabilidad en el proceso.
5. **Verificación:** es la verificación de la ejecución de actividades definidas y donde se ejercen los controles respectivos a través de la Verificación y Autorización de trabajo (VAT) y la Verificación y Control en terreno (VCT), herramientas de control del GRP.
6. **Aprendizaje:** Esta es la instancia de aprendizaje en la aplicación de la GRP, de acuerdo con la identificación de causas de las variabilidades de los procesos.



Figura 1.6: Modelo Gestión de Riesgo en los Procesos (CMP, 2020).

1.4.2 Sitios de operaciones en Valle del Huasco

El proceso operativo de Valle del Huasco se resume en la explotación del yacimiento a rajo abierto de la Mina Los Colorados, donde se realizan actividades de producción de Preconcentrado de Hierro y carguío al ferrocarril. Este Preconcentrado es transportado mediante un tren que recorre una línea férrea en un trazado de 109 kilómetros de longitud, llegando finalmente a Planta de Pellets, donde se realizan distintos procesos asociados al producto final a obtener *Pellet Feed*, *Pellet*, Granzas y Fino. Posteriormente son embarcados y transportados para su comercialización en Puerto Guacolda II, siendo el mercado Chino y el Japonés los de mayor importancia, seguidos por Corea del Sur, Indonesia y Malasia.

1.4.2.1 Mina Los Colorados

Los primeros procesos productivos de la Compañía Minera del Pacífico S.A. en el Valle del Huasco se realizan en Mina Los Colorados, la cual se encuentra aproximadamente a 30 kilómetros al noroeste de Vallenar, en la comuna de Huasco. Su principal objetivo es abastecer de preconcentrado de hierro y *Sinter Feed* a Planta de Pellets, ubicada en Huasco y a la Planta Magnetita, en Tierra Amarilla.

Al año, cuenta con un movimiento total de 84 millones de toneladas, de las cuales 10.400.000 corresponden a mineral de hierro. Se explota a rajo abierto con bancos de 15 metros de altura y actualmente está en su sexta fase de explotación.

Para obtener preconcentrados de hierro en Mina Los Colorados, se realizan actividades de Perforación y tronadura, Planta de Beneficio y Planta de Rechazos.

1.4.2.2 Planta de Pellets

Planta de Pellets es pionera en la producción de *pellets* en Chile y está localizada a 5 kilómetros del puerto de Huasco. Su puesta en marcha fue a fines de 1978, con una capacidad nominal de 3,5 millones de toneladas anuales de *pellets* producto.

Como se mencionó anteriormente, el mineral alimentado al proceso proviene desde Minas Los Colorados, producto denominado preconcentrado. En Planta de Pellets es almacenado y homogeneizado en las canchas de recepción. Desde aquí, son enviados de manera selectiva a los procesos de molienda y concentración magnética vía húmeda, con el propósito de reducir las partículas a una granulometría apta para eliminar impurezas y obtener una superficie específica adecuada para la peletización.

El concentrado magnético es filtrado y posteriormente mezclado con aditivos que actúan como aglomerantes en el proceso de peletización y escorificante en la etapa posterior de endurecimiento térmico, para finalmente ser peletizados en discos.

Desde la partida de la planta, continuas mejoras en todo el proceso han permitido incrementar la producción, disminuir los consumos específicos y diversificar los productos, alcanzando una elaboración anual de 4 millones de toneladas de Pellets para altos hornos y reducción directa, y más de un millón de toneladas de *Pellet Feed*.

1.4.2.3 Puerto Guacolda II

El Puerto Guacolda II está próximo a Planta de Pellets, al sur de la Bahía de Santa Bárbara, 4 km al sur de Puerto Huasco. Las instalaciones, operativas desde el año 1978, pueden recibir naves desde 20 mil toneladas métricas (TM) a 260.000, con un ritmo de embarque de 60 mil TM diarias de Pellets producto y 35 mil TM diarias de *Pellet Feed*.

Las maniobras de operación se pueden realizar de día y de noche. El récord anual de embarque se logró el año 2012, con un total de 6.711.933 TM de productos.

1.4.3 Responsabilidad Ambiental

1.4.3.1 Visión

CMP declara tener por visión organizacional: ***“Ser un líder en calidad y servicios al cliente en minería, su cadena de valor y en emprendimientos relacionados, para aportar significativamente al crecimiento y desarrollo sustentable de Chile y los países en los que opera”***.

1.4.3.2 Misión

Su misión es: ***“Desarrollar negocios basándose en las fortalezas e infraestructura, y las oportunidades del mercado, así como en la capacidad de adecuación oportuna a los cambios tecnológicos y de generación de innovaciones estratégicas del capital humano, asegurando proyección de largo plazo y aportando valor sostenible a los grupos de interés internos y externos”***.

1.4.3.3 Certificaciones

Con el fin de garantizar una gestión ambiental alineada con las mejores prácticas y estándares internacionales, durante los últimos años las distintas operaciones de CMP se han certificado con los sistemas y normas ambientales más exigentes. Mina Los Colorados está certificada las normas internacionales ISO 14.001/2015 de Gestión Ambiental de Calidad e ISO 50.001/2011 de Sistemas de Gestión de la Energía.

Planta de Pellets está certificada de acuerdo con las normas internacionales ISO 9.001, ISO 14.001, OHSAS 18.001 e ISO 50.001, lo que lleva a la empresa a un mejoramiento continuo en materias de calidad, medioambiente y de seguridad.

1.4.3.4 Política Ambiental

La gestión ambiental de CMP es un aspecto importante de la excelencia operativa de su Ciclo de Gestión de Riesgos. Por ello, la Política Ambiental de CMP vela por la calidad del ambiente en que sus trabajadores se desempeñan, proteger los ecosistemas en que sus operaciones están insertas y dar pleno cumplimiento a la legislación ambiental vigente.

Para el logro de este propósito CMP:

- Mantendrá procedimientos integrados de administración y planificación ambiental.
- Buscará perfeccionar su actividad productiva en el marco de un mejoramiento continuo y evaluará previamente los impactos ambientales asociados a sus actividades de desarrollo y de cierre de operaciones.
- Prevedrá la polución, reduciendo los residuos y el consumo de recursos materiales, combustibles y energía.
- Desarrollará programas de capacitación y entrenamiento para sus trabajadores en salud ocupacional, prevención de riesgos, materias laborales específicas y medio ambiente.
- Contribuirá al desarrollo de programas tendientes a difundir su experiencia adecuada a las comunidades en el entorno de sus operaciones.
- Mantendrá planes de contingencia.
- Promoverá la utilización de sistemas de gestión ambiental en empresas relacionadas y entre sus proveedores y clientes.

1.4.3.5 Monitoreo y control del cumplimiento de instrumentos de gestión ambiental

- Plan de Cumplimiento Integral de Obligaciones Ambientales (PCIOA)

Compañía Minera del Pacífico Valle del Huasco cuenta con diez resoluciones ambientales.

- Mina Los Colorados:

1. RCA 04/1997- EIA Los Colorados Este
2. RCA 246/2010- EIA Ampliación y Mejoras Operacionales en Mina Los Colorados
3. RCA 03/2011- DIA Recuperación de Mineral de Hierro Contenido en Rechazos de la Planta de Beneficios Los Colorados
4. RCA 21/2012- DIA Ampliación Subestación Eléctrica Los Colorados
5. RCA 75/2017- DIA Optimización en almacenamiento y suministro de combustible en Mina Los Colorados

- Planta de Pellets y Puerto Guacolda II:

1. RCA 35/2001- DIA Mejoramiento Tecnológico para la Producción de Concentrado de Minerales de Hierro
2. RCA 215/2010- EIA Ampliación y Mejoras Operacionales en Planta de Pellets
3. RCA 20/2021- DIA Ampliación Subestación Eléctrica (S/E) Planta de Pellets
4. RCA 104/2018- DIA Sistema de Control de Emisiones Planta de Pellets de Huasco
5. RCA 120/2019- DIA Cese de la descarga de Relaves en Ensenada Chapaco

- Gestión Operacional

Se consideran las emisiones, calidad de aire y residuos. Por parte de las emisiones, se controla la emisión de NO_x, SO₂ y de material particulado (MP).

Cabe destacar que el 2017 entró en vigencia el Plan de Prevención de Contaminación Atmosférica para la localidad de Huasco (PPCAH) y las zonas circundantes, lo que incluyó a la Planta de Pellets y, en menor medida, a la Mina Los Colorados. Por ello es que la calidad del aire y las medidas de mitigación de emisiones fueron parte del Plan de Cumplimiento (PdC) que CMP propuso a la autoridad en 2018. El Plan de Prevención incluye el control de emisiones de material particulado de actividades sin y con combustión, es decir, chimeneas.

2 Problemática

La Compañía Minera del Pacífico S.A. genera distintos tipos de residuos producto de su proceso productivo, los cuales son susceptibles de ingresar en distintas herramientas de gestión, una de ellas es la ley 20.920 de Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje. Sin embargo, en este momento CMP no está realizando actividades trazables que le permitan demostrar que da cumplimiento a sus compromisos establecidos, tal como declara en su política ambiental con respecto al mejoramiento continuo, reducción de residuos y del consumo de materias primas, insumos, combustible y energía, promoviendo la utilización de sistemas de gestión ambiental, entre otros.

Por lo anterior, este proyecto de título busca realizar una propuesta para asegurar el cumplimiento de la Ley 20.920 bajo el marco de Gestión de Riesgo en los Procesos en Compañía Minera del Pacífico S.A. Valle del Huasco desarrolla.

3 Objetivos

3.1 Objetivo General

Diseñar un Plan de Manejo de Residuos bajo el marco de Gestión de Riesgo en los Procesos en Compañía Minera del Pacífico S.A. Valle del Huasco en base a la Ley 20.920.

3.2 Objetivos Específicos

- Cuantificar los residuos generados en Compañía Minera del Pacífico S.A. Valle del Huasco.
- Identificar alternativas de valorización para los residuos priorizados generados en Compañía Minera del Pacífico S.A. Valle del Huasco.
- Recomendar una alternativa de valorización en base a una evaluación técnica, económica y legal.
- Adaptar la alternativa de valorización a los requerimientos establecidos por CMP bajo el marco GRP.

4 Metodología

El desarrollo del presente proyecto de título se llevó a cabo a través de un levantamiento de información mediante investigación bibliográfica e información obtenida por parte de la Compañía Minera del Pacífico S.A.. Aquellos datos posteriormente se analizaron y/o evaluaron con el fin principal de elaborar un plan de manejo de residuos en el marco GRP en CMP.

Con el fin de cumplir con los objetivos, las acciones se realizaron en las siguientes etapas: (I) Generación de residuos, (II) Identificación de alternativas de valorización para los residuos priorizados, (III) Evaluación técnica, económica y legal de las alternativas y (IV) Adaptación de alternativa de valorización a los requerimientos establecidos por CMP bajo el marco GRP.

4.1 Generación de residuos

Para lograr el primer objetivo específico se solicitó información a los dueños de procesos dentro de CMP Valle del Huasco. Primero se identificaron los tipos de residuos que se generan en cada sitio de operación de CMP Valle del Huasco, así como también su centro generador, cuantificación y disposición final. Esta información se detalló en un formato de tabla como se muestra a continuación (figura 4.1):

	RESIDUO	CENTRO GENERADOR	CARACTERÍSTICA	GENERACIÓN ANUAL	DIPOSICIÓN FINAL
MINA LOS COLORADOS					
PLANTA PELLET					

Figura 4.1: Formato de Tabla de Generación de residuo por CMP VH.

La definición de cada columna de la figura 4.1, es la siguiente:

- Residuo: cada una de las sustancias desechadas y declaradas en SINADER por la Compañía.
- Centro Generador: proceso que es fuente generadora de algún tipo de residuo.
- Característica: tipo de clasificación correspondiente.
- Generación anual: cantidad generada en un año en unidad de toneladas.
- Disposición Final: destino final que se somete el residuo a terminar su vida útil para CMP.

4.2 Identificación de alternativas de valorización para los residuos priorizados

La metodología que se utilizó para identificar el o los residuos de productos prioritarios fue mediante el uso de un algoritmo como se muestra en la Figura 4.2.

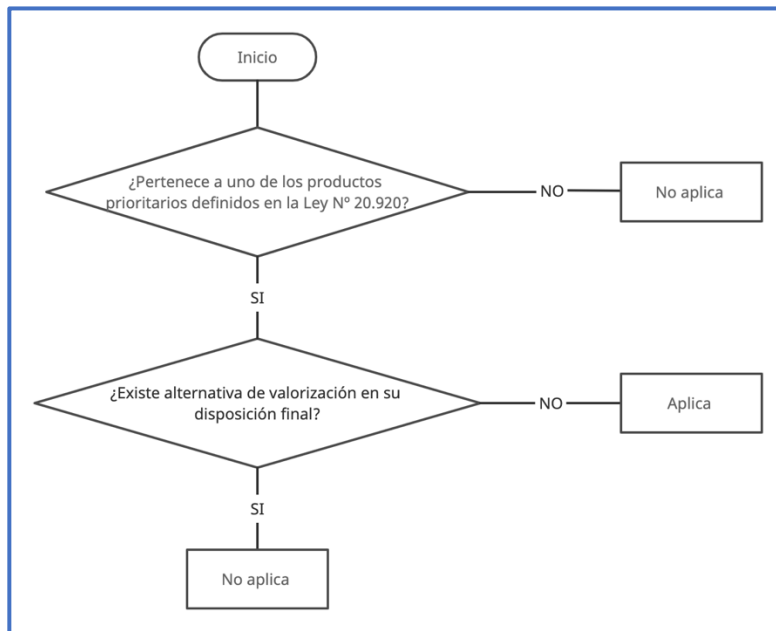


Figura 4.2: Algoritmo de selección de residuo a valorizar.

En el algoritmo presentado en la figura 4.2, se evaluaron todos los residuos cuantificados en el punto anterior. Éstos ingresaron al primer dato de entrada el cual tomó la decisión si pertenecen o no a uno de los productos prioritarios establecidos en la Ley 20.920, neumáticos, envases y embalajes, aparatos electrónicos y eléctricos, aceites lubricantes, pilas y baterías.

En el siguiente dato de entrada se preguntó si existe alternativa de valorización cuando dicho residuo es enviado a disposición final. El o los residuos que actualmente no se estén valorizando, serán los seleccionados.

Ambos resultados se presentaron en formato tabla como se muestra en la figura 4.3.

	PRODUCTO PRIORITARIO	RESIDUO	DIPOSICIÓN FINAL	ALTERNATIVA DE VALORIZACIÓN
MINA LOS COLORADOS	Aceite y Lubricantes			
	Baterías			
	Pilas			
	Aparatos eléctricos y electrónicos			
	Envases y embalajes			
	Neumáticos fuera de uso			
PLANTA DE PELLETS + PUERTO GUACOLDA II	Aceite y Lubricantes			
	Baterías			
	Pilas			
	Aparatos eléctricos y electrónicos			
	Envases y embalajes			
	Neumáticos fuera de uso			

Figura 4.3: Formato tabla de residuos de productos prioritarios que genera CMP VH y su disposición final.

La definición de cada columna es la siguiente:

- Producto Prioritario: productos a valorizar establecidos en la Ley 20.920.
- Residuo: cada una de las sustancias desechadas y declaradas en SINADER por la Compañía provenientes de los productos prioritarios.
- Disposición Final: destino final que se somete el residuo a terminar su vida útil para CMP.
- Alternativa de Valorización: se señala si en la disposición final del residuo presenta valorización o no.

Posteriormente los residuos que no están presentando algún tipo de valorización en su disposición final, se realizó una búsqueda bibliográfica de alternativas de procesamiento que permita

valorizarlos, considerando experiencias anteriores donde se hayan ejecutado proyectos con dicha alternativa.

4.3 Evaluación técnica, económica y legal de las alternativas

A partir del punto anterior, se determinaron los residuos de productos prioritarios que actualmente presentan o no alternativa de valorización al ser enviados a disposición final y su respectivo gasto. El gasto total que incurre actualmente CMP VH en disponer sus residuos fue calculado a partir de la información entregada por el dueño del proceso, la cual consistió en la frecuencia de retiro, gasto de transporte y gasto de disposición final de los residuos los cuales varían dependiendo del tipo de residuo.

Luego para los residuos que no presentan alternativa de valorización en su disposición final, se propusieron empresas que cuentan con dicha alternativa y así mejorar la gestión de los residuos. Estas empresas se evaluaron de manera técnica, económica y legal. La evaluación técnica incluyó los siguientes tópicos:

- Tipo de servicio: la alternativa debe valorizar los tipos de residuos objetivos de este proyecto de título.
- Ubicación geográfica: la alternativa debe estar disponible o cercana a las operaciones de CMP VH.
- Disponibilidad de servicio: personal capacitado para realizar dicho servicio. Además contar con un servicio técnico.

Las alternativas evaluadas no pueden ser consideradas como un proyecto de inversión que generará recursos y eventualmente podrá representar una ganancia económica para la Compañía, por lo que la evaluación económica se limitó a una estimación de gastos incurridos por CMP VH en cuanto a la disposición final de los residuos de productos prioritarios con las alternativas mejoradas usando como periodo 1 año y valorizado en unidades de fomento.

En cuanto a la evaluación legal, la alternativa debe cumplir con la Ley REP, es decir, debe ser un gestor autorizado para valorizar el residuo que corresponda.

Como se mencionó anteriormente, la Ley 20.920 establece que la responsabilidad de un consumidor industrial es entregar sus residuos a un gestor autorizado o bien valorizarlos por sí mismos. Es por esto que se evaluó un escenario en que CMP valore sus residuos, específicamente los neumáticos fuera de uso a través del tratamiento térmico de combustión con el objetivo de producir energía eléctrica. Esta alternativa se diseñó conceptualmente con el fin de crear un diagrama de flujo con las principales entradas y salidas de la planta.

Posteriormente se realizó el balance de masa y de energía para conocer la cantidad de energía eléctrica que es posible generar a través de la combustión del caucho de neumáticos que entren en el proceso.

Para la evaluación económica se consideró la estimación total de inversión y costos de operación donde fue necesario considerar y determinar los equipos principales involucrados en el tratamiento mecánico, tratamiento térmico y generación de energía. Para esto se realizó una cotización de los equipos principales a través de páginas web de proveedores. El costo total de estos equipos se tomó como base para la estimación total de inversión y costos de operación utilizando el costo en porcentaje según el costo de compra de los equipos extraídos del libro *Diseño y economía de plantas para ingenieros químicos* (Peters et al., 2003).

Adicionalmente se realizó un flujo de caja para evaluar la disposición final de los neumáticos con dos escenarios con un horizonte de 15 años. Un escenario donde CMP externaliza la disposición de los neumáticos indicando su costo y el costo por suministro de energía y el otro escenario, donde CMP valoriza por sí mismo los neumáticos incluyendo el costo de capital fijo directo, indirecto y capital de trabajo además del consumo de energía. Este último se considera como el costo de energía menos la energía generada por el proceso de valorización. Finalmente se empleará el índice económico de Valor Actual Neto (VAN) para comparar ambos escenarios.

4.4 Adaptación de la alternativa de valorización bajo el marco GRP.

La alternativa de mejora en base a la Ley 20.920 se ajustó al marco de Gestión de Riesgos en los Procesos que rige CMP, por lo que se describieron cada una de las cajas de GRP en base a la alternativa.

- Caja 1 Mapa de Proceso: se identificó el proceso a través del mapa de proceso de CMP junto a sus actividades y tareas del mismo.
- Caja 2 Matriz de Riesgo: se identificaron los peligros y evaluaron los riesgos asociados al proceso que puedan afectar a las personas, procesos, activos y medio ambiente.
- Caja 3 Mitigación y Control: se señalaron los controles necesarios para minimizar los riesgos del proceso identificados previamente (caja 2).
- Caja 4 Ejecución: se señaló la ejecución de la alternativa de mejora, asegurando control de los riesgos previamente identificados (caja 2 y 3), contribuyendo a la reducción de la variabilidad en el proceso.
- Caja 5 Verificación: se determinaron acciones que debe aplicar la operación para verificar su correcta aplicación de controles y medidas dispuestas.
- Caja 6 Aprendizaje: se determinó que se debe considerar cuando la alternativa de mejora tenga una desviación en su procedimiento.

5 Resultados

5.1 Generación de residuos

Los residuos generados por la Compañía Minera del Pacífico en Valle del Huasco son productos de sus operaciones en Mina Los Colorados, Planta de Pellets y Puerto Guacolda II. Planta de Pellets maneja los residuos generados por ésta misma más los de Puerto Guacolda II. Los tipos de residuos generados son domésticos, peligrosos y no peligrosos. Estos últimos presentan un mayor porcentaje de generación con un 71%, seguido por residuos peligrosos con un 22% y por último los residuos domésticos con un 7%.

Tabla 5.1. Generación de residuos por categoría en CMP valle del Huasco año 2020.

	MINA LOS COLORADOS	PLANTA DE PELLETS	TOTAL CMP VH
	toneladas/añual	toneladas/añual	toneladas/añual
RESIDUOS DOMÉSTICOS	77,4	226,4	303,8
RESIDUOS PELIGROSOS	837,3	142,2	979,5
RESIDUOS NO PELIGROSOS	1.084,0	1.993,3	3.077,3
TOTAL	1.998,7	2.362,5	4.360,6

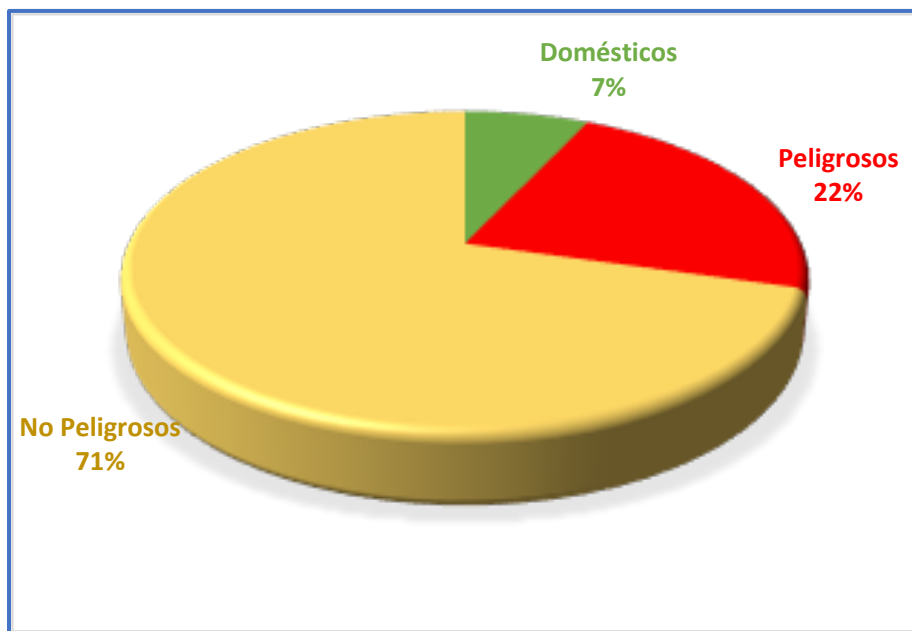


Figura 5.1: Generación de residuos por categoría en CMP Valle del Huasco año 2020.

5.1.1 Identificación, caracterización y cuantificación de los residuos.

Tabla 5.2: Clasificación y cuantificación de los residuos sólidos generados en CMP Valle del Huasco.

	RESIDUO	CENTRO GENERADOR	CARACTERÍSTICA	GENERACIÓN ANUAL	DISPOSICIÓN FINAL
MINA LOS COLORADOS	Aceites usados	Planta de beneficio / taller mantenimiento mina / mina	Industrial peligroso	615,00 t	Inacal de Copiapó
	Sólidos contaminados con hidrocarburos	Planta de beneficio / taller mantenimiento mina / mina	Industrial peligroso	200,00 t	Confinor de Copiapó
	Baterías, pilas	Equipos Móviles	Industrial peligroso	8,92 t	Solenor de Copiapó
	Tubos Fluorescentes y ampollitas	Planta de beneficio / taller mantenimiento mina / mina	Industrial peligroso	1,36 t	Confinor de Copiapó
	Envases de pinturas y solventes	Planta de beneficio / taller mantenimiento mina	Industrial peligroso	0,85 t	Confinor de Copiapó
	Residuos líquidos peligrosos de laboratorio químico	Laboratorio químico	Industrial peligroso	25.058 l	Solenor de Copiapó
	Sólidos contaminados de laboratorio químico	Laboratorio químico	Industrial peligroso	1,00 t	Confinor de Copiapó
	Cartuchos de tinta y tóner	Unidades Administrativas	Industrial peligroso	0,10 t	Confinor de Copiapó
	Chatarras	Planta de beneficio / taller mantenimiento mina / mina	Industrial no peligroso	245,78 t	Confinor de Copiapó
	Gomas	Planta de beneficio / taller mantenimiento mina / mina	Industrial no peligroso	70,00 t	CAP Huachipato
	Maderas	Proceso en general	Industrial no peligroso	117,12 t	Relleno Sanitario de Copiapó
	Filtros de aire	Planta de beneficio / taller mantenimiento mina / mina	Industrial no peligroso	29,38 t	Relleno Sanitario de Copiapó
	Correas Transportadoras	Planta de beneficio	Industrial no peligroso	220,00 t	No identificado
	Cables	Planta de beneficio / taller mantenimiento mina / mina	Industrial no peligroso	2,26 t	CMP
	Neumáticos	Planta de beneficio / taller mantenimiento mina / mina	Industrial no peligroso	156,00 t	PolAmbiente de Santiago
	Escombros	Planta de beneficio / oficinas generales / taller mantenimiento mina	Industrial no peligroso	1,63 t	Relleno Sanitario de Vallenar
	Cartones	Planta de beneficio / taller mantenimiento mina / mina / bodega	Industrial no peligroso	22,26 t	Relleno Sanitario de Vallenar
Plásticos	Planta de beneficio / taller mantenimiento mina / mina / bodega	Industrial no peligroso	8,00 t	Relleno Sanitario de Vallenar	
Vidrios	Proceso en general	Industrial no peligroso	0,72 t	Relleno Sanitario de Vallenar	
Domésticos	Proceso en general	Domésticos	77,38 t	Relleno Sanitario de Vallenar	

Tabla 5.3: Clasificación y cuantificación de los residuos sólidos generados en CMP Valle del Huasco, continuación.

	RESIDUO	CENTRO GENERADOR	CARACTERÍSTICA	GENERACIÓN ANUAL	DISPOSICIÓN FINAL
PLANTA DE PELLETS + PUERTO GUACOLDA II	Trapos y huaipes contaminados	Proceso en general	Industrial peligroso	37,16 t	Confinor de Copiapó
	Pintura, diluyente, aerosol, etc.	Empresas contratistas	Industrial peligroso	4,51 t	Confinor de Copiapó
	Telas contaminadas	Área de Filtrado	Industrial peligroso	7,52 t	CERENOR/Confinor de Copiapó
	Grasas usadas	Proceso en general	Industrial peligroso	8,58 t	CERENOR/Confinor de Copiapó
	Filtros de aceites usados	Proceso en general	Industrial peligroso	3,20 t	CERENOR/Confinor de Copiapó
	Suelos contaminados	Proceso en general	Industrial peligroso	149,25 t	CERENOR/Confinor de Copiapó
	Aceites en Desuso	Proceso en general	Industrial peligroso	36,93 t	INACAL S.A.
	Bidones y Envases contaminados	Proceso en general	Industrial peligroso	20,00 t	Confinor de Copiapó
	Tambores vacíos de grasas y lubricantes	Mantenimiento mecánico / Mantenimiento eléctrico	Industrial peligroso	3,56 t	CERENOR/Confinor de Copiapó/Sodexo Fábrica Huasco
	Baterías de plomo y ácido	Equipos Móviles	Industrial peligroso	0,60 t	Confinor de Copiapó
	Tubos fluorescentes y ampollitas	Mantenimiento eléctrico	Industrial peligroso	0,35 t	Confinor de Copiapó
	Toner y cartridge	Unidades Administrativas	Industrial peligroso	0,03 t	Confinor de Copiapó
	Chatarras	Proceso en general	Industrial no peligroso	1.807,27 t	Di-Severino/Reciclaje Rem SPA
	Chatarra eléctrica	Unidades de mantenimiento	Industrial no peligroso	36,67 t	Confinor de Copiapó
	Chatarra con Gomas	Molienda	Industrial no peligroso	78,76 t	Di-Severino/Reciclaje Rem SPA
	Maderas	Proceso en general	Industrial no peligroso	302,70 t	Relleno sanitario caldera
	Neumáticos	Proceso en general	Industrial no peligroso	3,12 t	Por Definir
	Gomas	Proceso de vulcanizado	Industrial no peligroso	63,10 t	Relleno sanitario Caldera
	Fibra de vidrio	Proceso en general	Industrial no peligroso	2,03 t	Relleno sanitario Caldera
	Vidrios	Proceso en general	Industrial no peligroso	1,88 t	Relleno sanitario Caldera
Escombros	Proceso en general	Industrial no peligroso	1.405,80 t	Escombrera Millaguen	
Latas	Proceso en general	Industrial no peligroso	40,46 t	CSH/Reciclaje Rem SPA	
Plásticos	Proceso en general	Industrial no peligroso	38,93 t	Punto limpio Huasco	
Domésticos	Proceso en general	Doméstico	226,37 t	Relleno Sanitario Vallenar	

5.2 Selección de residuo(s) a valorizar y búsqueda de alternativa para su procesamiento según los requerimientos de la Ley 20.920

A partir del listado de residuos generados por la Compañía señalados en las tablas 5.2 y 5.3 y como resultado del algoritmo, se agruparon los residuos de cada uno de los productos prioritarios, tal como se muestra en la tabla 5.4, lo cuales deben ser gestionados de acuerdo a la Ley 20.920.

Tabla 5.4: Residuos de productos prioritarios que genera CMP VH y su disposición final.

	PRODUCTO PRIORITARIO	RESIDUO	DISPOSICIÓN FINAL	ALTERNATIVA DE VALORIZACIÓN
MINA LOS COLORADOS	Aceite y Lubricantes	Aceites en Desuso	Inacal de Copiapó	Si, el aceite es utilizado por Inacal como combustible sustituto de Diésel.
	Baterías	Baterías, pilas	Solonor de Copiapó	Si, Solonor contiene una planta de reciclaje de plomo.
	Pilas			
	Aparatos eléctricos y electrónicos	Tubos Fluorescentes y ampollitas	Confinor de Copiapó	Si, Confinor contiene una planta de reciclaje donde se recuperan los componentes, a partir del desmantelamiento de artefactos, desechos, residuos o de componentes eléctricos y electrónicos.
		Cartuchos de tinta y tóner	Confinor de Copiapó	Si, Confinor contiene una planta de reciclaje donde se recuperan los componentes, a partir del desmantelamiento de artefactos, desechos, residuos o de componentes eléctricos y electrónicos.
		Cables	CSH	Si, fundición en CAP Huachipato
	Envases y embalajes	Envases de pinturas y solventes	Confinor de Copiapó	Si, Confinor contiene una planta de reciclaje donde se recuperan los componentes, a partir del desmantelamiento de artefactos, desechos, residuos o de componentes eléctricos y electrónicos.
		Maderas	Relleno Sanitario de Vallenar	No
		Cartones	Relleno Sanitario de Vallenar	No
		Plásticos	Relleno Sanitario de Vallenar	No
Vidrio		Relleno Sanitario de Vallenar	No	
Neumáticos fuera de uso	Neumáticos	Por Definir	No	
PLANTA DE PELLETS + PUERTO GUACOLDA II	Aceite y Lubricantes	Aceites en Desuso	Inacal S.A.	Si, el aceite es utilizado por Inacal como combustible alternativo.
	Baterías	Baterías de plomo y ácido	Confinor de Copiapó	Si, Confinor contiene una planta de reciclaje donde se recuperan los componentes, a partir del desmantelamiento de artefactos, desechos, residuos o de componentes eléctricos y electrónicos.
	Aparatos eléctricos y electrónicos	Tubos fluorescentes y ampollitas	Confinor de Copiapó	Si, Confinor contiene una planta de reciclaje donde se recuperan los componentes, a partir del desmantelamiento de artefactos, desechos, residuos o de componentes eléctricos y electrónicos.
		Toner y cartridge	Confinor de Copiapó	Si, Confinor contiene una planta de reciclaje donde se recuperan los componentes, a partir del desmantelamiento de artefactos, desechos, residuos o de componentes eléctricos y electrónicos.
		Chatarra eléctrica	Confinor de Copiapó	Si, Confinor contiene una planta de reciclaje donde se recuperan los componentes, a partir del desmantelamiento de artefactos, desechos, residuos o de componentes eléctricos y electrónicos.
	Envases y embalajes	Bidones y Envases contaminados	Confinor de Copiapó	Si, Confinor contiene una planta de reciclaje donde se recuperan los componentes, a partir del desmantelamiento de artefactos, desechos, residuos o de componentes eléctricos y electrónicos.
		Tambores vacíos de grasas y lubricantes	Confinor de Copiapó	Si, Confinor contiene una planta de reciclaje donde se recuperan los componentes, a partir del desmantelamiento de artefactos, desechos, residuos o de componentes eléctricos y electrónicos.
		Maderas	CERENOR	Si, empresa encargada del Reciclaje industrial y residencial
		Fibra de vidrio	Relleno sanitario caldera	No
		Vidrios	Relleno sanitario caldera	No
		Latas	CSH/Reciclaje Rem SPA	Si, fundición en CAP Huachipato
Plásticos	Punto Limpio Huasco	Si, acopio de materiales de forma segregada para ser trasladados posteriormente a una planta de reciclaje.		
Neumáticos fuera de uso	Neumáticos	Por Definir	No	

5.3 Evaluación técnica, económica y legal de las alternativas

En la tabla 5.4, se evidencia que ciertos residuos de productos prioritarios según la ley REP no tienen una alternativa de valorización en su disposición final. Estos últimos son envases y embalajes y Neumáticos fuera de uso para las tres operaciones. Por otra parte, aceites y lubricantes, baterías, pilas y aparatos eléctricos y electrónicos son llevados a ciertas empresas que valorizan parte de los residuos o su totalidad como Inacal, Selenor, Confinor, CERENOR y Punto limpio en Huasco.

Los costos asociados a la actual disposición final de los residuos obtenidos por los productos prioritarios de la ley REP se muestra en la tabla 5.5, la cual demuestra que CMP Valle del Huasco anualmente gasta 6.326,08 UF en disponer y enviar sus residuos a empresas autorizadas.

Tabla 5.5: Costos asociados a disposición final de los residuos de productos prioritarios por CMP.

Producto Prioritario	Disposición Final (UF)	Transporte (UF)	Costo Total Anual (UF)
Aceite y Lubricantes	0,00	0,00	0,00
Baterías y pilas	27,65	204,00	231,65
Aparatos Eléctricos y Electrónicos	70,90	1232,59	1303,50
Envases y embalajes	846,71	3941,22	4787,93
Neumáticos fuera de uso	0,00	0,00	0,00
Total	945,27	5377,81	6323,08

La tabla anterior señala costo cero a la disposición final y transporte a los aceites y lubricantes y neumáticos fuera de uso, los primeros son retirados y tratados sin costo por la empresa Inacal mientras que los segundos no presentan costo ya que no están siendo tratados ni enviados a ningún sitio, se encuentran en el patio de residuos de cada faena actuando como cierre perimetral al estar apilado.

Como alternativa de mejora los envases y embalajes de Mina Los Colorados correspondientes a maderas, cartones, plásticos y vidrios. La madera podría ser enviada a CERENOR como lo hace Planta de Pellets, la cual se encarga del reciclaje industrial y residencial. Los cartones y plásticos podrían ser enviados al Punto Limpio en Huasco asesorado por la empresa TriCiclos, donde se segregan los residuos para luego ser enviados a una planta de reciclaje ubicada en Santiago. Otra opción para este tipo de envase y embalaje es Residual SPA ubicada en la ciudad de Vallenar, quienes realizan

retiro de diferentes residuos como cartón, papel, vidrios, latas, botellas, entre otros. Además también esta última opción podría ser considerada para el vidrio que genera Mina Los Colorados, que actualmente no se está valorizando.

Planta de Pellets también genera envases y embalajes como residuo, algunos valorizados y otros no. Actualmente solo el vidrio y la fibra de vidrio están siendo enviados a relleno sanitario de Caldera sin recibir ningún tratamiento de recuperación. Es por esto que todo el vidrio generado se podría valorizar a través de Residual SPA mencionada anteriormente.

Y por último los Neumáticos Fuera de Uso (NFU) generados por Mina Los Colorados y por Planta de Pellets no reciben ningún tratamiento como se mencionó anteriormente. Cerca de estas instalaciones no se encuentra ninguna planta que valore NFU, una de las más cercana es PolAmbiente S.A. en la ciudad de Santiago y otra en la ciudad de Antofagasta llamada Kal Tire's Mining Tire Group. Ambas con distancias de 700 kilómetros aproximadamente desde las instalaciones de CMP. Cabe mencionar que CMP realizó una cotización de tratamiento de NFU con la empresa Kal Tire's Mining Tire Group.

Los costos asociados a las mejoras mencionadas se muestran en la tabla 5.6, donde sólo se agrega la cotización de disponer los NFU a Kal Tire's Mining Tire Group, con los que CMP Valle del Huasco anualmente gastaría 9.413,45 UF en disponer y enviar sus residuos a empresas autorizadas.

Tabla 5.6: Costos asociados a una mejor disposición final de los residuos de productos prioritarios por CMP.

Producto Prioritario	Disposición Final (UF)	Transporte (UF)	Costo Total Anual (UF)
Aceite y Lubricantes	0,00	0,00	0,00
Baterías y pilas	27,65	204,00	231,65
Aparatos Eléctricos y Electrónicos	70,90	1232,59	1303,50
Envases y embalajes	846,71	3941,22	4787,93
Neumáticos fuera de uso	2.746,55	343,83	3.090,38
Total	3691,82	5721,63	9.413,45

Cabe señalar que el valor indicado para los NFU en la tabla 5.6, es sólo para disponer el 25% del total de neumáticos clase B según la meta de valorización establecida en el D.S. N° 8, del 2019, de

Ministerio de Medio Ambiente, por lo que este porcentaje de valorización debería aumentar a contar del quinto año calendario de vigencia del decreto a un 75% y para el octavo año en adelante al 100% tal como se muestra en la tabla 5.7.

Tabla 5.7: Costo asociados a la disposición final de neumáticos fuera de uso según las metas de recolección establecidas en el D.S. N° 8/2019/MMA.

Meta de recolección	Porcentaje de valorización	Disposición Final (UF)	Transporte (UF)	Costo Total Anual (UF)
A partir del quinto año	75 %	8.239,65	1.031,49	9.271,14
A partir del octavo año	100 %	10.986,20	1.375,32	12.361,52

Otra opción que tiene CMP VH fuera de externalizar la disposición final de los residuos a gestores autorizados, es valorizarlos por sí mismos. Para los NFU, en el artículo 22 del Decreto 8 que establece metas de recolección y valorización y otras obligaciones asociadas a neumáticos, se considera el recauchaje, reciclaje material, coprocesamiento y valorización energética como operaciones de valorización de NFU.

La valorización energética es un proceso mediante el cual los NFU se someten a ciertos tratamientos donde se reduce su volumen y se genera energía además de pequeñas cantidades de residuos. La incineración es uno de los tratamientos térmicos para la valorización de NFU, la cual consiste en la degradación de compuestos orgánicos a través de una combustión exotérmica generando calor que puede ser utilizado como energía.

Previamente al proceso de combustión, los NFU deben reducir su tamaño a través de trituración mecánica, un proceso mecánico que incluye la fragmentación del neumático en gránulos y separación de sus componentes en acero y fibra.

Para los cálculos de diseño se trabajó con un 100% de la generación de NFU anual de CMP VH, valor obtenido en la sección 5.1.1 del presente documento, y que corresponde a 159,12 toneladas anuales. Esto quiere decir que la planta debe ser capaz de otorgar tratamiento a aquella cantidad de neumáticos considerando mantención y cantidad de horas a la semana que trabajan los operarios.

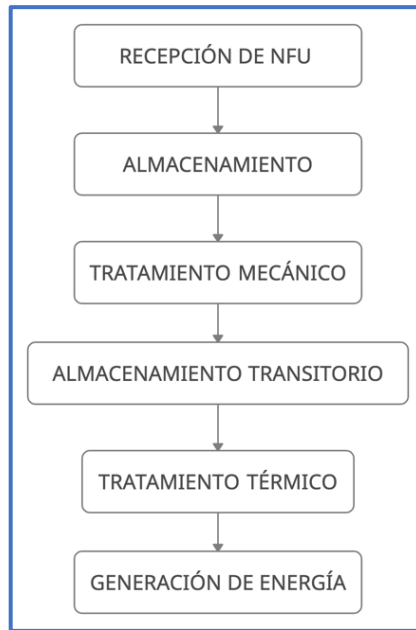


Figura 5.2: Esquema global del proceso de la valorización de los NFU.

De forma global se presenta la figura 5.2 que muestra el proceso por el cual pasarán los neumáticos fuera de uso. Las etapas de recepción y el almacenamiento son considerados dentro del patio de residuos de CMP VH donde actualmente están ubicados. Posteriormente serán sometidos a tratamiento mecánico a través de una máquina cortadora de neumáticos con el fin de reducir su tamaño para facilitar la siguiente etapa del proceso. Los trozos resultantes serán almacenados transitoriamente en contenedores metálicos para luego ser enviados a tratamiento térmico. Este último, como se mencionó anteriormente, será a través de una combustión exotérmica dentro de una caldera para finalmente producir energía mediante una turbina-generador.

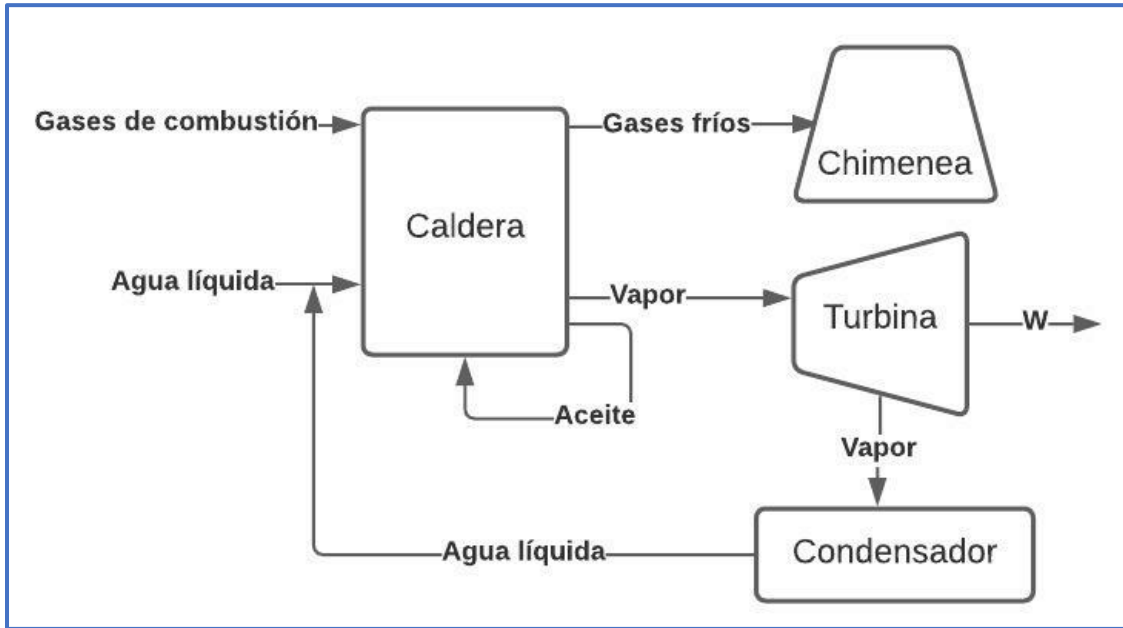


Figura 5.3: Esquema de las principales corrientes del tratamiento térmico para los NFU.

La figura 5.3 presenta el diagrama de flujo del tratamiento térmico donde se muestra que por la caldera transcurrirá una corriente de agua líquida fría y gases calientes provenientes de la combustión de los trozos de neumáticos. La energía en forma de calor de estos gases pasará al agua fría y la convertirá en vapor, mientras que los gases se enfriarán y seguirán su camino hacia la chimenea.

Como se mencionó anteriormente, la corriente de gases resultantes de la combustión contiene gases de combustión y aceites en estado gaseoso, es por este motivo que la caldera propuesta, será del tipo caldera de condensación cuyo diseño permite recuperar parte del aceite y cenizas de la corriente gaseosa.

Para los cálculos del balance de masa y energía del proceso se consideró una entrada de 18,26 kg/h de trozos de neumáticos a la caldera. La cantidad de vapor a la salida de la caldera es de 215,11 kg/h a 200 °C los cuales se dirigen a la turbina generando una energía en forma de trabajo de 31.341,53 kJ/h. El detalle de los cálculos se adjunta en el ANEXO A del presente documento.

Por otra parte, la cotización de los equipos principales se muestra en la tabla 5.8 y en detalle en el ANEXO B. El costo total de estos equipos se tomó como base para la estimación total de inversión y

costos de operación utilizando el costo en porcentaje según el costo de compra de los equipos como se mencionó en el punto 4.3 del presente informe y se muestra en la tabla 5.9.

Tabla 5.8: Costos de inversión por equipos.

Equipo	Cantidad	Costo unitario (UF)	Costo total (UF)
Máquina cortadora de neumáticos	1	2.513,00	2.513,00
Caldera de condensación	1	233,73	233,73
Turbina de vapor	1	181,54	181,54
Total			2.928,27

Tabla 5.9: Costo total de inversión.

CAPITAL FIJO DIRECTO	%	UF
Costo de equipos principales	100	2.928
Instalación de equipos	8	234
Instrumentación y Control (instalado)	26	761
Cañerías (instaladas)	66	1.933
Sistema eléctrico (instalado)	10	293
Construcciones	18	527
Preparación de terrenos	4	117
Servicios instalados	30	878
<i>Total Capital Fijo Directo</i>		<i>7.672</i>
CAPITAL FIJO INDIRECTO	%	UF
Ingeniería y Supervisión	10	293
Gastos de Construcción	10	293
Gastos legales	1	29
Honorario Contratista	2	59
Contingencias	5	146
<i>Total Capital Fijo Indirecto</i>		<i>820</i>
<i>Total Capital Fijo</i>		<i>8.492</i>
CAPITAL DE TRABAJO	%	UF
10% del Capital Total	10	849
Capital Total de Inversión		9.341

En cuanto a los ingresos, sólo se considera la energía en forma de trabajo generada por la turbina. Para el costo por MWh se tomó en cuenta el valor promedio de 94,48 US\$/MWh entregado por Systepe, la cual pone a disposición de sus clientes las estadísticas del sector eléctrico, elaborada en base a información del Coordinador Eléctrico Nacional, de la Comisión Nacional de Energía y de otros organismos tanto públicos como privados.

Los ingresos totales se presentan en la tabla 5.10. Se asume que durante todo el período de evaluación los ingresos se mantienen estables y se generan desde el primer año.

Tabla 5.10: Ingresos por operación.

Venta	\$US/MWh	MWh/año	\$US/año	UF/año
Energía eléctrica	94,48	76,26	7.205,46	187,54

El flujo de caja para evaluar la disposición final de los neumáticos se realizó a través de dos escenarios con horizonte de quince años los que corresponden a la vida útil de los equipos. Escenario uno donde CMP externaliza la disposición de los neumáticos indicando su costo representado por las Tablas 5.11 y 5.12. El escenario dos, donde CMP valoriza por sí mismo los neumáticos incluyendo el costo de capital fijo y capital de trabajo además del ahorro de compra de energía por la energía generada tras el proceso de valorización reflejado en las Tablas 5.13 y 5.14. Cabe destacar que el valor del consumo de energía se consideró constante en ambos escenarios y para el escenario dos el capital de trabajo también se consideró constante.

Tabla 5.11: Flujo de caja para el escenario uno, valores en UF.

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Externalización neumáticos	0	- 3.090	- 3.090	- 3.090	- 3.090	- 9.217	- 9.217	- 9.217	- 12.362
FLUJO DE CAJA	0	- 3.090	- 3.090	- 3.090	- 3.090	- 9.217	- 9.217	- 9.217	- 12.362

Tabla 5.12: Flujo de caja para el escenario uno, valores en UF, continuación.

Año	9	10	11	12	13	14	15
Externalización neumáticos	- 12.362	- 12.362	- 12.362	- 12.362	- 12.362	- 12.362	- 12.362
FLUJO DE CAJA	- 12.362	- 12.362	- 12.362	- 12.362	- 12.362	- 12.362	- 12.362

Tabla 5.13: Flujo de caja para el escenario dos, valores en UF.

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Capital fijo	- 8.492	0	0	0	0	0	0	0	0
Capital de trabajo	0	- 849	- 849	- 849	- 849	- 849	- 849	- 849	- 849
Ahorro compra de energía	0	188	188	188	188	188	188	188	188
FLUJO DE CAJA	- 8.492	- 661	- 661	- 661	- 661	- 661	- 661	- 661	- 661

Tabla 5.14: Flujo de caja para el escenario dos, valores en UF, continuación.

Año	9	10	11	12	13	14	15
Capital fijo	0	0	0	0	0	0	0
Capital de trabajo	- 849	- 849	- 849	- 849	- 849	- 849	- 849
Ahorro compra de energía	188	188	188	188	188	188	188
FLUJO DE CAJA	- 661	- 661	- 661	- 661	- 661	- 661	- 661

A continuación se presenta la tabla 5.15 con el indicador económico correspondiente para cada escenario considerando una tasa de interés del 8% para proyecto de inversión privada con importancia social. El resultado refleja que el escenario dos es más atractivo.

Tabla 5.15: Indicadores económicos para los dos escenarios.

Escenario	VAN (UF)
Escenario 1	-69.145
Escenario 2	-14.154

5.4 Adaptación de la alternativa de valorización bajo el marco GRP.

- Caja 1 Mapa de Proceso

El proceso identificado a través del mapa de proceso de CMP es Gestión y Control Ambiental, con el subproceso de Monitoreo y Control del Cumplimiento de Instrumentos de Gestión Ambiental, la actividad de Gestionar y Controlar el Cumplimiento de Instrumentos de Gestión Ambiental Vigente y la tarea de Administración y Control de Empresas Especialistas (Residuos, Calidad Del Aire, Agua, Suelo, etc.).

- Caja 2 Matriz de Riesgo

Como se mencionó en la problemática de este informe, CMP no está realizando actividades trazables que le permitan dar cumplimiento a uno de los instrumentos de gestión ambiental, uno de ellos la Ley 20.920 de Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje la cual

indica que todo generador de residuos, en este caso CMP deberá entregarlos a un gestor autorizado para su tratamiento, de acuerdo con la normativa vigente, salvo que proceda a manejarlos por sí mismo. Por lo tanto el incumplimiento de esta ley afectaría directamente a los procesos de manera que CMP se verá sometido a infracciones gravísimas, graves y leves. Entre las gravísimas se encuentran no inscribirse en el registro establecido en el artículo 37 ni contar con un sistema de gestión autorizado, entre otras mientras que las graves son no cumplir con las metas de recolección y valorización, así como efectuar cambios al plan de gestión sin previa autorización y las leves, no proporcionar al MMA información adicional requerida.

Por otra parte un mal manejo o disposición inadecuada de los residuos de productos prioritarios establecidos en la Ley 20.920, es decir que sean depositados en rellenos sanitarios sin tratamiento previo, en basurales o vertederos ilegales, puede causar impactos negativos en el medio ambiente y la salud de las personas relacionado al contenido de sustancias peligrosas o tóxicas.

- Caja 3 Mitigación y Control

Para minimizar los riesgos del proceso señalados en la caja anterior, se identificó una oportunidad de mejora la cual consiste en que todo residuos de productor prioritario que no reciba una gestión adecuada según la Ley 20.920, será destinado a un gestor autorizado donde sea valorizado para aprovechar el residuos como un recurso, materia prima y/o fuente de energía.

Además se evaluó otro control, un tratamiento para los neumáticos fuera de uso por parte CMP, el cual consiste en un tratamiento térmico a través de la combustión del caucho con la finalidad de producir energía eléctrica.

- Caja 4 Ejecución

La ejecución de la oportunidad de mejora está fuera del alcance de este trabajo. Sin embargo, CMP deberá destinar sus residuos de productos prioritarios a gestores autorizados y en caso particular de los neumáticos, se ha determinado que los más rentables es que sean valorizados por la Compañía mediante la valorización energética.

- Caja 5 Verificación

La operación deberá aplicar acciones para verificar la correcta aplicación de los controles y medidas dispuestas por CMP, como:

- Reuniones de inicio de Turno (RIT) cada día y evaluar las condiciones para trabajar.
- Controlar la tarea mediante Verificación de control en Terreno (VCT), así como también se abordará cumplimiento mediante Verificación de Autorización en Terreno (VAT).

- Caja 6 Aprendizaje

La organización deberá considerar cualquier desviación de este procedimiento y reportarte mediante FLASH, y generar las lecciones aprendidas de las situaciones o desviaciones que afecten este procedimiento, en el Comité de Gestión de Riesgo del día jueves, para ello se debe considerar lo siguiente:

- Reportar los eventos asociados al no cumplimiento de la tarea.
- Reportar las desviaciones o hallazgos, positivos y/o negativos en el cumplimiento de la tarea.
- Rescatar las lecciones y/o aprendizajes de las reuniones operacionales.

La manera de abordar las cajas 1,2 y 3 fue a través de presentaciones al área de medio ambiente de CMP en Valle del Huasco. Una de las presentaciones lleva el título de *“Aplicación de la Ley 20.920 en CMP”* como indica en la figura 5.4. Esta presentación abordó los siguientes puntos:

- Definición de Ley REP
- Productos Prioritarios
- Actores de la Ley REP
- Responsabilidad de CMP frente a la Ley REP
- Productos Prioritarios que se generan en CMP VH
- Manejo Actual Productos Prioritarios que se generan en CMP VH
- Alternativas de mejora en base a la Ley REP



Figura 5.4: Portada de presentación “Aplicación de la Ley 20.920 en CMP”

6 Discusión

La metodología empleada para la identificación y cuantificación de los residuos generados por CMP VH al ser de carácter exclusivamente documental presenta debilidades propias, debilidades que pudieron ser estimadas por la imposibilidad de realizar una contrastación, al menos parcial, con datos obtenidos en terreno que permitieran calibrar y validar la información documentada. Por lo anterior, se desconoce cuán cercano son con respecto a la generación real de este tipo de residuos.

Aplicar el modelo operacional de Gestión de Riesgos en los Procesos de CMP para la gestión de sus temas ambientales resulta ser la manera más adecuada, ya que la GRP busca instalar la capacidad de controlar los procesos de la Compañía, identificar peligros, evaluar y controlar los riesgos existentes a través de sus seis etapas. En este proyecto de título se trabajó bajo la problemática de incumplimiento de sus compromisos, lo cual es un riesgo definido como el incumplimiento de obligaciones, normativas y acuerdos sociales y ambientales, lo que significa poner en riesgo la continuidad operacional o involucrando una sanción por parte de la autoridad y/o pérdida reputacional. Todo esto identificado gracias a la GRP y posteriormente estableciendo las medidas de control necesarias para reducir el riesgo y asegurar la mejora continua de la Compañía. Para ésta última, el trabajo de seguimiento y control es fundamental para comprobar si las medidas adoptadas son realmente eficaces en la consecución de los objetivos. Esto último está fuera del alcance de este trabajo, pero es muy importante para CMP la verificación y control de las medidas implementadas.

Las medidas de gestión de residuos aplicadas a los residuos de productos prioritarios tienen la finalidad de generar una transición desde la disposición a vertederos hacia gestores que valoricen estos residuos a través de tecnologías de recuperación para posteriormente utilizarlos como insumo, disminuyendo el consumo y desperdicio de materias primas. En Chile cada vez hay más proveedores de servicios ambientales para la valorización de residuos. Sin embargo, la mayoría de ellos se concentran en las grandes ciudades, y debido al alto costo de trasladar los residuos a las instalaciones, es difícil que otros recurran a ellos, lo que provoca la interrupción de la transición del vertedero al gestor siendo más rentable. Es por esta razón que la búsqueda de los proveedores para

este trabajo se realizó tomando en cuenta proveedores a nivel local o proveedores cercanos a las operaciones de la Compañía.

Como se mencionó anteriormente, la mayoría de los gestores de residuos están en las grandes ciudades. Es necesario fomentar herramientas económicas para incentivar proyectos de reciclaje y apoyo a la Responsabilidad Extendida del Productor y al alero de la ley 20.920. Fomentar técnicas de recolección segregada de reciclables, mecanismos de seguimiento y control de los materiales recuperados, plantas de separación de escala industrial, implementación de puntos verdes o limpios en lugares de alta afluencia de personas son alternativas para el desarrollo de la industria del reciclaje en Chile. Además un aumento del negocio del reciclaje traería una nueva ola de innovaciones para tratar los seis productos prioritarios de la Ley REP, así también como de otros que no están en la normativa. Incluso, promoverá el uso de materias primas recicladas, el ecodiseño y el desarrollo de productos reciclables.

Entre las alternativas de valorización para los neumáticos fuera de uso, está la valorización energética la cual contempla tratamientos térmicos de combustión, pirólisis y gasificación. La combustión consiste en la quema directa de los neumáticos dentro de una caldera para producir vapor el cual ingresa a una turbina y genera electricidad. La alternativa de pirólisis también quema directamente el neumático generando combustible líquido que se puede quemar en otro proceso para producir energía eléctrica. Y por último, la gasificación donde al quemar el neumático se producen combustible líquido, gaseoso y en forma marginal combustible sólido, los dos primeros se pueden quemar independientemente en otro proceso para producir energía eléctrica. Cabe mencionar, que las dos últimas alternativas de tratamiento térmico el neumático debe ser triturado hasta reducir considerablemente su tamaño para las posteriores etapas lo que puede considerar una trituración primaria y secundaria.

Todas las alternativas de tratamiento térmico mencionadas queman los neumáticos produciendo CO₂ y agua contaminando de forma similar. Sin embargo en la combustión se realiza en una sola etapa mientras que las otras dos se realizan en más de una etapa lo que significa mayor cantidad de equipos, más etapas donde se degrada la energía y se tienen más puntos de falla por lo tanto lo más simple es quemarlos en una caldera.

Dentro de los costos, no se consideró el valor de superficie donde instalar todos los equipos que conlleva la alternativa evaluada ya que CAP es propietario de varios territorios a lo largo del país donde pudiese instalar nuevos proyectos como este. Esto también significa una barrera de entrada para un competidor que presente un proyecto similar ya que para ellos el valor de la superficie es muy elevado.

El flujo de caja se realizó sin sensibilizar el cambio del valor de MWh y por lo tanto no se sabe si en el futuro este valor subirá o bajará. Lo esperable es que el costo de MWh aumente como ocurrió en España donde se evidenció un incremento prolongado en el costo de MWh, llegando a duplicar su valor en el periodo de un año. Si el costo aumenta en Chile, el indicador económico del segundo escenario de -14.154 UF podría ser más pequeño y más atractivo para CMP. Además el proyecto de inversión no considera eventuales garantías tributarias o financiamiento del estado no reembolsable.

Cabe destacar que el escenario dos aún no es totalmente recomendable, ya que el diseño se realizó a nivel conceptual por lo que se concluye que el escenario dos es una fuente potencial de ahorro para CMP y para continuar se debería realizar una ingeniería con mayor detalle. Además del ahorro, realizar este proyecto fortalece la imagen corporativa de CMP tras generar energía a partir de los neumáticos fuera de uso.

Otras soluciones innovadoras para la valorización de neumáticos fuera de uso es transformar el caucho en baterías de litio y una planta generadora de hidrógeno gris a través de la combustión de ellos. La primera se lleva a cabo mediante la producción de carbón black, uno de los subproductos del proceso de pirólisis en un 15%, con el cual se produce grafito para posteriormente producir baterías para scooters, bicicletas y automóviles eléctricos.

7 Conclusiones

En Compañía Minera del Pacífico S.A. Valle del Huasco se logró identificar y cuantificar los tipos de residuos generados por cada sitio de operación, dando como resultado 4.360,6 toneladas anuales entre residuos domésticos, no peligrosos y peligrosos. También se logró identificar el origen y la actual disposición final de cada uno de ellos.

A partir del punto anterior, se logró determinar la generación de residuos de productos prioritarios establecidos en la Ley 20.920, además de su disposición final y si ésta presentaba o no alternativa de valorización en su procesamiento según los requerimientos de la Ley 20.920. Los residuos que no presentaban alternativa de valorización fueron envases y embalajes y neumáticos fuera de uso. Para estos se logró encontrar alternativas cercanas a las instalaciones con el fin de que CMP cumpla con su responsabilidad como consumidor industrial de entregar estos residuos a gestores autorizados para su posterior tratamiento de valorización según la Ley 20.920. En el caso de los envases y embalajes se logró recomendar empresas cercanas a las instalaciones y manteniendo los costos actuales como CERENOR, Punto Limpio Huasco y Residual SPA ubicadas en la ciudad de Copiapó, Huasco y Vallenar respectivamente, como alternativa de mejora para que puedan ser recuperados o valorizados. Por otra parte para los neumáticos fuera de uso no se encontró ninguna instalación cercana para su tratamiento, la más cercana que se logró recomendar fue Kal Tire's Mining Tire Group ubicada en la ciudad de Santiago a 700 kilómetros aproximadamente desde las instalaciones de CMP. Al estar tan alejada hace que el costo de su traslado a su disposición final sea muy elevado por lo que finalmente sí CMP asume externalizar la disposición final de sus residuos de productos prioritarios le costaría 9.413,45 UF/año.

Otra responsabilidad de un consumidor industrial es valorizar por sí mismo sus residuos por lo tanto se evaluó esta alternativa con los neumáticos fuera de uso debido al elevado costo de su tratamiento a través del proceso de cogeneración de energía eléctrica. Como resultado la alternativa más atractiva fue ésta última con un VAN de -14.154 UF frente a un VAN de externalizar el servicio a gestores autorizados de -69.145 UF.

Con respecto a la adaptación de la alternativa al marco de Gestión de Riesgos en los Procesos (GRP) de CMP, se logró determinar las seis cajas en base a la alternativa de mejora. Primero que todo se obtuvo el proceso hasta llegar a la tarea dentro del mapa de procesos de CMP, luego se lograron identificar los riesgos del proceso para posteriormente determinar la alternativa de mejora y finalmente verificar su control a través de las acciones de CMP y generar un aprendizaje.

Finalmente la alternativa más recomendada de manejo de residuos bajo el marco de Gestión de Riesgo en los Procesos en Compañía Minera del Pacífico S.A. Valle del Huasco en base a la Ley 20.920 es por una parte, externalizar el servicio de disposición final a gestores autorizados para los residuos de envases y embalajes, aparatos electrónicos y eléctricos, aceites lubricantes, pilas y baterías y por otra parte, valorizar los neumáticos a través del proceso de cogeneración de energía eléctrica.

La alternativa seleccionada da solución a la debilidad estratégica identificada en CMP, permitiendo desempeñar los compromisos establecidos de cumplimiento de normativa y de apuntar a una minería sustentable a través de la gestión adecuada de sus residuos generados.

8 Bibliografía

ACCIÓN Empresas (2020) *APL Cero Residuos a Eliminación*.

ATM SpA (2018) *Permisos Ambientales Sectoriales – PAS. Mi Bosque Digital*.

Arismendy M. (2019) *Diseño del programa de manejo integral de residuos sólidos (PMIRS) de la empresa Estaco S.A., en el proyecto Buriticá-Antioquia en el segundo semestre de 2018 al primer semestre de 2019. Trabajo de Grado para optar al título de Tecnóloga en Seguridad y Salud en el Trabajo. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Medellín, Colombia*.

Barbosa J., Lemus A., Ruiz D. & Viña G. (2005) *Evaluación de la aplicación de los beneficios tributarios para la gestión e inversión ambiental. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos. CEPAL-SERIE Medio Ambiente y Desarrollo N° 101*.

Blanco J., Cima M., Manzuelas D. & Sánchez A. (2018) *Marco Legal de Carácter Ambiental, Implantación del Sistema de Gestión Ambiental ISO 14001 y Herramientas y Normas para la Gestión Ambiental Avanzada. Tomo II. La Rioja: UNIR*.

Congreso Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) (2010) *Primer Reporte del Manejo de Residuos Sólidos en Chile. Basado en el Proyecto “Levantamiento, Análisis, Generación y Publicación de Información Nacional sobre Residuos Sólidos de Chile*.

Consejo de Producción Limpia (CPL) (2002) *Gestión de Residuos Industriales Líquidos Mineros y Buenas Prácticas. Acuerdo Marco Producción Limpia sector Gran Minería. Buenas prácticas y gestión ambiental*.

Compañía de Acero del Pacífico S.A. (CAP) (2018) *CAP suscribe junto a 29 empresas inédito acuerdo de producción limpia para disminuir residuos a cero. Noticia. Sala de prensa*.

Compañía Minera del Pacífico S.A. (CMP) (2019) *Memoria Anual 2019*.

Compañía Minera del Pacífico S.A. (CMP) (2020) *Memoria Anual 2020. Gestión responsable de residuos. Pág. 41.*

Compañía Minera del Pacífico S.A. (CMP) (2019) *Reporte de sustentabilidad 2019.*

Leyton A. (2017) *Evaluación de los Acuerdos de Producción Limpia como Política Pública. Memoria para optar al Título de Ingeniería Civil Química. Universidad de Chile, Santiago, Chile.*

Massolo L. (2015) *Introducción a las herramientas de gestión ambiental. Edulp. Facultad de ciencias exactas. Cap. 1.*

Ministerio de Hacienda (MinHacienda) (2019) *Bonos Verdes. Reporte de Asignación e Impacto Ambiental.*

Ministerio de Medio Ambiente (MMA) (s.f.) *Manual Productor Sistema REP. Oficina Economía Circular.*

Ministerio de Medio Ambiente (MMA) (2013) *Aprueba Reglamento del Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes, RETC. Decreto 1. Diario oficial de la República de Chile Nº 42.589. Chile.*

Ministerio de Medio Ambiente (MMA) (2016) *Establece Marco para la Gestión de residuos, la Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje. Ley 20.920. Diario oficial de la República de Chile Nº 41.472. Chile.*

Ministerio de Medio Ambiente (MMA) (2016) *Guía de educación ambiental y residuos. Academia de Formación Ambiental. Adriana Hoffmann.*

Ministerio de Medio Ambiente (MMA) (2019) *Quinto Reporte del Estado del Medio Ambiente. Capítulo 10.*

Ministerio de Medio Ambiente (MMA) (2019) *Estructura Cuenta Pública Participativa. Secretaría Regional Ministerial Región de Los Ríos. Cap. I.*

Ministerio de Medio Ambiente (MMA) (2020) *Hoja de ruta nacional a la economía circular para un Chile sin basura 2020-2040.*

Ministerio de Medio Ambiente (MMA) (2020) *Resumen del estado del medio ambiente para la ciudadanía. Capítulo 3. PP. 20-23.*

Ministerio de Minería (MinMinería) (2007) *Aprueba El Reglamento para la Aprobación de Proyectos de Diseño, Construcción, Operación y Cierre de los Depósitos de Relaves. D.S. N° 248. Diario oficial de la República de Chile N° 42.896. Chile.*

Ministerio de Salud (MINSAL) (2004) *Aprueba Reglamento sobre Manejo de Residuos Peligrosos. D.S. 148.*

Ministerio de Salud (MINSAL) (2009) *Aprueba Reglamento sobre Manejo de Residuos de Establecimientos de Atención de Salud (REAS) D.S. N° 6.*

Ministerio de Salud (MINSAL) (1968) *Código Sanitario. D.F.L. 725.*

Ministerio Secretaría General de la Presidencia (MINSEGPRES) (1994) *Aprueba Ley sobre Bases del Medio Ambiente. Ley 19.300. Diario oficial de la República de Chile N° 30.667. Chile.*

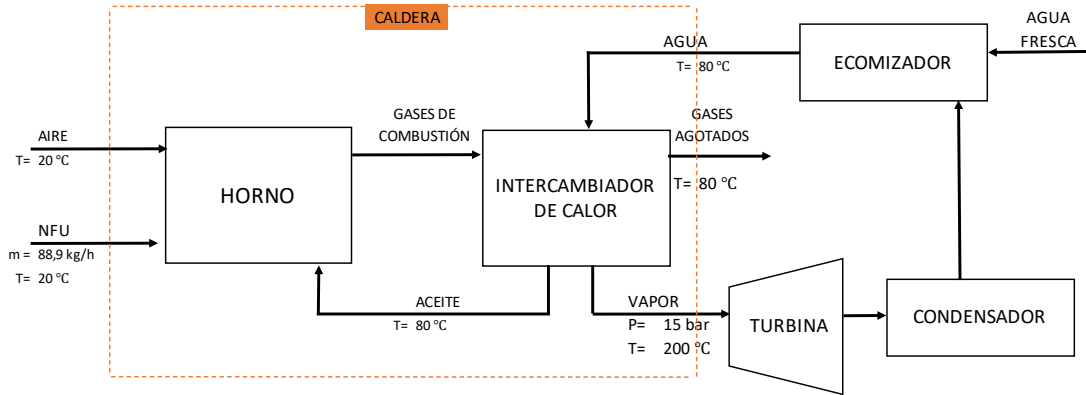
Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) (1996) *Guía de Protección Ambiental Tomo II: Economía Agropecuaria, Minería y Energía, Actividades Industriales y Artesanales. A. Schwender.*

Parlamento Europeo (2021) *Economía Circular: definición, importancia y beneficios. Noticias.*

- Pérez E. (2011) *Procedimiento para la gestión y disposición de los residuos sólidos y peligrosos. COLMENA. Vol. 01. Pp. 4.*
- Peters M., Timmerhaus K. & West R. (2003) *Plant Design and Economics for Chemical Engineers. Fifth edition. Advisory Board.*
- Pizarro R. (2018) *La economía circular y los impuestos verdes: una nueva política ambiental. País Circular. Agenda 2030.*
- Rona N. (2019) *Chile: Acuerdos de Producción Limpia. Estudio de caso.*
- Salazar j. (2019) *Recomendaciones de política para la integración de Tecnologías Ecológicamente Racional en los Sistemas Nacionales de Innovación. División de Cambio Climático.*
- Secretaría del Convenio de Rotterdam (2006) *Guía sobre la elaboración de normas nacionales para la aplicación del Convenio de Rotterdam. AGRIS. Cap. II.*
- Urrea P. (2018) *Diseño de una planta de valorización energética a partir de neumáticos mineros fuera de uso. Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniera Ambiental. Universidad de Valparaíso, Valparaíso, Chile.*

9 Anexos

Anexo A: Cálculos



SUPUESTOS

- Proceso Adiabático
- Alimentación Estequiométrica

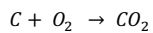
DATOS NEUMÁTICOS

- Poder Calorífico = 32,92 MJ/kg*
- Contenido Carbono = 83,79 % Fase Seca
- Contenido Húmedo = 0,62 %

* REFERENCIA: Martinez JD., Betancur M., Murillo R., García T. & Veses A. 2015. Valorización de neumáticos fuera de uso por pirólisis: rendimiento y propiedades de los productos usando un reactor de tipo barrena.

$$\begin{aligned}
 \text{- Masa de los neumáticos} &= 160 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} * \frac{1 \text{ año}}{365 \text{ días}} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} = 18,26 \text{ kg N / h} \\
 \text{- } n_C &= 18,26 \frac{\text{kg N}}{\text{h}} * 0,8379 \frac{\text{kg C}}{\text{kg N}} * \frac{1 \text{ mol C}}{12 \text{ kg C}} = 1,28 \text{ mol C / h}
 \end{aligned}$$

Rx DE COMBUSTIÓN SIMPLIFICADA



Por lo tanto se requieren 1,28 mol de Oxígeno por hora

$$n_{\text{aire}} = 1,28 * \frac{100 \%}{21 \%} = 6,10 \text{ mol de aire/ h}$$

$$n_{\text{aire}} = 6,10 \frac{\text{mol}}{\text{h}} * 28,96 \frac{\text{kg}}{\text{mol}} = 176,66 \text{ kg/h}$$

ENERGÍA GENERADA EN EL HORNO

$$E = 18,26 \frac{\text{kg (neu)}}{\text{h}} * 32,92 \frac{\text{MJ}}{\text{kg (neu)}} = 601,12 \frac{\text{MJ}}{\text{h}}$$

INTERCAMBIADOR DE CALOR

Se considera en contracorriente por ambas temperaturas de salida iguales a 80 °C

$$601,12 \frac{MJ}{h} = E_{x \text{ calentar aire de } 20^{\circ}C \text{ a } 80^{\circ}C} + E_{x \text{ calentar neumático de } 20^{\circ}C \text{ a } 80^{\circ}C} + E_{x \text{ calentar y evaporar agua de } 20^{\circ}C \text{ a } 80^{\circ}C \text{ y } 15 \text{ bar}}$$

$$- E_{x \text{ calentar aire de } 20^{\circ}C \text{ a } 80^{\circ}C} = m * C_p * \Delta T = 176,66 \frac{kg}{h} * 1,01 \frac{kJ}{kg K} * (353,15 - 293,15) K * \frac{1}{1000} \frac{MJ}{kJ} = 10,71 \frac{MJ}{h}$$

$$- E_{x \text{ calentar neumático de } 20^{\circ}C \text{ a } 80^{\circ}C} = m * C_p * \Delta T = 18,26 \frac{kg}{h} * 0,92 \frac{kJ}{kg K} * (353,15 - 293,15) K * \frac{1}{1000} \frac{MJ}{kJ} = 1,01 \frac{MJ}{h}$$

$$- E_{x \text{ calentar y evaporar agua de } 20^{\circ}C \text{ a } 80^{\circ}C \text{ y } 15 \text{ bar}} = 601,12 \frac{MJ}{h} - E_{x \text{ calentar aire de } 20^{\circ}C \text{ a } 80^{\circ}C} - E_{x \text{ calentar neumático de } 20^{\circ}C \text{ a } 80^{\circ}C}$$

CONSIDERANDO:

(Referencia: FELDER, PP 632; 646-647)

- ΔH calentamiento de vapor agua a 100-200 °C = 122,2 kJ/kg
- ΔH calentamiento de agua a 20-100 °C = 363,6 kJ/kg
- ΔH = 40,656 kJ/mol

$$m (C_p (100 - 20) + \Delta H_v + C_p (200 - 100)) = 589,4 \frac{MJ}{h}$$

$$m = \frac{589,4 \frac{MJ}{h}}{\left(363,6 \frac{kJ}{kg} + 40,656 \frac{kJ}{mol} * \frac{1 \text{ kmol}}{18 \text{ kg}} * \frac{1000 \text{ mol}}{1 \text{ kmol}} + 122,2 \frac{kJ}{kg} \right) * \frac{1 \text{ MJ}}{1000 \text{ kJ}}} = 215,11 \frac{kg}{h} \text{ vapor}$$

TRABAJO DE LA TURBINA

$$- H_{200} = 2791,7 \text{ KJ/Kg}$$

$$- H_{80} = 2646 \text{ KJ/Kg}$$

$$- W_{\text{vapor}} = H_{80} - H_{200} = 145,7 \text{ kJ/ kg}$$

$$- \text{Trabajo de turbina} = - W = (- 145,7 \text{ kJ/kg} * 215,11 \text{ kg/h}) = 31.341,53 \text{ kJ/h}$$

Anexo B: Cotización de equipos

- CORTADOR DE NEUMÁTICOS**



Qingdao Guangyue Rubber Machinery Manufacturing Co., Ltd.
 Add: Huangshan Economic Zone, Huangdao District, Qingdao City, China Office
 Email: gyliu@qdguangyue.com

PROFORMA INVOICE	
Seller: Qingdao Guangyue Rubber Machinery Manufacturing Co., Ltd. Add: Huangshan Economic Zone, Jiaonan, Qingdao City, China Tel: + 86 532 83123138	Date: Oct..21st, 2021
Buyer: Compañía minera del pacífico S.A. Add: Huasco, Chile	Contract/Order No: GYHP20211021

1. OTR Tire Cutting Machine

NO.	Equipment lists	Unit	Price (USD)	Note
1	OTR Tire Cutter Machine	1	79000.00	FOB Qingdao price
Shipping cost from Qingdao port to La Serena ,Chile			15800.00	more back less fill
CIF (USD)			\$94,800.00	

Note:

1. Terms of payment: 50% deposit by T/T, balance should be paid before shipment.
2. Packing : machine will be packed into suitable container, and some will be packed within 40 feet container.
3. Delivery : delivery will be made within 30 working days after deposit.
4. Regarding shipping cost , we will re-inquiry when goods are ready shipment , more back less fill .

5. BANK INFORMATION:

BANK OF CHINA, SHANDONG BRANCH, QINGDAO, CHINA (SWIFT: BKCHCNBJ500)
ADDRESS: NO.20, Zhuhai Road, Jiaonan, Qingdao, China

A/C NO. 381402577648095014

Company Name: QINGDAO GUANGYUE RUBBER MACHINERY MANUFACTURING CO., LTD.

ADDRESS: Huangshan Economic Zone, Jiaonan, Qingdao City, China

Contact: Jennifer Huang Mobile: 0086-18765262669 (whatsapp/wechat) Tel:




1



Qingdao Guangyue Rubber Machinery Manufacturing Co., Ltd.
Add: Huangshan Economic Zone, Huangdao District, Qingdao City, China Office
Email: gyliu@qdguangyue.com

2. Product pictures and parameters

Picture	Technical parameters and application
<p>2.1 OTR Tire Cutting Machine</p> 	<p>Model :GY-4000</p> <p>Capacity :3-5T/H</p> <p>Motor Power:18.5KW</p> <p>Adapt Tire :≤4000mm(Giant Tire)</p> <p>Dimension:6200x1760x4590mm</p> <p>Feeding:Mechanical hoisting</p> <p>Weight:27T</p>

Use:It can cut off any kind of rubber pieces . Apply to cutting all kinds of bevel tires , steel wire tyre , rubber and so on .

The cutter machine is made up of motor, hydraulic system, oil cylinder , one pair of blade , frame and rotating body etc .

The basic principle is :motor drive hydraulic system and the cylinder,place the tire network to lock arm , fasten two blades rotating between tire and shear cylinders work to move, two blades rotating blades firming shear , achieve the effect of shear .





Feature:

This equipment , good shear effect , shearing speed , low energy consumption , small volume , convenient , because use the hydraulic system , easy operation and safety .

Contact: Jennifer Huang Mobile: 0086-18765262669 (whatsapp/wechat) Tel:0086-532-83123138

2

- CALDERA

Hebei Yineng boiler Co.,Ltd Add:Wu,Qiao,HeBei , China Email:bzjack@aliyun.com whatsapp:+8618732126877				
Model:	WDR0.5- - Electric steam boiler			
Details	Rated steam evaporation	500kg/h		
	Rated steam pressure	0.7mPA		
	Rated steam temperature	175℃		
	Rated inlet temperature	20℃		
	Design thermal efficiency	99%		
	Electricity requirements	380V/50HZ		
	Water volume	28liter		
	Dimension(mm)	900*1400*1600mm		
No	Name	specification	Quantity	Photo
1	Boiler	WDR0.5	1SET	
2	Filling pump		2pc	
3	Soften water	Automatic system Standard equipped	1pc	
4	Steam header		1pc	
Quotation	FOB TIANJIN price based on above items is USD:8980/set			
	SAYUS\$EIGHT THOUSAND SIX HUNDRED AND EIGHTY ONLY			
Delivery time	Normally 15 working days			

Payment	30% T/T advance payment, 70% balance before delivery
Warranty	two year



- **TURBINA DE VAPOR**



Mini 50kw long lifespan low price steam turbine power generator

FOB Reference Price: [Get Latest Price](#)

>=1 Sets
CLP 5,455,805

Lead Time:		
Quantity(Sets)	1 - 1	>1
Est. Time(days)	25	To be negotiated

Shipping: Support Sea freight · Land freight · Air freight

[Alibaba.com Freight](#) | [Compare Rates](#) | [Learn more](#)

1. Steam turbine technical parameters

No.	ITME	Technical parameter	note
1	Turbine model	N0.06-1.0	
2	Rated power	60 KW	
3	Rated speed	3000r/min	
4	Generator speed	3000r/min	
5	Inlet steam pressure	13bar	
6	Inlet steam temperature	194℃	
7	Inlet steam quantity	1000KG/H	
8	Steam consumption rate	20 kg/kwh	
9	Exhaust pressure rated load	0.0103MPa	
10	Layout mode	Single	
11	Rotor structure	1C2 +3P	
12	Steam turbine and generator connection mode	Coupling	
13	Turbine noise db	≤80	
14	Generator power	60KW	
15	Generator voltage	400 V	
16	Generator frequency	50HZ	