

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
ESCUELA DE POSGRADO



Business Consulting: Mina San Rafael – Minsur S.A.

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE MAGÍSTER EN
ADMINISTRACIÓN ESTRATÉGICA DE EMPRESAS OTORGADO
POR LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

PRESENTADA POR

Alan Henry Martínez Gonzales, DNI: 41873313

David Fredy Gutiérrez Álvarez, DNI: 09962738

Elvis Jhordan Abad Miranda, DNI: 47112118

ASESOR

Daniel Eduardo Guevara Sánchez, DNI: 09412483

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6374-8062>

JURADO

Presidente: Nicolás Andrés Núñez Morales

Jurado: Mayra Liuviana Vega Chica

Asesor: Daniel Eduardo Guevara Sánchez

Surco, Octubre 2022

Agradecimientos

A CENTRUM PUCP, por acogernos y brindarnos la oportunidad de continuar con nuestro sueño y aspiración de ser mejores personas y profesionales.

A nuestros distinguidos profesores por compartir su experiencia y conocimiento.



Dedicatorias

A mi padre Francisco Abad Aquino y mi madre Maura Miranda Libia por su confianza y apoyo incondicional, por instruirme siempre por el camino de los buenos principios, además de ser mi más grande motivación para seguir siendo mejor cada día.

Elvis Abad

A mi padre por ser un ejemplo de perseverancia, a mi madre por su amor infinito. A mi esposa y a mis hijos por su respaldo permanente y ser mi motivación diaria.

David Fredy Gutiérrez

A mis padres por el amor y confianza que depositaron en mí. A mi hija Alessandra cuya sonrisa es el impulso que me mueve hacia adelante.

Alan Martínez

Resumen Ejecutivo

La Unidad Minera San Rafael presenta actualmente una problemática con impacto económico, social y ambiental relacionada con el aumento en la generación de sus residuos sólidos domésticos e industriales. El propósito de la presente consultoría fue presentar una propuesta de solución para esa problemática que permita optimizar la gestión de sus residuos sólidos para reducir ese aumento desproporcionado. Para ello, con el apoyo en el acceso a la información de la empresa, se tomó conocimiento de la magnitud del incremento en la generación de residuos, su caracterización y el aumento en la inversión económica en la disposición de residuos industriales y domésticos. Luego, se realizó un mapeo de la actual gestión de residuos, seguido de un análisis de oportunidades de mejora y de un desarrollo de la priorización de dichas oportunidades que pueden ser abordadas en función del esfuerzo e impacto que conlleven su implementación. Cada oportunidad priorizada fue estudiada exhaustivamente a partir de un análisis de causa raíz con participación de los líderes de la Unidad Minera San Rafael. Así mismo, se consultaron a profesionales de otras unidades mineras que tuvieron la experticia afrontando procesos de mejora de gestión de residuos. El punto de partida fue el establecimiento de hipótesis de las causas que estaban generando el problema, en base a la opinión de los participantes y un análisis de Pareto se definieron las hipótesis principales (20% de las hipótesis que de ser abordadas solucionan el 80% del problema). Una vez identificadas las principales hipótesis, se sometió cada una a un análisis de causa raíz a través de las herramientas del Diagrama de Ishikawa y Cinco Por Qués e identificadas las causas raíz, junto con los participantes se desarrolló un plan de implementación táctico, en las que se plasmaron acciones y compromisos (responsables y fechas). De igual manera, se desarrolló un programa de seguimiento a los acuerdos establecidos y confirmaciones de rol en campo para evaluar el impacto positivo de la implementación.

Abstract

San Rafael Mining Unit currently presents a problem with an economic, social and environmental impact related to the increase in the generation of its domestic and industrial solid waste. The purpose of this consultancy was to present a solution proposal for this problem that allows optimizing the management of its solid waste, to reduce this disproportionate increase. To do this, with the support through access to company information, the magnitude of the increase in waste generation, its characterization and the increase in economic investment in the disposal of industrial and domestic waste were learned. Then, a mapping of the current waste management was carried out, followed by an analysis of opportunities for improvement and a development of the prioritization of said opportunities that can be addressed based on the effort and impact that their implementation entails. Each prioritized opportunity was thoroughly analyzed based on a root cause analysis with the participation of the leaders of San Rafael Mining Unit. Likewise, professionals from other mining units who had expertise in dealing with waste management improvement processes were consulted. The starting point was the establishment of hypotheses of the causes that were found, based on the opinion of the participants and a Pareto analysis; the main hypotheses were defined (20% of the hypotheses that, if addressed, would solve 80% of the problem). Once the main hypotheses were identified, each one was studied closely using a root cause analysis through the Lean Ishikawa and Five Whys tools and the root causes were identified, together with the participants, a tactical implementation plan was developed, in which actions and commitments (people responsible and dates) were scheduled. Likewise, a follow-up program was developed for the established agreements and role confirmations in the field to evaluate the positive impact of the implementation.

Tabla de Contenidos

Lista de Tablas	vii
Lista de Figuras.....	x
Capítulo I: Situación General.....	1
1.1 Descripción General de la Empresa	1
1.2 Misión, Visión y Valores	3
1.2.1 Misión.....	3
1.2.2 Visión.....	3
1.2.3 Valores	4
1.3 Resumen del Capítulo	5
Capítulo II: Análisis de Contexto.....	6
2.1 Análisis del Entorno Lejano (PESTE)	6
2.1.1 Fuerza Políticas, Gubernamentales y Legales (P)	6
2.1.2 Fuerza Económicas y Financieras (E).....	8
2.1.3 Fuerzas Sociales, Culturales y Demográficas (S)	10
2.1.4 Fuerzas Tecnológicas y Científicas (T)	14
2.1.5 Fuerzas Ecológicas y Ambientales (E)	15
2.2 Oportunidades y Amenazas Identificadas	16
2.2.1 Oportunidades Identificadas	16
2.2.2 Amenazas Identificadas.....	17
2.3 Análisis Interno AMOFHIT	18
2.3.1 Administración y Gerencia (A)	19
2.3.2 Marketing y Ventas & Investigación de Mercado (M).....	20
2.3.3 Operaciones & Logística e Infraestructura (O).....	23

2.3.4 Finanzas y Contabilidad (F).....	24
2.3.5 RRHH y Cultura (H).....	25
2.3.6 Sistemas de Información & Comunicaciones (I).....	26
2.3.7 Tecnología & Investigación y Desarrollo (T).....	26
2.4 Fortalezas y Debilidades Identificadas.....	27
2.4.1 Fortalezas Identificadas.....	27
2.4.2 Debilidades Identificadas.....	28
2.5 Definición de Estrategias.....	29
2.5.1 Análisis FODA.....	29
2.6 Resumen del Capítulo.....	29
Capítulo III: Problema Clave.....	32
3.1 Directrices Estratégicas.....	32
3.2 Alineamiento Estratégico Hoshin Kanri.....	33
3.3 Lista de Problemas Identificados.....	33
3.3.1 Falta de un Programa de Acercamiento de los Líderes de la Unidad a los Jóvenes de las Comunidades de Influencia de la Operación.....	33
3.3.2 Bajo Porcentaje de Mano de Obra Local de las Áreas de Influencia Directa ...	35
3.3.3 Falta de Mejora de la Gestión Integral de Residuos.....	35
3.4 Priorización del Problema a Atacar.....	36
3.5 Identificación del Problema Principal.....	37
3.6 Descripción del Problema Clave.....	37
3.6.1 Fuentes de Generación.....	38
3.6.2 Clasificación de los Residuos.....	41
3.6.3 Proceso Actual de Manejo de Residuos.....	44
3.7 Cuantificación del Problema.....	45

3.8 Resumen del Capítulo	45
Capítulo IV: Revisión de Literatura	47
4.1 Mapa de Literatura	47
4.2 Revisión de la Literatura	49
4.2.1 <i>Situación del Sector Minero en el Perú</i>	49
4.2.2 <i>Producción de Residuos Sólidos y Marco Legal</i>	49
4.2.3 <i>Gestión de Residuos Sólidos</i>	50
4.2.4 <i>Residuos Domésticos y Economía Circular</i>	52
4.2.5 <i>Características y Composición de los Residuos Domésticos</i>	53
4.2.6 <i>Alternativas Sostenibles para el Procesamiento de los Residuos Sólidos</i>	54
4.2.7 <i>Metodologías para el Análisis Estratégico</i>	56
4.3 Resumen del Capítulo	57
Capítulo V: Análisis de Causa Raíz	58
5.1 Análisis del Problema	58
5.1.1 <i>Promedio de Generación Anual de Residuos Sólidos</i>	58
5.1.2 <i>Disposición de Residuos</i>	59
5.1.3 <i>Tonelaje Promedio Dispuesto por Año</i>	59
5.1.4 <i>Residuos de Mayor Generación</i>	60
5.1.5 <i>Fuentes de Generación de Residuos</i>	61
5.1.6 <i>Relación de Fuente de Generación con Indicadores Operativos</i>	61
5.1.7 <i>Proyección en la Producción de Finos en la Vida de la Mina</i>	62
5.1.8 <i>Correlación entre las Toneladas de Residuos Generados y las tmf Sn</i> <i>Producidos</i>	63
5.1.9 <i>Proyección de Residuos Generados en la Vida Útil de la Mina</i>	65
5.1.10 <i>Tonelaje Dispuesto en Relleno Sanitario</i>	66

5.1.11 Capacidad Disponible del Relleno Sanitario.....	66
5.1.12 Inversión Requerida en Relleno Sanitario	67
5.1.13 Aspectos Adversos del Relleno Sanitario en la Unidad Minera	67
5.1.14 Proyección de Nuevos Rellenos Sanitarios Requeridos.....	68
5.1.15 Requerimiento de Inversión en Nuevos Rellenos Sanitarios	69
5.2 Definición de Variables General y Específicas.....	70
5.2.1 Variable General.....	70
5.2.2 Variables Específicas	70
5.3 Análisis de Causa Raíz.....	70
5.4 Matriz de Priorización Causa Raíz.....	70
5.4.1 Esfuerzo.....	71
5.4.2 Impacto	71
5.4.3 Valoración de Esfuerzo e Impacto	71
5.4.4 Resultado.....	71
5.5 Resumen del Capítulo	77
Capítulo VI: Alternativas de Solución	78
6.1 Línea Base: Operación Futura Manteniendo la Forma de Gestión Actual	78
6.2 Valoración Cuantitativa de Alternativas	81
6.2.1 Alternativa 1: Optimizar los Costos de Inversión y Operación de los Rellenos Sanitarios a través de un Contrato Marco para toda la División Minera de Minsur S.A.....	81
6.2.2 Alternativa 2: Tratamiento de los Residuos Orgánicos y Segregación de los Generales.....	82
6.2.3 Alternativa 3: Disposición 100% Externa de los Residuos Generales y Orgánicos.....	84

6.3 Valoración Cualitativa	85
6.4 Comparativo de Alternativas.....	86
6.5 Resumen del Capítulo	87
Capítulo VII: Plan de Implementación y Factores Clave de Éxito	88
7.1 Plan de Acción para Reducir la Generación de Residuos Orgánicos.....	88
7.2 Plan de Acción para Reducir la Generación de Residuos Generales	90
7.3 Cronograma para Reducir los Residuos Orgánicos Dispuestos en el Relleno Sanitario.....	92
7.4 Cronograma para Reducir los Residuos Generales Dispuestos en el Relleno Sanitario.....	93
7.5 Resumen del Capítulo	94
Capítulo VIII: Resultados	95
8.1 Avances del Plan de Trabajo para Reducir los Residuos Orgánicos Dispuestos en el Relleno Sanitario.....	95
8.2 Avances del Plan de Trabajo para Reducir los Residuos Generales Dispuestos en el Relleno Sanitario.....	97
8.3 Resumen del Capítulo	99
Capítulo IX: Conclusiones y Recomendaciones	100
9.1 Conclusiones	100
9.2 Recomendaciones.....	101
Referencias.....	102

Lista de Tablas

Tabla 1	<i>Estructura del Empleo en Minería según Procedencia del Trabajador (2019)</i>	11
Tabla 2	<i>Conflictos Socioambientales según Actividad (Agosto 2021)</i>	14
Tabla 3	<i>Matriz FODA Minsur S.A</i>	30
Tabla 4	<i>Matriz Hoshin Kanri</i>	34
Tabla 5	<i>Criterios para la Priorización del Problema</i>	36
Tabla 6	<i>Estrategias que No Tienen un Proyecto de Mejora</i>	37
Tabla 7	<i>Fuentes de Generación según el Tipo de Residuos</i>	40
Tabla 8	<i>Tipos de Residuos Peligrosos en Unidad Minera San Rafael</i>	42
Tabla 9	<i>Tipos de Residuos No Peligrosos en Unidad Minera San Rafael</i>	43
Tabla 10	<i>Producción de Residuos en Toneladas de la Unidad Minera San Rafael</i>	45
Tabla 11	<i>Producción Promedio de Residuos en Toneladas de la Unidad Minera San Rafael</i>	58
Tabla 12	<i>Disposición de Residuos por Tipo en la Unidad Minera San Rafael</i>	59
Tabla 13	<i>Producción de Residuos por Tipo en Toneladas de la Unidad Minera San Rafael</i>	59
Tabla 14	<i>Porcentajes de Producción de Residuos por Tipo</i>	60
Tabla 15	<i>Fuentes de Generación de Residuos en Unidad Minera San Rafael</i>	61
Tabla 16	<i>Fuentes de Generación de Residuos e Indicadores Operativos</i>	62
Tabla 17	<i>Producción de Estaño de la Unidad Minera San Rafael</i>	62
Tabla 18	<i>Producción de Estaño y Residuos Generados en la Unidad Minera San Rafael</i>	63
Tabla 19	<i>Producción de Estaño y Residuos Generados para Correlación</i>	64
Tabla 20	<i>Proyección de Estaño y Residuos Generados</i>	65

Tabla 21	<i>Disposición de Residuos por Destino</i>	66
Tabla 22	<i>Datos de Relleno Sanitario en Unidad Minera San Rafael</i>	66
Tabla 23	<i>Proyección Disponibilidad de Residuos Sanitario</i>	67
Tabla 24	<i>Estimación de Inversión para un Nuevo Relleno Sanitario</i>	67
Tabla 25	<i>Matriz de Priorización de Aspectos Negativos de Rellenos Sanitarios</i>	68
Tabla 26	<i>Estimación de Cantidad de Rellenos Sanitarios Requeridos</i>	69
Tabla 27	<i>Flujo de Caja para la Construcción de Nuevos Rellenos Sanitarios</i>	69
Tabla 28	<i>Indicadores Financieros del Proyecto</i>	69
Tabla 29	<i>Matriz Cinco Porqués del Problema (Resolución de Problemas 4M: Alto % de Residuos Orgánicos Dispuestos en el Relleno Sanitario)</i>	72
Tabla 30	<i>Matriz Cinco Porqués del Problema (Resolución de Problemas 4M: Alto % de Residuos Generales Dispuestos en el Relleno Sanitario)</i>	73
Tabla 31	<i>Valoración Esfuerzo-Impacto</i>	74
Tabla 32	<i>Valoración de Causa-Raíz para Residuos Orgánicos (Alto % de Residuos Orgánicos Dispuestos en el Relleno Sanitario)</i>	74
Tabla 33	<i>Valoración de Causa-Raíz para Residuos Generales (Alto % de Residuos Generales Dispuestos en el Relleno Sanitario)</i>	75
Tabla 34	<i>Resumen de Valoración de Causa-Raíz para Residuos Orgánicos y Generales</i>	76
Tabla 35	<i>Dimensiones de Relleno Sanitario</i>	79
Tabla 36	<i>Toneladas Dispuestas Futuras en el Relleno Sanitario (2022-2027)</i>	80
Tabla 37	<i>Inversión en Nuevo Relleno Sanitario</i>	80
Tabla 38	<i>VAN de Gestión Actual de Residuos</i>	80

Tabla 39	<i>Inversión en Nuevo Relleno Sanitario</i>	81
Tabla 40	<i>VAN de la Alternativa 1</i>	82
Tabla 41	<i>Características de la Alternativa 2</i>	83
Tabla 42	<i>Toneladas Dispuestas en Relleno Sanitario (2022-2027) de la Alternativa 2</i>	83
Tabla 43	<i>VAN de la Alternativa 2</i>	84
Tabla 44	<i>Inversión de la Alternativa 3</i>	84
Tabla 45	<i>VAN de la Alternativa 3</i>	85
Tabla 46	<i>Comparación entre las Alternativas</i>	86
Tabla 47	<i>Compromisos para Reducir el Porcentaje de Residuos Orgánicos Dispuestos en el Relleno Sanitario</i>	89
Tabla 48	<i>Compromisos para Reducir el Porcentaje de Residuos Generales Dispuestos en el Relleno Sanitario</i>	91
Tabla 49	<i>Cronograma para Reducir el Porcentaje de Residuos Orgánicos (01 Julio – 02 Octubre)</i>	92
Tabla 50	<i>Cronograma para Reducir el Porcentaje de Residuos Generales (01 Julio – 20 Octubre)</i>	93
Tabla 51	<i>Avances del Plan de Trabajo (01 Julio – 02 Octubre)</i>	96
Tabla 52	<i>Avances del Plan de Trabajo (01 Julio – 20 Octubre)</i>	98

Lista de Figuras

<i>Figura 1</i>	Ubicación de la Mina San Rafael, Minsur S.A.....	2
<i>Figura 2</i>	Evolución Anual del Empleo en Minería (Miles de Empleos).....	10
<i>Figura 3</i>	Transferencia a la Regiones (Millones de Soles).....	12
<i>Figura 4</i>	Inversión Ejecutada en Desarrollo Sostenible 2008 al 2019 (Millones de Soles).....	13
<i>Figura 5</i>	Ciclo Operativo de la Organización.....	18
<i>Figura 6</i>	Variación de Precios del Estaño, Data Histórica en USD/TM fino Sn.....	21
<i>Figura 7</i>	Destino de Exportaciones Nacionales del Estaño 2020.....	21
<i>Figura 8</i>	Porcentaje de Mano de Obra Local de las Áreas de Influencia Directa.....	35
<i>Figura 9</i>	Mapa de Procesos.....	39
<i>Figura 10</i>	Clasificación de Residuos en Unidad Minera San Rafael.....	41
<i>Figura 11</i>	Etapas del Procesamiento de Residuos en Unidad Minera San Rafael.....	44
<i>Figura 12</i>	Mapa de Literatura.....	48
<i>Figura 13</i>	Diagrama de Pareto por Tipo de Residuo en Unidad Minera San Rafael.....	60
<i>Figura 14</i>	Producción de Estaño de la Unidad Minera San Rafael.....	62
<i>Figura 15</i>	Dispersión de la Producción de Estaño y Residuos Generados.....	63
<i>Figura 16</i>	Correlación de la Producción de Estaño y Residuos Generados.....	64
<i>Figura 17</i>	Proyección de Producción de Estaño y Residuos Generados.....	65

Capítulo I: Situación General

En el primer capítulo se introducirá a la empresa objeto del estudio, es decir, la Mina San Rafael – Minsur S.A. iniciando por su descripción; además de su misión, visión y valores (filosofía de gestión); también se detallan los objetivos de mediano plazo para finalmente culminar con un breve resumen.

1.1 Descripción General de la Empresa

La empresa Minsur S.A. fue constituida en territorio peruano en octubre de 1977, como empresa subsidiaria de la organización Breca Minería S.A.C., compañía ubicada en Perú; siendo acreedor del 99.9999948% de los títulos valores de su patrimonio al cierre del 2020 (Minsur S.A., 2019b). Además, cuenta con operaciones en Perú y Brasil y entre sus actividades principales están: (a) extracción, (b) beneficio, (c) fundición y (d) refinería de estaño y oro. Es preciso destacar que se ha destacado desde su fundación por aportar a la evolución económica de la nación a través de sus acciones de responsabilidad social corporativa, cumpliendo con rigurosos lineamientos para garantizar la calidad e inocuidad de sus productos y servicios. Así mismo, resulta importante señalar que la empresa se rige por una filosofía caracterizada por la prevención, detección de riesgos, y un riguroso compromiso social y ambiental; garantizando con ello la confiabilidad, sanidad, el progreso de la colectividad y la sostenibilidad (Minsur, 2019b).

Así mismo, es considerado un referente en el Perú en gestión social y ambiental. Dicha afirmación se sustenta en el hecho de que es la única organización de capital peruano que forma parte del Consejo Internacional de Minería y Metales (ICMM, de acuerdo a su abreviatura en inglés), cuya misión se basa en promover el desarrollo de una industria metal minera confiable que cumpla con sus “principios mineros”, cada principio consta de un conjunto de requisitos de buenas prácticas, el cumplimiento estricto de estos requisitos le permite desarrollar sus operaciones siendo social y ambientalmente responsable (Minsur

S.A., 2019b). La empresa ha colaborado desde su fundación con el progreso de la colectividad, produciendo beneficios económicos y trabajo para comunidades aledañas e impulsando proyectos de avance sustentable. Cabe indicar que una de sus operaciones es la Unidad San Rafael, ubicada en Quenamari, perteneciente al distrito Antauta, provincia Melgar, región Puno, localizada aproximadamente a 10 kilómetros de la localidad de Antauta y a 180 kilómetros Juliaca. Para acceder a la Unidad San Rafael desde Lima a Juliaca se debe hacer por vía aérea, con un tiempo aproximado de una hora y media; luego por vía terrestre con un recorrido de aproximadamente tres horas por vía asfaltada hasta el yacimiento San Rafael. En cuanto a la altitud a la que se desarrollan las operaciones mineras, se debe enfatizar que esta varía entre los 4,500 a 5,000 m.s.n.m. (ver Figura 1).

Figura 1

Ubicación de la Mina San Rafael, Minsur S.A.



Nota. Tomado de “Declaración de recursos y reservas” (p.20), por Minsur S.A., 2019a, Autor.

1.2 Misión, Visión y Valores

1.2.1 Misión

La misión de la empresa es producir beneficios por medio de la transformación de recursos minerales usando técnicas amigables con el medio ambiente (Minsur S.A., 2019b, p. 16). Este enunciado fue analizado según lo señalado por D'Alessio (2015), quien proporcionó un conjunto de propiedades elementales para caracterizar una misión apropiada, los cuales se muestran a continuación: (a) establecer el propósito de la empresa; (b) determinar la manera en que se espera satisfacer las necesidades de la colectividad; (c) que no sea restrictiva y permita su adaptabilidad futura de acuerdo a la evolución de la compañía; (d) establecer los factores que hacen única a la organización; (e) esté diseñada para facilitar la valoración de las operaciones; (f) estar redactada de forma clara y concisa para facilitar su comprensión; y (g) infundir confianza. Tomando en cuenta estas características, la misión implementada por Minsur S.A. no plantea cómo esta contribuye a las áreas de influencia, tampoco refiere elementos que la distingan de otras compañías de la industria. Estas carencias en el diseño de la misión impiden determinar metas que faciliten el direccionamiento táctico, por ello se propone replantear la misión de Minsur S.A. de la siguiente manera: Desarrollamos y operamos activos mineros de manera sostenible, posicionándonos como líderes en lo que respecta a confiabilidad, efectividad operativa, compromiso con la protección de la naturaleza y progreso de la colectividad, con innovación y adaptación tecnológica.

1.2.2 Visión

La visión de la empresa se fundamenta en perfeccionar y hacer uso de bienes vanguardistas propios de la industria minera, posicionándonos como líderes en lo que respecta a confiabilidad, efectividad operativa, compromiso con la protección de la naturaleza y progreso de la colectividad en todos los países donde operamos (Minsur S.A., 2019b, p.16). El enunciado fue evaluado a lo señalado por D'Alessio (2015) quien mencionó que la visión

debe responder a un par de elementos fundamentales (la filosofía que rige el principio de continuidad en el tiempo de la empresa y funge como pauta a seguir y como agente motivador, que subsiste e inspira a continuar los procesos de cambio, desarrollo y perspectiva de futuro que define las oportunidades de mejora que la empresa quiere convertir en fortalezas. Del mismo modo, D'Alessio (2015) destacó siete características importantes sobre la visión de una empresa a tomar en consideración: (a) sencilla y entendible; (b) aspiracional, contundente y sensata; (c) establecida en un plazo temporal; (d) orientada a una zona específica; (e) En conocimiento de todos los involucrados; (f) expuesta de una manera que invite al seguimiento de sus lineamientos; y (g) debe contener disposiciones concisas que expongan cómo se ve a sí misma la empresa en el futuro.

Bajo estos lineamientos, lo más resaltante observado en la visión declarada por la empresa es que Minsur S.A. carece de un periodo de tiempo específico, siendo este un factor significativo para poder valorar efectivamente el cumplimiento de los objetivos trazados.. Teniendo en cuenta ello, se replantea la visión de Minsur S.A. de la siguiente manera: Ser una empresa de clase mundial, generadora de valor en la industria minera Latinoamericana, siendo un referente hacia el 2030 en lo que respecta a confiabilidad, efectividad operativa, compromiso con la protección de la naturaleza y progreso de la colectividad.

1.2.3 Valores

Estos representan la filosofía organizacional de Minsur S.A., por lo que constituyen parte esencial de la filosofía de gestión; es decir, son directrices que determinarán la forma de actuar de los colaboradores de la organización. De la misma manera, vale recalcar que los valores están íntimamente relacionados con las disposiciones exhibidas en la visión, cuyo objetivo principal radica en servir de pauta para sus grupos de interés. Estos valores que se presentan a continuación sirven para conceptualizar y alcanzar los niveles de calidad establecidos por la directiva de la empresa (Minsur S.A., 2019, p. 16):

- Seguridad: Se desarrollan todas las operaciones en forma segura.
- Responsabilidad: Se respeta a los *stakeholders* y a la naturaleza.
- Integridad: Se actúa con ferviente honradez, franqueza y tolerancia.
- Compromiso: Se cumple con la totalidad de aspectos que compromete a la empresa.
- Excelencia: Se busca ser referentes en el mercado.
- Confianza: Se crean vínculos de cordialidad, sinceridad, autenticidad y solidaridad.

1.3 Resumen del Capítulo

La Minera San Rafael con más de 40 años de haber iniciado operaciones es una de las unidades de la empresa Minsur SA, que a su vez es parte de la sección de minería minera de la asociación económica peruana Breca. Durante sus primeros años el *core business* era la extracción y procesamiento de mineral de cobre, una vez se consumieron las reservas de cobre se empezó a la extracción y el procesamiento de mineral de estaño. Fue en 1996 cuando Minsur S.A. funda la fundición y refinería en Pisco en donde se transforma el concentrado de estaño en estaño refinado en tres presentaciones: granalla, lingotes y bloques.

Entre los objetivos estratégicos de Minsur S.A. se tiene el ser reconocido como empresa minera social y ambientalmente responsable, y en línea con ello es la única empresa de capital peruano que está afiliada al Consejo Internacional de Minería y Metales (ICMM, de acuerdo a su abreviatura inglesa). Teniendo como misión promover una industria metal minera confiable que cumpla con sus “principios mineros”, cada uno de los cuales consta de un conjunto de requisitos de buenas prácticas. En base a este objetivo se ha propuesto redefinir la misión, ya que la actual no menciona como la empresa contribuye al progreso de la colectividad, procurando la protección de la naturaleza y tampoco muestra elementos que la distinguen frente a organizaciones pertenecientes al mismo sector; del mismo modo, se propone redefinir la visión, ya que no contempla un horizonte temporal para su consecución.

Capítulo II: Análisis de Contexto

El propósito de este capítulo es presentar los factores externos que influyen en el desenvolvimiento de Minsur S.A., a partir de un estudio del entorno por medio del análisis PESTE, además de las fortalezas y debilidades que presenta la empresa mediante un análisis del entorno interno a través del análisis AMOFHIT.

2.1 Análisis del Entorno Lejano (PESTE)

Resulta conveniente partir de un análisis de las principales fuerzas externas del entorno lejano, es decir, internacional y nacional que tienen influencia en la empresa (análisis PESTE): (a) factores políticos, legales y gubernamentales; (b) factores económicos y financieros; (c) factores sociales, demográficos y culturales; (d) factores científicos y tecnológicos; y (e) factores ambientales y ecológicos. De esta manera es que a partir de la descripción y análisis individual de los factores se pueden concluir las amenazas y oportunidades que estas presentan.

2.1.1 Fuerza Políticas, Gubernamentales y Legales (P)

El entorno político peruano siempre ha sido intenso, pero en estos últimos años esa intensidad ha llegado a un siguiente nivel, ello se puede evidenciar enlistando los sucesos más significativos de la siguiente manera:

- Incesantes confrontaciones entre el poder ejecutivo y el Parlamento.
- Casos de mega corrupción en los que están envueltos dirigentes políticos y funcionarios públicos.
- Alta rotación presidencial con cinco presidentes entre los años 2016 al 2021 junto con ello la alta rotación de los consejos de ministros.
- Incremento del valor del dólar, sobrepasando el techo de los S/4.00.

Esto ha provocado que la población pierda credibilidad en la política peruana lo que ha traído consigo el ascenso de propuestas populistas que no necesariamente tienen un análisis de fondo respecto a las medidas a tomar para cambiar la actual coyuntura. De igual manera esta desestabilidad política ha provocado un aumento en la tasa de riesgo país llegando a un pico de 188 puntos una vez dado a conocer los resultados preliminares de la primera fase de las elecciones presidenciales donde lideraba el candidato de izquierda Pedro Castillo, quien posteriormente fue electo presidente en la segunda vuelta (Echevarría, 2021). Por la insuficiente claridad gubernamental en relación a sus normativas, las polémicas designaciones de sus ministros, la continuidad de las confrontaciones entre el Ejecutivo y el Parlamento, y los constantes enfrentamientos dentro de las filas del partido político del Presidente, han puesto en entredicho la gobernabilidad nacional, la eficiencia de las normativas y la fiabilidad semanas después Moody's rebajó la calificación crediticia al Perú de A3 a Baa1 por primera vez en dos décadas (Reusche, como se cita en Vásquez, 2021); lo cual es una alerta de lo que podría suceder en los próximos años:

- Encarecimiento del crédito, lo cual implica que Perú deberá hacer mayores desembolsos por concepto de tasas de interés si solicita un crédito por el aumento del riesgo, lo que hace que las entidades públicas cuenten con menos recursos para invertir, por ejemplo, en vialidad, electrificación, saneamiento, etc.
- Afectación de los requisitos para que los emprendedores puedan acceder a créditos para financiar sus planes de negocios.
- Disminución de la inversión proveniente de capital extranjero, lo que generaría una reducción del dinamismo empresarial y por ende menos generación de empleo, menos ingresos y menos capacidad de consumo.

Referente específicamente al sector minero, el Presidente de la República comunicó el 28 de julio de 2021 indicó que se implementarían inéditas normativas que impactarán a las

empresas mineras que actúan en el territorio peruano, delimitando operaciones que permitan la inspección, aprovechamiento, comprobación y cese de cada proyecto (Castillo, 2021); si bien aún estas nuevas regulaciones se mantienen en la incertidumbre, es un riesgo latente ya que puede ser una fuente que desincentive la inversión de capitales en el sector minero nacional. En cuanto a los proyectos de inversión, Castillo (2021) manifestó que pondrá en marcha el juicio de productividad social, que es más importante que la concesión social. Esta perspectiva implica que las iniciativas deben estar orientadas a colaborar a avivar el progreso económico peruano; aumentar en concreto las retribuciones económicas en el país por medio de la recaudación de tributos; acrecentar la cantidad de puestos de trabajo ocupados y los sueldos; ejecutar transparencia científica; diseñar un mejor esquema de asignación de rentas; promover y preservar la cultura y el medio ambiente (Castillo, 2021).

2.1.2 Fuerza Económicas y Financieras (E)

Producto de la pandemia derivada del coronavirus, aunado a la incertidumbre política, el PBI peruano en el 2020 tuvo un descenso histórico del 11%; pero en el 2021 se recuperó al 13.3%, este rebote se dio a raíz de la contundente redención de la producción nacional propulsada por el aprovechamiento de oportunidades y la reducción de amenazas latentes. Por su parte, las proyecciones de crecimiento entre el 2022 y el 2025 se proyectan de entre el 4% al 5% impulsado por un aumento en el gasto de las empresas, la recuperación de los niveles de comercio internacional (el restablecimiento de la productividad de Mina Justa y la paulatina recuperación de Quellaveco), en un contexto internacional convulso marcado por la cautela ante el coronavirus y la aplicación de vacunas contra el virus a nivel nacional; con ello se recuperarían las cotas alcanzadas antes de la declaración del estado de emergencia (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021).

Asimismo, el actual gobierno ha marcado el comienzo de un afianzamiento paulatino fiscal gradual que facilitará la preservación de la sustentabilidad de los recursos del sector

público, en vista de la evidente mejora de la producción nacional, ello a través del Decreto de Urgencia N° 079-2021 con el cual la deuda monetaria del Sector Público No Financiero se redujo a 2.6% del producto bruto interno al cierre del 2021; y se estima su reducción gradual anual a 3.7%, 2.7%, 1.7% y 1% en los años 2022 al 2025, respectivamente. Ello contribuirá a reducir el riesgo país, implicando que las entidades públicas y las empresas podrán aspirar a obtener créditos en el exterior, permitiendo la entrada de más capital para inversiones, propiciando el progreso de la colectividad (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021).

Específicamente en el sector minero, durante el 2020, el Perú se situó como el segundo productor de plata y cobre del mundo; tercero en la industria del zinc; y en cuarto productor de molibdeno, estaño y plomo. Por otro lado, en Latinoamérica destacó como el máximo exponente en la producción de estaño, zinc, plomo y oro; teniendo también una destacada participación en la industria del molibdeno, la plata y el cobre. Así mismo, cabe recalcar que el Perú sobresale al ser una de las naciones donde las organizaciones deben hacer frente a menores costos de operación y resulta llamativo por sus condiciones tributarias y legales. En base a lo anterior, el Perú hoy en día es considerado como un lugar ideal para los proyectos mineros a pesar del estado de emergencia por el coronavirus, en el que la responsabilidad social, el deseo de superación y la adecuación ante situaciones adversas resultan esenciales en el contexto postpandemia (Ministerio de Energía y Minas, 2020).

Además, el sector minero peruano en el 2020 siguió colaborando activamente a mejorar los niveles macroeconómicos de la nación, representando una contribución del 8.8% al producto bruto interno, llegando a alcanzar el 61.9% de las actividades de comercio internacional. Con respecto a las inversiones, protagonizó el 12.7% de este rubro; al tiempo que mantuvo una implicación media de 23.3% desde el 2010 en las inversiones extranjeras (Ministerio de Energía y Minas, 2020).

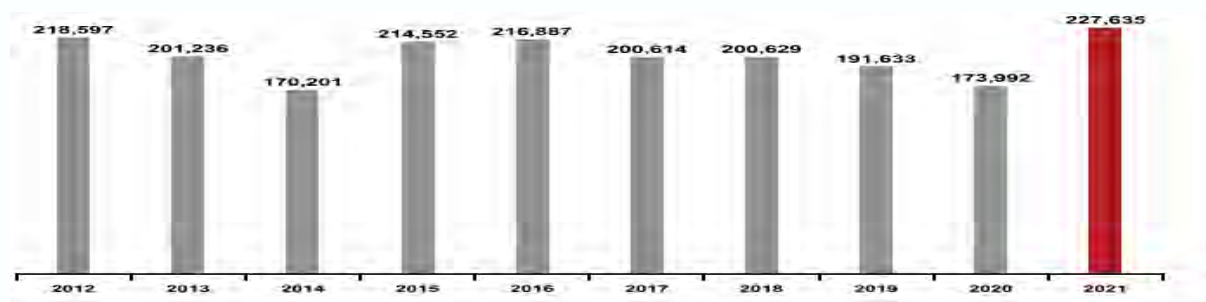
2.1.3 Fuerzas Sociales, Culturales y Demográficas (S)

Es notable mencionar la contribución social, cultural y demográfico del sector minero a través de los siguientes aspectos: (a) generación de empleo local y foráneo; (b) transferencia a los gobiernos provinciales y distritales de financiamiento a través de la renta minera y prebendas mineras (de acuerdo a leyes y contratos) para la ejecución de proyectos en los sectores de: educación, salud, transportes, entre otros; (c) generación de circunstancias propicias para el progreso de localidades ubicadas por encima de 3,500 msnm contribuyendo con ello a la descentralización nacional; y (d) inversiones sociales en desarrollo sostenible de las comunidades adyacentes a las actividades mineras (Ministerio de Energía y Minas, 2020).

Referente al empleo en total, la actividad minera generó 177,692 empleos en el 2020 implicando una disminución de 7.4% frente al 2019 (Ministerio de Energía y Minas, 2021); motivado especialmente porque las compañías mineras, en un intento por paliar los embates de la pandemia, decidieron disminuir su cantidad de colaboradores en planta y ejecutar acciones de alejamiento social más severas. En el período de enero a noviembre de 2021, de acuerdo al Ministerio de Energía y Minas (2021) el empleo generado fue de 227,635, es decir, un aumento de 30.8% respecto al cierre del 2020, esto fundamentalmente producto de la reactivación económica (ver Figura 2).

Figura 2

Evolución Anual del Empleo en Minería (Miles de Empleos)



Nota. Tomado de “Anuario Minero 2021”, por Ministerio de Energía y Minas, 2021 (<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3282284/AM2021.pdf.pdf>)

En cuanto al empleo local, las disposiciones legales mineras vigentes (D.S. N° 052-2010-EM que rectificó al D.S. N°042- 2003-EM) incentiva preferentemente el contratar personas provenientes de la región en la que se lleva a cabo la explotación minera, con la posibilidad de participar en cualquier fase del proyecto. Esto facilita la consolidación de la mano de obra local, a través de procesos de formación impulsados por los titulares del yacimiento. Gracias a estas disposiciones, de acuerdo a los informes del Ministerio de Energía y Minas (2020) recaudadas por medio de la Declaración Anual Consolidada (DAC) en el 2019, la mano de obra local perteneciente a la zona en la que se encuentra la mina representó un total de 49.2% (ver Tabla 1).

Tabla 1

Estructura del Empleo en Minería según Procedencia del Trabajador (2019)

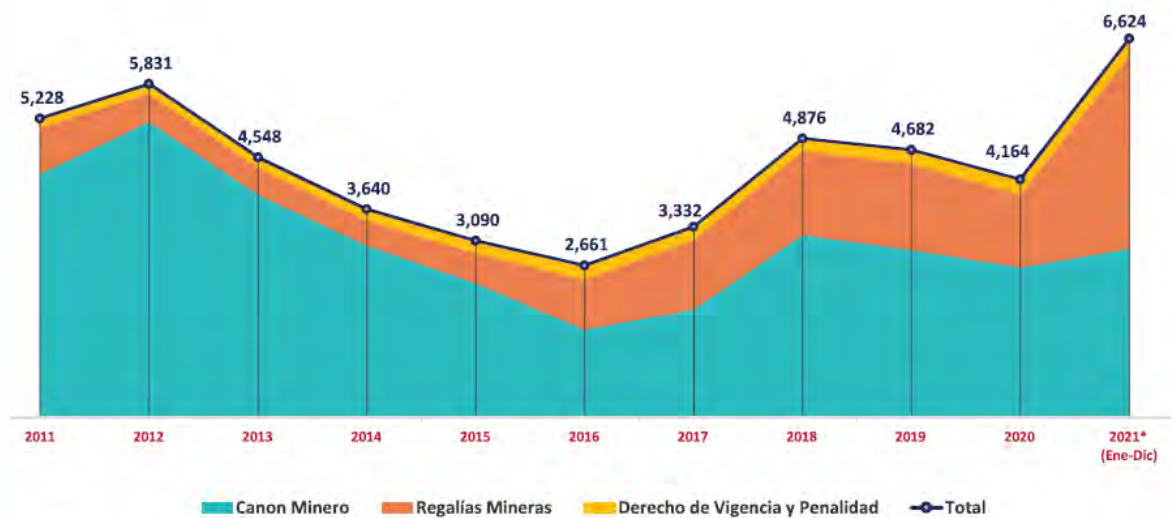
Región	% Regional	% Foráneo
Amazonas	47	53
Ancash	45	55
Apurímac	37	63
Arequipa	50	50
Ayacucho	33	67
Cajamarca	47	53
Callao	87	13
Cusco	27	73
Huancavelica	63	37
Huánuco	22	78
Ica	43	57
Junín	47	53
La Libertad	49	51
Lambayeque	100	0
Lima	47	53
Loreto	71	29
Madre de Dios	99	1
Moquegua	68	32
Pasco	57	43
Piura	88	12
Puno	76	24
San Martín	100	0
Tacna	58	42
Participación Total	49	51

Nota. Tomado de “Anuario Minero 2020” (p. 112), por Ministerio de Energía y Minas, 2020 (<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1921117/Anuario%20Minero%202020.pdf.pdf>)

Referente a los pagos a los gobiernos provinciales y distritales por rentas y prebendas mineras (acorde con leyes y contratos y derecho de vigencia y penalidad, estas representaron una cantidad de S/ 4,338 millones, lo cual implica una reducción de 7.3% frente al 2019 (Ministerio de Energía y Minas, 2020). Esto debido a las limitaciones sanitarias impuestas por el Ejecutivo, conllevando a una disminución en la explotación minera peruana y, por consiguiente, a una reducción en la recaudación de impuestos; ya en noviembre 2021 producto de la reactivación económica la recaudación fue de S/ 6,624 millones; estas transferencias son la principal fuente de ingresos para la puesta en marcha de proyectos educativos, sanitarios, de transportes, entre otros (ver Figura 3).

Figura 3

Transferencia a la Regiones (Millones de Soles)



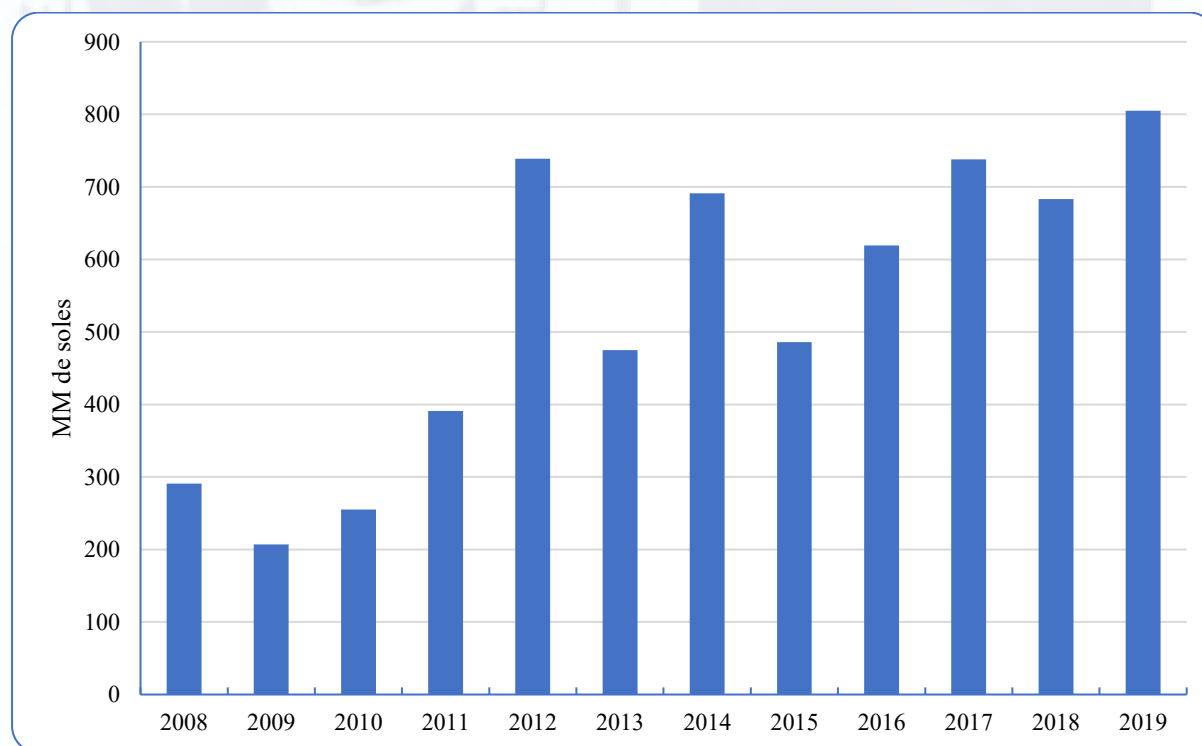
Nota. Tomado de “Anuario Minero 2020” (p. 116), por Ministerio de Energía y Minas, 2020 (<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1921117/Anuario%20Minero%202020.pdf.pdf>)

La minería permite a sus empleados acceder a mejores sueldos y salarios que en muchos otros sectores económicos, pero también impulsa la contratación de personal propio de la región en la que se ubican los yacimientos, muchos de los cuales están a más de 3,500

m.s.n.m., por lo que es de gran utilidad para llevar progreso a zonas alejadas de la capital (Ministerio de Energía y Minas, 2020). Con respecto a los aportes sociales para lograr el progreso sustentable por parte de la industria minera, estas forman parte significativa de las retribuciones destinadas a financiar diversas acciones que favorecen a poblaciones adyacentes a la actividad minera (ver Figura 4), estas inversiones son registradas mediante la Declaración Anual Consolidado (DAC). Las mismas consisten en contribuciones entregadas por las compañías mineras a fin de beneficiar a las localidades, comunidades o centros poblados cercanos al proyecto minero. Estas colaboraciones son realizadas por la titular minera, administradas y llevadas a cabo por cada compañía minera.

Figura 4

Inversión Ejecutada en Desarrollo Sostenible 2008 al 2019 (Millones de Soles)



Nota. Adaptado de “Anuario Minero 2020” (p. 125), por Ministerio de Energía y Minas, 2020 (<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1921117/Anuario%20Minero%202020.pdf.pdf>)

De acuerdo con la Defensoría del Pueblo (2021) para agosto del 2021 (ver Tabla 2) se contaba con 196 conflictos registrados a nivel nacional, de los cuales 127 corresponden a conflictos socioambientales (64.8%); de estos 127 conflictos socioambientales, 82 casos corresponden a conflictos relacionados a la actividad minera (64.6%).

Tabla 2

Conflictos Socioambientales según Actividad (Agosto 2021)

Actividad	Conteo	%
Total	127	100.0
Minería	82	64.6
Hidrocarburos	25	19.7
Residuos y Saneamiento	8	6.3
Otros	6	4.7
Energía	4	3.1
Agroindustrial	1	0.8
Forestales	1	0.8

Nota. Tomado de “Reporte de Conflictos Sociales N° 210” (p. 20), por Defensoría del Pueblo, 2021 (<https://www.defensoria.gob.pe/wp-content/uploads/2021/09/Reporte-Mensual-de-Conflictos-Sociales-N%C2%B0-210-agosto-2021.pdf>)

2.1.4 Fuerzas Tecnológicas y Científicas (T)

Dentro de los factores que han propiciado el calentamiento global se debe destacar el aumento de los requerimientos de energía, lo que ha provocado una búsqueda incesante de nuevos métodos para generarla y cubrir esa demanda. A raíz de esto, han surgido recientemente innovadoras técnicas para producir energía, inspiradas en la sostenibilidad natural y la preservación de la humanidad (Agencia Europea de Medio Ambiente, 2021). En la actualidad, la energía renovable se encuentra en auge y dentro de ellas destacan la energía solar, hidráulica, geotérmica y eólica.

Asimismo, una fuente de energía renovable proviene de la digestión anaeróbica o bioenergía. Este tipo de energía se genera en base a desperdicios robustos biológicos que normalmente se pueden recaudar en cantidades significativas en núcleos urbanos. Estos desperdicios proceden principalmente de restos de comidas y remanentes de actividades agrícolas. Los residuos tienen gran contenido de gases como el metano, que es de gran utilidad para producir energía. Por otro lado, en la actualidad ha quedado constancia de un incremento acelerado en la demanda de productos electrónicos ello ha hecho que se incremente el precio del Sn, metal que es utilizado para la soldadura para la fabricación de estos productos.

2.1.5 Fuerzas Ecológicas y Ambientales (E)

Las herramientas de gestión ecológica son recursos ideados, reglamentados y utilizados por sí mismos o de forma suplementaria con el propósito de garantizar que se satisfagan los lineamientos de la Política Nacional Ambiental y las normativas ecológicas peruanas. La entidad encargada en el Perú de su evaluación y/o aprobación es la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros (DGAAM). En el 2020, según el Ministerio de Energía y Minas (2020) dictó sentencia en 127 Instrumentos de Gestión Ambiental (IGA), en donde 45 de ellos estaban relacionados a inspección (35%), al igual que 39 a clausura de minas (31%), 41 pertenecieron a aprovechamiento (32%) y, por último, 2 a pequeños productores mineros, pequeños mineros artesanales y oficialización (2%).

Se debe destacar que de esas 127 investigaciones ecológicas ejecutadas, 74% se trataron de investigaciones aprobadas, el 13% se desaprobaron y el 13% restante se resolvieron y categorizaron como otros. De la misma forma, resulta importante subrayar que la mayoría (35%) de los IGA valorados pertenecieron a aprovechamiento, representando en conjunto 45 sumarios (Ministerio de Energía y Minas, 2020). Por esta razón, DGAAM desempeña, de acuerdo a su compromiso adquirido como unidad encargada, la valuación de

las medidas de clausura de yacimientos, al igual que los remanentes medioambientales mineros. En cuanto a las investigaciones de planes de clausura de yacimientos sentenciados en el 2020, 52% de ellos incluyeron reformas (45% admitidas y 6% reprobados), mientras que hubo 45% de renovación (39% admitidas y el resto se abandonaron) y 3% constituyeron Informes Técnicos Sustentatorios (Ministerio de Energía y Minas, 2020).

De acuerdo con la totalidad de planes de clausura de yacimiento admitidos en 2020, mayoría representaron actividades mineras destinadas especialmente al aprovechamiento de recursos metálicos, simbolizando el 84%. Dentro de ese porcentaje, 73% realiza operaciones subterráneas, 18% en la superficie y el restante aplica una metodología mixta. Así mismo, los planes de clausura admitidos en explotación no metálica, fábricas procesadoras y almacenes de mineral totalizaron 16%. Sin embargo, se debe tener en cuenta que en el Perú aún se cuenta con 82 conflictos socioambientales relacionados a la actividad minera por dar solución (Ministerio de Energía y Minas, 2020).

2.2 Oportunidades y Amenazas Identificadas

2.2.1 Oportunidades Identificadas

A continuación, se muestran las principales oportunidades identificadas tras el análisis del entorno lejano (PESTE):

- Proyección de crecimiento económico y reducción del riesgo país en los próximos tres años.
- Crecimiento proyectado de la demanda de Sn a corto, mediano y largo plazo por la expansión de la industria tecnológica.
- Proyección de altos precios del Sn ante la creciente demanda, en el año 2021 el precio del estaño logró su nivel máximo histórico, posicionándose por encima de \$ 36,000 la tonelada métrica fina del metal estaño.

- Surgimiento de tecnologías que permiten automatizar las etapas del ciclo de minado.
- Diferenciarse y posicionarse en el mercado internacional por la confianza, compromiso y cuidado de la naturaleza en sus operaciones.
- Apalancarse en los beneficios que trae consigo su operación, como la generación de empleo local, inversión en desarrollo sostenible y contribución a los gobiernos provinciales y distritales, para mantener una operación continua.
- Desarrollar iniciativas de producción de energías renovables (solar, eólica, de residuos domésticos, etc.).

2.2.2 Amenazas Identificadas

A continuación, se muestran las principales amenazas identificadas tras el análisis del entorno lejano (PESTE):

- Moody's ha rebajado la calificación crediticia al Perú de A3 a Baa1 por la inestabilidad política que vive el país.
- Conflictos sociales, por incumplimiento de promesas electorales populistas de autoridades locales, regional y nacional que genere interrupciones en las operaciones mineras.
- La implementación por el Gobierno del criterio de rentabilidad social trae consigo un mayor estricto control en la gestión social y ambiental.
- Comportamiento cíclico e imprevisible de los precios de los metales.
- Potencial tercera y cuarta ola del Covid 19 con mayor potencial infeccioso.
- Desarrollo de nuevos productos sustitutos al estaño.
- Se cuenta en el Perú con 82 conflictos socioambientales relacionados a la actividad minera, lo cual genera un factor de rechazo por la población a la minería y es potencial de causa para paralización de la Unidad Minera.

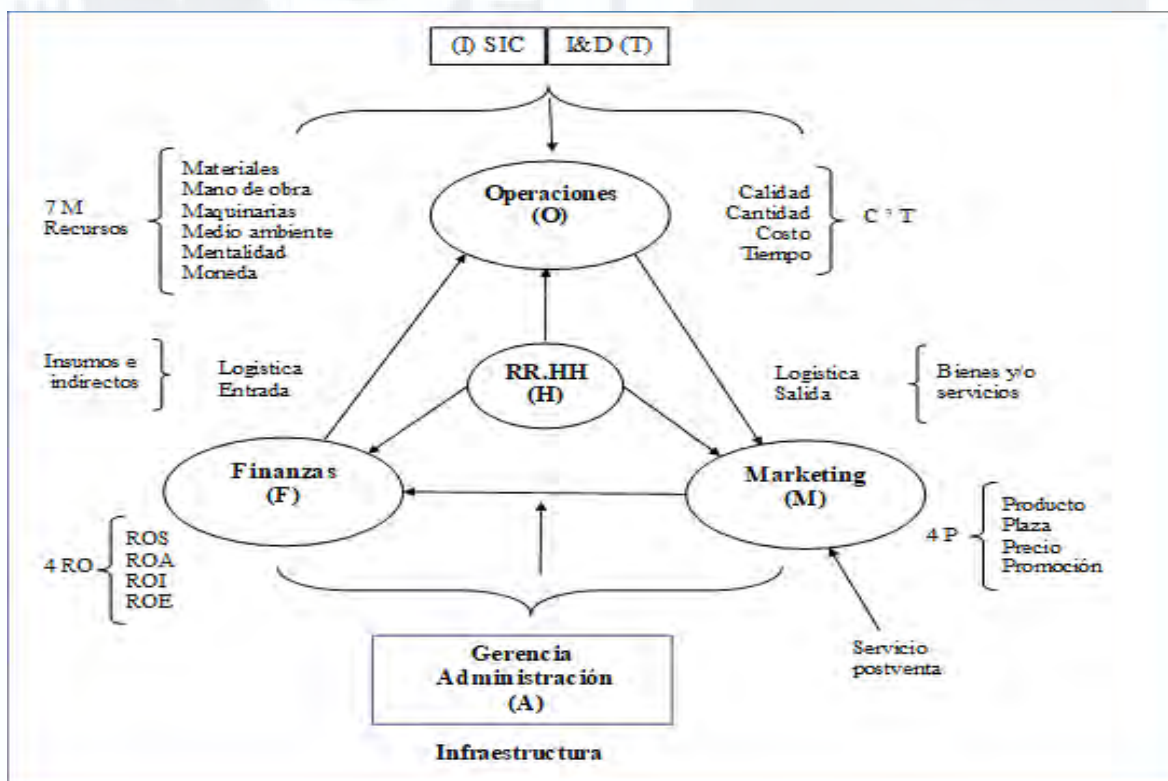
- Surgimiento de nuevas regulaciones referidas a la preservación del medio ambiente.
- Sensación de mayor poder por las poblaciones locales debido al gobierno de izquierda a paralizar las operaciones mineras ante desacuerdos con las operaciones mineras (referidos al cumplimiento de compromisos sociales y ambientales).

2.3 Análisis Interno AMOFHIT

Una valoración interior posibilita examinar y hacer una retroalimentación del rendimiento de sus departamentos principales (ver Figura 5); en dichos departamentos internos, lo primordial para los planes fundamentales no reside en sus operaciones, sino en los elementos tácticos que resultan de su estudio (D'Alessio, 2015).

Figura 5

Ciclo Operativo de la Organización



Nota. Adaptado de *El proceso estratégico: Un enfoque de gerencia* (3a ed. rev., p. 171), por F. A. D'Alessio, 2015, Pearson.

2.3.1 Administración y Gerencia (A)

Referente a los procesos operacionales, el persistente propósito de esta área consiste en incrementar el rendimiento, de tal manera que aumenten las oportunidades de posicionar la empresa en el sector económico nacional e internacional al que pertenece. Asimismo, la dirección se encarga de conducir acciones tanto operativas como tácticas, además de fijar la ruta a seguir y las estrategias de la compañía (D'Alessio, 2015, p. 167). Del análisis de esta área funcional se distinguieron las siguientes debilidades y fortalezas:

Fortalezas. Según el análisis de los elementos interiores de la organización (Administración y Gerencia) se identificaron las siguientes fortalezas:

- Directores y gerentes con amplia experiencia y gran reputación en el sector minero.
- Viene implementando la metodología Lean a través del programa LinGo que permite una diligente toma de decisiones y lo más cercano posible a los procesos donde se genera valor (Procesos Operativos).
- Alto prestigio en el sector siendo incluso la única minera de capital peruano que es miembro del ICMM (International Council on Mining & Metal), organización de talla mundial dedicada a aumentar el rendimiento colectivo y ecológico del sector minero.
- Adopción de buenas prácticas de dirección colectiva y compromiso.

Debilidades. Según el análisis de los elementos interiores de la organización (Administración y Gerencia) se identificaron las siguientes debilidades:

- Arrastra muchos años con un liderazgo transaccional; se ha migrado desde el 2013 el migrar a un liderazgo transformacional con una organización más horizontal con mayor acercamiento a las personas.
- En la solución de problemas no se utilizan metodologías de resolución que permitan identificar las causas raíz y no se establecen planes de acción para darles solución.

2.3.2 Marketing y Ventas & Investigación de Mercado (M)

El marketing consiste en direccionar un conjunto de acciones organizacionales a cubrir las demandas de los clientes por medio de la adaptación de los productos y servicios ofrecidos por la empresa y constituye una actividad esencial para competir en el entorno globalizado actual. De estas acciones van a depender las estrategias diseñadas para promocionar la producción, determinar los canales de distribución y fijar el precio más idóneo, además de establecer los instrumentos de estudio, fragmentación de los mercados, y colocación de los bienes (D'Alessio, 2015, p. 170). Para el análisis de fortalezas y debilidades en esta área funcional se analizaron las 4P del mercado, las cuales se muestran a continuación:

Producto. Minsur S.A. en la línea de negocio del estaño está verticalmente integrada desde la Unidad Minera de San Rafael (productora de concentrados de estaño) hasta la Fundición y Refinería de Pisco, siendo su producto terminado las barras de 99.95% de pureza de Sn.

Precio. El metal de estaño se cotiza en dólares americanos, su valor comercial está establecido de acuerdo con la cotización en mercados foráneos. Durante 2021, el valor del estaño logró su nivel máximo histórico, posicionándose por encima de \$ 36,000 la tonelada métrica fina del metal estaño (ver Figura 6).

Figura 6

Variación de Precios del Estaño, Data Histórica en USD/TM fino Sn.



Nota. Tomado de “Precio del Estaño”, por Temáticas, 2022

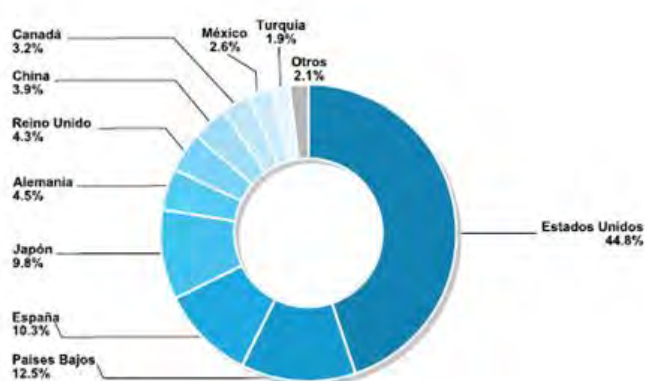
(<https://tematicas.org/indicadores-economicos/economia-internacional/precios/precio-estano/>)

Plaza. Los principales destinos de exportación son EE.UU. (44.8%), Países Bajos (12.5%), España (10.3%), y Japón (9.8%) (ver Figura 7).

Figura 7

Destino de Exportaciones Nacionales del Estaño 2020

PAÍS	US\$ MM	%
ESTADOS UNIDOS	160.14	44.8%
PAÍSES BAJOS (HOLANDA)	44.81	12.5%
ESPAÑA	36.93	10.3%
JAPÓN	35.03	9.8%
ALEMANIA	16.07	4.5%
REINO UNIDO	15.44	4.3%
CHINA	14.02	3.9%
CANADÁ	11.28	3.2%
MÉXICO	9.16	2.6%
TURQUÍA	6.86	1.9%
OTROS	7.42	2.1%
TOTAL	357	100%



Nota. Tomado de “Anuario Minero 2020”, por Ministerio de Energía y Minas, 2020

(<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1921117/Anuario%20Minero%202020.pdf.pdf>)

Promoción. Tanto Minsur S.A, como la Unidad Minera de San Rafael poseen patentes actualizadas de seguridad, entorno y calidad, identificadas como OSHAS 18001, ISO 14001 e ISO 9001, en el orden dado, siendo estas renovadas cada año. Además, en el presente año logró la certificación por cumplir con los requisitos de Evaluación del Protocolo de Bioseguridad Covid-19 por Bureau Veritas en setiembre del 2020. Para consolidar la condición de generador de estaño de Minsur S.A., se impulsó en 2019 la campaña estratégica “SusTINable”, cuyo propósito radicaba en dejar constancia de la preocupación de la organización con la protección del medio ambiente, rastreabilidad en las fases de producción y responsabilidad social corporativa. Además, se desarrolló un nuevo plan con el propósito de aproximarse a los afiliados con mayor organización, efectuando supervisiones a sus instalaciones para distinguir posibilidades para generar valor de forma conjunta.

Fortalezas. Según el estudio de los elementos interiores de la organización (Marketing y Ventas & Investigación de Mercado) las fortalezas son las siguientes:

- Único productor de estaño en el Perú, el primer productor en latinoamericano y cuarto productor en el mundo.
- Minsur S.A. está verticalmente integrada desde la extracción del mineral, el proceso de concentración, la función, refinería y moldeo de barras de 99.95% de pureza de Sn.
- En el año 2021, el precio del estaño logro su nivel máximo histórico, posicionándose por encima de \$ 36,000 la tonelada métrica fina del metal estaño.
- Posee patentes actualizadas de seguridad, entorno y calidad, identificadas como: OSHAS 18001, ISO 14001 e ISO 9001, en ese orden.
- Posee un plan cuyo el propósito es aproximarse a los afiliados con mayor organización, efectuando supervisiones a sus instalaciones para distinguir posibilidades para generar valor de forma conjunta.

- Cuenta con la estrategia de marca “SusTINable”, que garantiza al cliente contar con productos obtenidos por medio de la protección del medio ambiente, rastreabilidad en las fases de producción y responsabilidad social corporativa.

Debilidades. Según el estudio de los elementos interiores de la organización (Marketing y Ventas & Investigación de Mercado) las debilidades son las siguientes:

- No promociona los esfuerzos y controles que utiliza la empresa para operar cumpliendo la actual legislación referida al cuidado del medio ambiente.
- No promociona la contribución social que realiza al desarrollo de las comunidades locales cercanas a la operación.

2.3.3 Operaciones & Logística e Infraestructura (O)

Esto incluye la dirección de actividades productivas, la consolidación de las estrategias más adecuadas para los procedimientos operacionales y las instalaciones más convenientes para efectuar las operaciones. Asimismo, de acuerdo a Skinner (1985) esta área representa aproximadamente 75% de la inversión de una compañía, así como del 80% de la plantilla y 85% de sus desembolsos, de tal manera que la directiva debería darle una importancia más táctica que operativa por su trascendencia (D’Alessio, 2015, p. 172).

Fortalezas. Según el estudio de los elementos interiores de la organización (Operaciones & Logística e Infraestructura) las fortalezas son las siguientes:

- San Rafael posee un yacimiento de estaño, con recursos geológicos de 11.9 millones de toneladas con ley de 2.28% Sn, entre recursos medidos, indicados e inferidos. En reservas cuenta con 7.4 millones de toneladas con ley de 1.92% Sn, entre reserva probada y probable.
- Usa el modelo de aprovechamiento sub *level stoping* y similares, su volumen productivo por día alcanza las 3,500 TMS de mineral extraído.

- La Unidad San Rafael actualmente cuenta con dos plantas de beneficio mediante el proceso de gravimetría y flotación, con capacidades 3,350 TMS por día (toneladas métricas secas por día de régimen) en la planta San Rafael y de 2,500 TMS por día en la planta concentradora B2 (planta de reaprovechamiento de relaves).
- Empresa verticalmente integrada hacia adelante con Fundición y Refinería en Pisco.

Debilidades. Según el estudio de los elementos interiores de la organización

(Operaciones & Logística e Infraestructura) las debilidades son las siguientes:

- Débil desempeño ambiental (prevenir la contaminación y asegurar un correcto plan de cierre) y producción consciente (disminución de desechos generados en la operación y gestión de materiales peligrosos), de acuerdo con el principio 06 y 09 del ICMM (International Council on Mining & Metal).
- Débil estrategia en gestión social, necesidad de fortalecer el enfoque de valor compartido y reducción de brechas de servicios básicos de la colectividad de AID (zona de influjo directa).
- Elevadas aspiraciones económicas de terratenientes con posesiones adentro de la cesión minera.

2.3.4 Finanzas y Contabilidad (F)

El departamento financiero se encarga de conseguir el capital requerido cuando resulta conveniente, además de los demás recursos en la cuantía, condiciones, y valor económico demandado; de tal manera que la empresa logre desarrollar sus procesos productivos sin interrupciones (D'Alessio, 2015, p. 173).

Fortaleza. Según el estudio de los elementos interiores de la organización (Finanzas y Contabilidad) esta área tiene una fortaleza de caja para afrontar las obligaciones inmediatas y futuras, además de una elevada capacidad de financiamiento.

Debilidades. Según el estudio de los elementos interiores de la organización (Finanzas y Contabilidad) dentro de las debilidades se distinguen las siguientes:

- Elevado *cash cost* operativo, respecto a operaciones subterráneas de mediana escala nacional (extracción de mineral menor a 5,000 TMS diarias).
- Insuficiente capacidad de manejo de ejecución y gasto del CAPEX aprobado.

2.3.5 RRHH y Cultura (H)

Los empleados representan el activo de mayor importancia que posee una empresa, pues son los encargados de gestionar los bienes materiales e inmateriales, permitiendo el desarrollo del proceso productivo e instaurar nexos que faciliten la consecución de los objetivos institucionales. No obstante, representa el activo menos previsible y más voluble, puesto que tiene una influencia significativa en el clima organizacional y en la afinidad entre colaboradores de la empresa (D'Alessio, 2015, p. 175).

Fortalezas. Según el estudio de los elementos interiores de la organización (RRHH y Cultura) dentro de las fortalezas se distinguen las siguientes:

- Alto potencial de generación de empleo por la Unidad Minera San Rafael: 2,597 puestos laborales, perteneciendo 664 colaboradores a la nómina de Minsur (25.6%) y 1,933 individuos a las diversas organizaciones contratistas calificadas (74.4%).
- Programa de evaluación de desempeño meritocrático que permite alinear los trabajos operativos a los objetivos estratégicos.
- Programa de evaluación de competencias 360°.

Debilidades. Según el estudio de los elementos interiores de la organización (RRHH y Cultura) dentro de las debilidades se distinguen las siguientes:

- Débil cultura y clima laboral en la unidad minera.

- Rotación de personal en la unidad minera por sistemas de trabajos atípico 14*7 que dificulta un equilibrio entre el aspecto laboral y familiar.
- No se cuenta con un programa de acercamiento del corporativo a las unidades que permita alinear los objetivos y prioridades en las áreas de apoyo.

2.3.6 Sistemas de Información & Comunicaciones (I)

Los medios de información e intercambio facilitan el apoyo tecnológico para escoger alternativas ante la incertidumbre, permitir el desarrollo de las operaciones, posibilitar el logro de objetivos de mercadeo, simplificar la gestión del capital, favorecer la creación de vínculos con los *stakeholders*, entre otros. Los medios de información e intercambio eficaces permiten contar con un *feedback* que ampare las estrategias y decisiones tomadas por la directiva en contextos de alta incertidumbre, por medio de la utilización de las TIC (D'Alessio, 2015, p. 178).

Fortaleza. Según el estudio de los elementos interiores de la organización (Sistemas de Información & Comunicaciones) la fortaleza de esta área es que Minsur S.A. cuenta con ERP SAP que permite integrar los procesos de apoyo: módulo MM (para la gestión de materiales), módulos CO (para el control y contabilidad de costos), módulo PP (para la planificación de productos), módulo PM (para la planificación de mantenimiento de la planta concentradora) y módulo HR (para la gestión de recursos humanos); ERP: Systemin 8.0, que integra la información de los procesos operativos: mina, planta, geología, recursos humanos y seguridad.

2.3.7 Tecnología & Investigación y Desarrollo (T)

Abarca todo tipo de invenciones, adelantos, invenciones y hallazgos relacionados con equipamientos, componentes, operaciones, artículos, entre otros, que facilitan la obtención de licencias y derechos de pertenencia a favor de la empresa, constituyendo preciados recursos que permiten el crecimiento y sostenibilidad de la compañía (D'Alessio, 2015, p. 179).

Fortalezas. Según el estudio de los elementos interiores de la organización (Tecnología & Investigación y Desarrollo) las fortalezas son las siguientes:

- Cuenta con la tecnología Ore Sorting (uso de rayos x para la separación del mineral de Sn de la ganga) que permitió el tratamiento de mineral de baja ley.
- Cuenta con la tecnología para el tratamiento de reaprovechamiento de relaves.
- En la mina subterránea cuenta con procesos automatizados, medios de aprovechamiento intensivo (sub *level stoping* y similares), utilización de maquinaria operada a distancia (*scooptrams*) y métodos robóticos de soporte con *shotcrete* por vía húmeda.

2.4 Fortalezas y Debilidades Identificadas

2.4.1 Fortalezas Identificadas

- Metodología Lean en proceso de implementación la cual permite tomar decisiones más rápidas y lo más cercano a los procesos donde se genera el valor.
- Operadores y técnicos con experiencia superior a tres décadas extrayendo y procesando mineral de Sn
- En proceso de migración de un liderazgo transaccional a uno transformacional.
- Miembro del ICMM (International Council on Mining & Metal), consejo de carácter mundial comprometido con la responsabilidad social corporativa y la ecología.
- Posee certificados actualizados de seguridad, medio ambiente y calidad, identificadas como: OSHAS 18001, ISO 14001 e ISO 9001.
- Suficiencia de caja para afrontar las obligaciones inmediatas y futuras, además de una elevada capacidad de financiamiento.
- Tecnología para tratamiento de mineral de baja ley y reaprovechamiento de relaves.
- Verticalmente integrada hacia adelante con la Fundición y Refinería de Pisco.

- Estricto protocolo interno ante el Covid 19.

2.4.2 Debilidades Identificadas

- Elevado *cash cost* operativo, respecto a operaciones subterráneas de mediana escala nacional (extracción de mineral menor a 5,000 TMS diarias).
- Rotación de personal en la unidad minera por sistemas de trabajos atípico 14*7 que dificulta un equilibrio entre el aspecto laboral y familiar y por bajos estándares de habitabilidad, alimentación y movilización.
- Débil desempeño ambiental (prevenir la contaminación y asegurar un correcto plan de cierre) y producción responsable (reducir los residuos generados en la operación y gestión de los materiales peligrosos), acordes al principio 06 y 09 del ICMM (International Council on Mining & Metal), que se refleja en el bajo % de ejecución de los proyectos de excelencia ambiental.
- Bajo desempeño de la gestión social referida al empleo de mano de obra local menor al 25%.
- No se utilizan metodologías de resolución de problemas lo que no permite atacar las causas raíces y por ende soluciones sostenibles.
- Débil desempeño en seguridad, es decir, altos índices de frecuencia de eventos de alto potencial.
- Infraestructura de ya más de 30 años en planta concentradora que requiere renovación.
- LOM Proyectado de ocho años.
- Relleno Sanitario cuya capacidad está próxima a colapsar debido al constante aumento en la generación de residuos sólidos.

2.5 Definición de Estrategias

Esta sección tiene como objetivo el poder identificar el conjunto de estrategias que debe desplegar Minsur S.A. a través del análisis de las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas identificadas; a través de la metodología de alineamiento estratégico Hoshin Kanri se filtran y priorizan las estrategias alineadas a las directrices de la alta dirección.

2.5.1 Análisis FODA

A partir de las fortalezas, amenazas, debilidades y oportunidades identificadas y en colaboración con la Gerencia de Operaciones y la Gerencia de Unidad de la Unidad Minera San Rafael se desarrollaron un conjunto de estrategias (ver Tabla 3).

2.6 Resumen del Capítulo

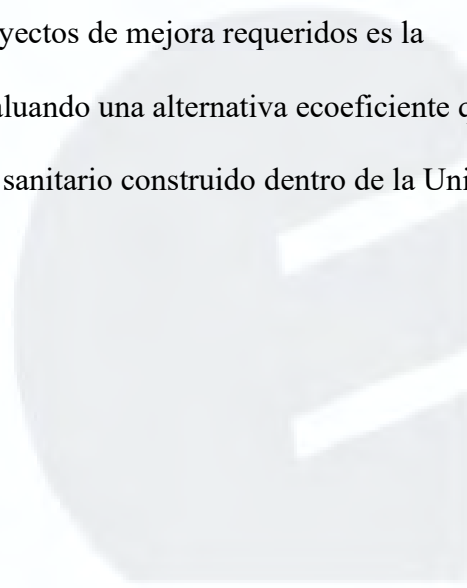
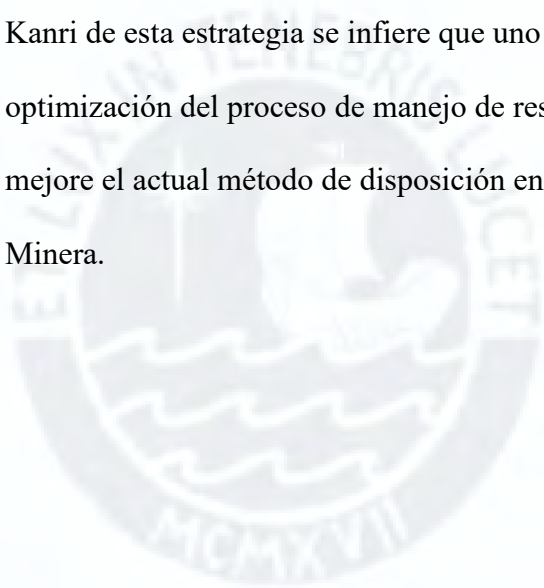
Del análisis PESTE se infiere que las principales oportunidades son: la proyección de crecimiento económico del Perú, el crecimiento proyectado de la demanda de estaño en los próximos años, y la proyección de altos precios del estaño ante la creciente demanda. De igual modo, las principales amenazas identificadas son: la incertidumbre de los efectos del Covid 19, la sensación de mayor poder por parte las comunidades locales a paralizar operaciones mineras, un estricto control en la gestión social y ambiental por parte del gobierno además del surgimiento de nuevas regulaciones sociales y ambientales.

Del análisis AMOFHIT se infiere que las principales fortalezas son: contar con un estricto protocolo interno para prevenir el contagio del Covid 19, ser miembro del ICMM (organización internacional que se dedica a mejorar el desempeño social y ambiental), contar con certificaciones internacionales vigentes de seguridad, medio ambiente y calidad; contar con suficiencia económica para afrontar las obligaciones sociales y ambientales en el corto y mediano plazo, además de una elevada capacidad de financiamiento.

Tabla 3*Matriz FODA Minsur S.A.*

	Fortalezas	Debilidades
	Estrategias FO	Estrategias DO
	Aumentar la capacidad de la Planta a 3350 tpd	Mapear iniciativas de mejora orientadas a aumentar recuperación, % de Sn en el concentrado y reducir el Cash cost
	Seguir invirtiendo en exploraciones para incrementar los Recursos y con ello ampliar el LOM	Invertir en el desarrollo y capacitación del personal interno para reconocer y motivar al personal, como medio de fidelización
Oportunidades	Evaluar nuevas alternativas de tratamiento de mineral de baja ley (desmonteras) y relaves (depósitos de relaves)	Mejorar la experiencia de los colaboradores durante su estancia en la Unidad
	Implementación de metodología Lean Management	
	Estrategias FA	Estrategias DA
	Acercar a los trabajadores de la unidad a los jóvenes de la comunidad a través del mentoring	Aumentar el % de mano de obra local
	Reducir la cantidad de personal en la Unidad que permita reducir el riesgo de contacto	Promover y dar a conocer los beneficios a las comunidades locales que trae consigo la operación de la unidad minera
Amenazas		Mejoramiento continuo del desempeño ambiental
		Facilitar y estimular el diseño, uso, reutilización, reciclaje y disposición responsable de nuestros productos que contengan metales y minerales.

También se puede destacar que las principales debilidades identificadas son: la gestión actual de residuos no contempla el tratamiento de los residuos generados por la operación acordes al principio 06 y 09 del ICMM, relleno sanitario cuya capacidad está próxima a llenarse debido al constante aumento en la generación de residuos sólidos, y un empleo de mano de obra local menor al 25% (promedio el sector). Entre las estrategias determinadas del análisis FODA desarrollado con la alta dirección de la Unidad Minera se encuentra el mejoramiento continuo del desempeño ambiental, así mismo del análisis Hoshin Kanri de esta estrategia se infiere que uno de los proyectos de mejora requeridos es la optimización del proceso de manejo de residuos, evaluando una alternativa ecoeficiente que mejore el actual método de disposición en el relleno sanitario construido dentro de la Unidad Minera.



Capítulo III: Problema Clave

Después de haber efectuado la evaluación tanto externa como interna que influyen en la actual situación de la Unidad Minera San Rafael se formula en este capítulo la metodología para la determinación de los problemas fundamentales. Para ello, se estableció la matriz Hoshin Kanri, que es un método o sistema de trabajo que permite alcanzar los objetivos estratégicos a largo plazo con el plan de gestión a corto plazo, a través de los criterios de priorización, que será analizado con mayor rigurosidad mediante el *business consulting*.

3.1 Directrices Estratégicas

Según Minsur (2021) las directrices estratégicas en las que está enfocada la empresa con el fin de garantizar su sostenibilidad en el largo plazo son las siguientes:

- Propósito trascendente: Mejorar la vida, transformando minerales en bienestar.
- Sostenibilidad y excelencia operativa: Ser una máquina perpetua de hacer minería de productos competitivos.
- Gobernanza responsable: Contar con sistemas corporativos de gestión, gobernanza y cumplimiento.
- Valor compartido: Lograr relación de confianza y comunicación transparente con todos sus *stakeholders* (talento, comunidades, inversionistas, proveedores y clientes).
- Sostenibilidad social: Ser reconocidos por ser una unidad que opera con responsabilidad social.
- Cuidado del medio ambiente: Asegurar la conservación y protección del planeta mediante el cumplimiento de los principios mineros del International Council on Mining & Metal (ICMM).
- Seguridad y salud: Demostrar que la visión cero accidentes es posible poniendo a las personas en el centro de las decisiones.

3.2 Alineamiento Estratégico Hoshin Kanri

Se utiliza el método de alineamiento estratégico Hoshin Kanri para alinear las estrategias surgidas del FODA a las directrices estratégicas de la alta dirección; a partir de ese alineamiento se busca dar visibilidad a las estrategias que ya se vienen abordando a través de proyectos de mejora, es decir, que ya están en ejecución o en planificación. Del mismo modo, se busca dar visibilidad a las estrategias que actualmente no se están abordando a través de proyectos de mejora, este trabajo se hizo en conjunto con la Gerencia de Unidad y el resultado se muestra líneas abajo (ver Tabla 4).

3.3 Lista de Problemas Identificados

El Hoshin Kanri permite tener la visibilidad de que existen tres estrategias que actualmente no cuentan con un proyecto de mejora en planificación o ejecución asociado a llevar a ejecución dichas estrategia, siendo estas:

- Desarrollar programa de acercamiento de los líderes de la unidad a los jóvenes las comunidades de influencia de la operación.
- Aumentar el porcentaje de mano de obra local de las áreas de influencia directa.
- Mejora de la gestión integral de residuos.

El no contar con proyectos que aborden estas estrategias conlleva a que la empresa esté expuesta a potenciales problemas los cuales se analizan y detallan a continuación.

3.3.1 Falta de un Programa de Acercamiento de los Líderes de la Unidad a los Jóvenes de las Comunidades de Influencia de la Operación

La falta de un proyecto que permita fomentar el acercamiento de los líderes a los jóvenes de las comunidades de influencia contribuye a que estos jóvenes crezcan con una perspectiva negativa del desarrollo de la actividad minera y en un futuro puedan llegar a convertirse en activistas en contra de la minería, siendo la repercusión para la empresa un aumento del riesgo de conflictos que afecten el normal desarrollo de las operaciones.

Tabla 4

Matriz Hoshin Kanri

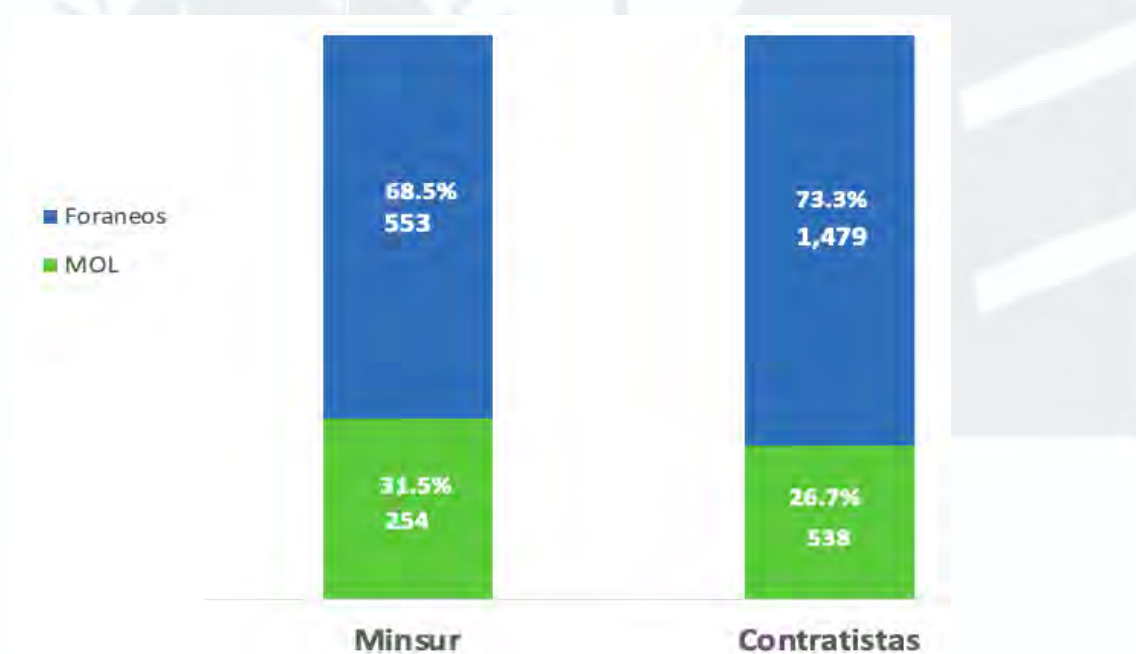
Visión replanteada: Ser una empresa de clase mundial, generadora de valor en la industria minera Latinoamericana hacia el 2030, siendo un referente en términos de seguridad, eficiencia operacional, responsabilidad socioambiental y desarrollo de personas				
Misión replanteada: Desarrollamos y operamos activos mineros de manera sostenible, siendo un referente en términos de Seguridad, Eficiencia Operacional, Responsabilidad Socio Ambiental y Desarrollo de Personas, con innovación y adaptación tecnológica				
Valores: Seguridad, Responsabilidad, Integridad, Compromiso, Excelencia y Confianza				
Aspectos	Dirección	Planeación De La Gerencia		Ejecución
Propósito trascendente	Directrices Mejoramos la vida, transformando minerales en bienestar	Estrategia Vincular la conexión emocional de todo el equipo con el propósito de la Cía.	Responsable Gerente de Unidad	Proyectos de Mejora Mejora del bienestar dentro de la Unidad Minera San Rafael desarrollando una más sólida de gestión de personas orientadas a: <ul style="list-style-type: none"> Mejorar condiciones de habitabilidad, transportes y alimentación Generar un canal para solucionar los obstáculos Fortalecer el liderazgo, contar con una línea de desarrollo, contar con un programa reconocimiento y mejorar de la comunicación Recategorizar puestos con brechas
Sostenibilidad y excelencia Operativa	Ser una máquina perpetua de hacer minería de productos competitivos	Seguir invirtiendo en exploraciones para incrementar los Recursos y con ello ampliar el LOM Evaluar nuevas desmonteras (mineral de baja ley) y depósitos de relaves a ser tratados	Gerente de Operaciones	Continuar sondajes en Jorge Sur, SR, SG y Sistema Vicente. Evaluar potencial de tratamiento de relavera B3 en Planta de tratamiento de Relaves B2
Gobernanza Responsable	Implementar sistemas corporativos eficientes e innovadores de gestión, gobernanza y cumplimiento.	Implementación de metodología Lean Management	Gerente de Operaciones	Rediseñar, simplificar y estandarizar los procesos Buscar mayor presencia de los líderes en los repartos de guardia con los operadores para generar una cultura de mayor cercanía y por ende una organización más horizontal y una toma de decisiones más rápida
Procesos	Elaborar productos competitivos manera duradera y sistemática.	Mapear iniciativas de mejora orientadas a aumentar recuperación, % de Sn en el concentrado y reducir el <i>cash cost</i>	Gerente de Operaciones	Evaluar necesidades de renovación de equipos en planta concentradora necesarios para aumentar la recuperación y el % de Sn en el concentrado Evaluar consolidar en contratos corporativos los servicios que se requieren en las unidades mineras del Grupo Breca: San Rafael, Fundición Pisco, Pucamarca y Raura
Valor Compartido	Lograr relación de confianza y comunicación transparente con todos sus stakeholders (talento, comunidades, inversionistas, proveedores y clientes)	Desarrollar programa de acercamiento de los líderes de la unidad a las comunidades de influencia de la operación	Gerente de Unidad	* No se cuenta con un proyecto planificado o en ejecución alineado a esta estrategia
Sostenibilidad Social	Ser reconocidos por ser una unidad que opera con responsabilidad social	Aumentar el % de mano de obra local de las Áreas de Influencia Directa	Gerente de Gestión Social	* No se cuenta con un proyecto planificado o en ejecución alineado a esta estrategia
Sostenibilidad Ambiental	Asegurar la conservación y protección del planeta mediante el cumplimiento de los principios mineros del ICMM (International Council on Mining & Metal).	Mejora de la gestión integral de residuos	Superintendente de Medio Ambiente	* No se cuenta con un proyecto planificado o en ejecución alineado a esta estrategia
Seguridad y Salud	Demostrar que la visión cero accidentes es posible poniendo a las personas en el centro de nuestras decisiones	Mejora continua del desempeño en seguridad Minimizar la cantidad de contagios por Covid 19	Superintendente de Seguridad y Salud	<i>Benchmarking</i> con otros miembros del ICMM para identificar oportunidades de mejora referente gestión de seguridad a implementarse como estrategia de posicionamiento en el mundo Evaluar la compra de tecnologías de operación remota en el ciclo de minado Desarrollar un plan de acción para mejorar el desempeño en seguridad utilizando la metodología de análisis de causa raíz Establecer trabajo remoto para el personal cuya presencialidad no es estrictamente necesaria para el desarrollo de las operaciones que permita reducir el riesgo de contagio por contacto

3.3.2 Bajo Porcentaje de Mano de Obra Local de las Áreas de Influencia Directa

Actualmente, el porcentaje de mano de obra local de las áreas de influencia directa de la Unidad Minera por parte de las empresas contratistas es de 28.2% a marzo del 2022. Lo exigido por las comunidades de influencia es mantener un mínimo de 32%, compromiso que está mapeado en cumplirse para el 2022. Al día de hoy, la Unidad Minera no cuenta con un proyecto de mejora para lograr el compromiso, el no llegar a este mínimo puede generar una potencial paralización de las operaciones por bloqueos en los accesos a la Unidad Minera.

Figura 8

Porcentaje de Mano de Obra Local de las Áreas de Influencia Directa



3.3.3 Falta de Mejora de la Gestión Integral de Residuos

Minsur actualmente es miembro del ICMM y las empresas mineras en el mundo miembros de este consejo tienen el objetivo de desarrollar sus operaciones asegurando la conservación y protección del planeta. Uno de los compromisos establecidos por Minsur como miembro de este consejo, es la mejora continua en la gestión integral de los residuos generados por su operación, con el objetivo de seguir minimizando el impacto al medio

ambiente (Minsur, 2021). En la actualidad, no se cuenta con un proyecto que esté abordando este compromiso, lo cual representa un riesgo para Minsur en dejar de pertenecer a este consejo, lo que generaría una afectación a la imagen institucional y la potencial pérdida de algunos de los clientes con los que cuenta en su cartera.

3.4 Priorización del Problema a Atacar

La metodología utilizada para priorizar la estrategia que debe ser llevada a ejecución con urgencia a través de un proyecto de mejora estuvo basada en la ejecución de talleres con los principales funcionarios de la Minera San Rafael. Para ello fue de crucial importancia las participaciones del gerente de operaciones, del superintendente de medio ambiente y el superintendente de seguridad. A partir de los potenciales problemas que pueden generar el no contar con un proyecto que lleve a ejecución a las tres estrategias detalladas en el subcapítulo 3.3, se estableció una matriz de valoración en cuanto a impacto y oportunidad de atención; es así que se estableció la siguiente fórmula de priorización:

$$P = I * (I_r + F + T)$$

Donde P, es la prioridad. I es el impacto en la continuidad operativa, I_r es la inversión requerida. F es la factibilidad, T es el tiempo de implementación. Las dimensiones de evaluación: I, I_r , F y T fueron cuantificadas en la escala del 1 al 3 en la Tabla 5 según lo siguiente:

Tabla 5

Criterios para la Priorización del Problema

Dimensión	Bajo(a)	Medio(a)	Alto(a)
I	1	2	3
I_r	3	2	1
F	1	2	3
T	3	2	1

3.5 Identificación del Problema Principal

En base a la fórmula establecida en el subcapítulo 3.4 se priorizaron las estrategias que aún no cuentan con un proyecto de mejora con su posterior ejecución y que se debe de priorizar en base a los potenciales problemas que se pueden generar al no ser atendidos, estos fueron detallados en el capítulo 3.3.

Tabla 6

Estrategias que No Tienen un Proyecto de Mejora

Estrategias	I	Ir	F	T	P
Desarrollar programa de acercamiento de los líderes de la unidad a los jóvenes de las comunidades de influencia de la operación	2	3	3	1	14
Aumentar el porcentaje de mano de obra local de las áreas de influencia directa de las contratistas	3	1	2	1	12
Mejora de la gestión integral de residuos	2	2	3	3	16

3.6 Descripción del Problema Clave

La estrategia priorizada que se decidió abordar fue la “Mejora de la gestión integral de residuos”. Para poder definir el proyecto que permita llevar a ejecución esta estrategia se describe la situación actual de cómo se gestionan los residuos detallando primero las fuentes de generación, para luego explicar cómo estos se clasifican y luego cómo se gestionan, posterior a ello se realizó una cuantificación del volumen de residuos que se manejan actualmente, y finalmente se realizó un análisis del problema detallado.

3.6.1 Fuentes de Generación

Se partió de la premisa que los residuos que gestiona la Unidad Minera son aquellos que se originan dentro de las instalaciones de la unidad, propios de los procesos de la operación, por ello para definir las fuentes de generación se utilizó como punto de partida el mapa de procesos de la UM San Rafael que se muestra a continuación: en la Figura 9. En la Tabla 7 se detallan las fuentes de generación por cada tipo de residuos y del mapa de procesos se pueden identificar las siguientes fuentes de generación de residuos:

- Operación mina subterránea
- Operación de la Planta B2
- Operación Planta Concentradora
- Operación de la Planta B2
- Mantenimiento de equipo y maquinaria
- Oficinas
- Tópicos Salud
- Campamentos
- Comedores
- Laboratorio Químico
- Almacenes



Figura 9

Mapa de Procesos

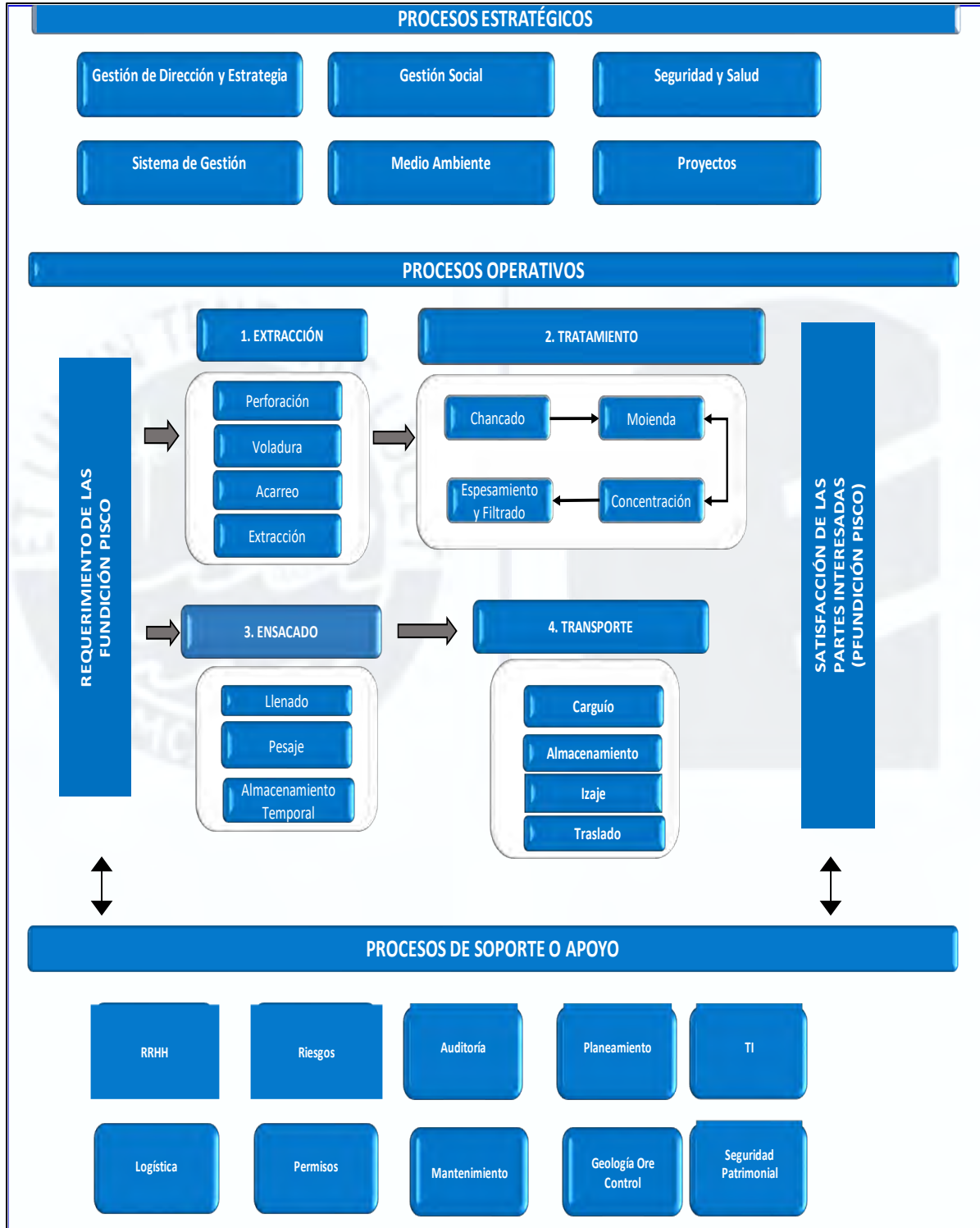


Tabla 7*Fuentes de Generación según el Tipo de Residuos*

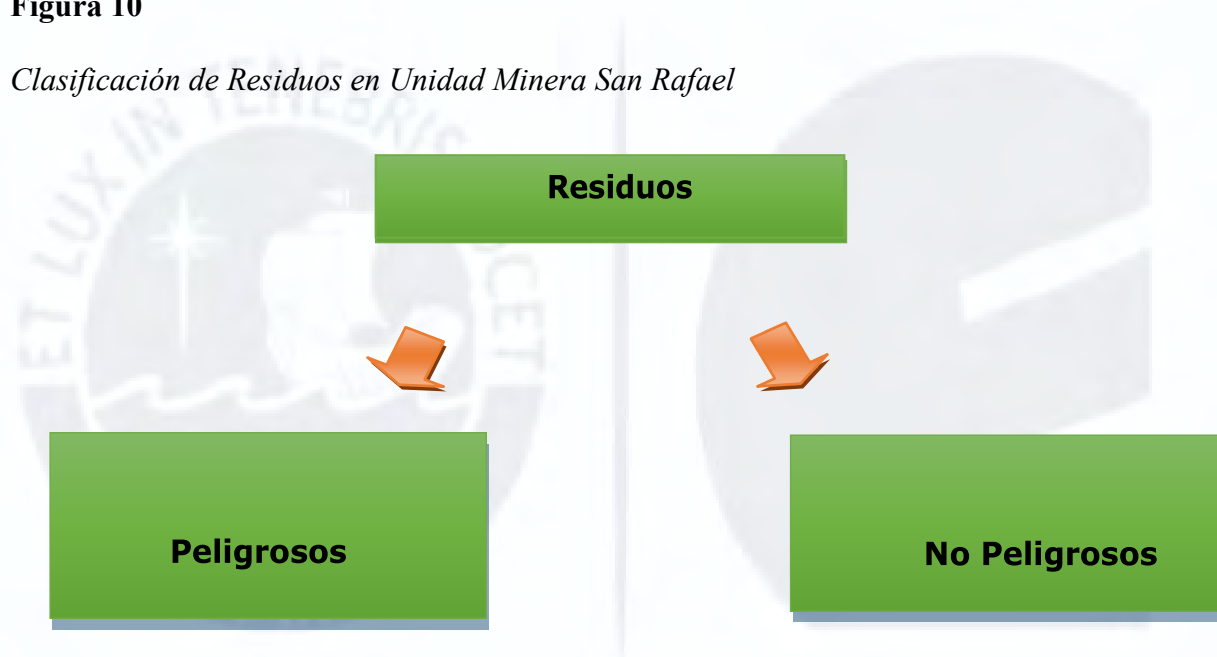
Tipo de residuos	Fuente de generación
Metálicos	Es el uso de materiales metálicos en la operación de la mina subterránea y la planta concentradora, en el caso de la mina se utilizan por ejemplo elementos metálicos como pernos, mallas, <i>Split set</i> , etc. para el proceso sostenimiento de labores y en la operación de la planta concentradora se utilizan bolas de aceros para el proceso de molienda
Generales	Son las oficinas, talleres, almacenes y campamentos
Orgánicos	Comedores de superficie e interior mina
Peligrosos no reaprovechables	El laboratorio químico y metalúrgico y la planta concentradora por los reactivos que utiliza
Peligrosos reaprovechables	Son los lodos generados en el la planta de tratamiento de aguas residuales
Peligrosos inflamables	Es el proceso de voladura propio de la operación de la mina
Papel y cartón	Son las oficinas y los almacenes
Plásticos	Son las oficinas, el almacén, y los embalajes de todos los materiales e insumos comprados para los procesos operativos de Planta y Mina
Hospitalarios	Son las actividades en los do tópicos con los que cuenta la unidad
Vidrios	La principal fuente de generación de este residuo son las oficinas y los almacenes
Aceites usados	La principal fuente de generación de este residuo es el aceite utilizado en la lubricación de los equipos y maquinarias
Biocontaminados	Producto de la pandemia Covid 19 se estableció en el 2020 este nuevo tipo de residuo para todo material considerado como potencial foco de contagio del Covid 19, entre ellos los residuos de comida, las mascarillas, caretas, etc., Se espera que la generación de este tipo de residuo se vaya reduciendo una vez se vaya superando la pandemia

3.6.2 Clasificación de los Residuos

San Rafael clasifica sus residuos sólidos considerando lo establecido en las especificaciones del Anexo IV y V del Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos, del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, de la Norma Técnica Peruana (NTP 900.58) y el Convenio de Basilea; además de tomar en cuenta el grado de peligrosidad de los residuos, es decir, si son peligrosos o no peligrosos (ver Figura 10).

Figura 10

Clasificación de Residuos en Unidad Minera San Rafael



Residuos Peligrosos. Estos residuos se pueden definir como aquellos que según sus características físicas, químicas o infecciosas, implican un compromiso o contingencia ya sea inmediata y/o potencial para la salud de las personas y para el medio ambiente. Entre estos residuos se encuentran: (a) baterías, (b) combustibles, (c) pilas, y (d) aceite usado. A continuación, las categorías en las que son clasificados los residuos peligrosos y unos ejemplos de estos (ver Tabla 8):

Tabla 8*Tipos de Residuos Peligrosos en Unidad Minera San Rafael*

Tipo de residuo	Nombre del residuo
Peligrosos Residuos peligrosos	Aceite Residual
	Aceite de Cocina
	Balde Contaminados
	Bolsas Big Bag Contaminadas, Cemento y Xantato
	Bolsas Contaminadas con Hidrocarburos
	Cartones de Explosivos
	Cartones Contaminados
	Cilindros HDPE Contaminados
	Tanques IBC
	Colillas de Soldadura
	Envases vacíos con Agentes químicos
	EPPs Contaminados
	Extintores en Desuso
	Baterías en Desuso
	Fibra de Vidrio
	Filtros de Aceite
	Filtros de Aire
	Fluorescentes en Desuso
	Galoneras Contaminadas
	Geomembrana Contaminada
	Grasa en Desuso
	Sacos de Xantato
	Mangueras Hidráulicas
	Metales Impregnados con Hidrocarburos
	Trapos y Paños Impregnados
	Plásticos Contaminados
	Jebes Contaminados
	Tubos Contaminados
	Latas de Pintura
	Tóner
	Lata de Aerosol
	Madera Impregnada
Mangueras de Ventilación Contaminadas	
Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos	
Residuos biológicos, excreciones y exudados.	
Jeringas, agujas utilizadas	
Menaje de alimentos	
Menajes de alimentos y restos orgánicos de comensales	
Residuos de baños	
EPP específicos Covid-19 (mascarillas, guantes)	

Residuos No Peligrosos. Se pueden definir como los residuos que no presentan ningún impacto negativo para la salud de las personas, ni para el medio ambiente, de acuerdo a su naturaleza y composición. Entre estos residuos no peligrosos se encuentran: (a) plásticos, (b) latas, (c) cartón, (d) vidrios, (e) restos de alimentos, y (f) papel. Los residuos no peligrosos tienen una segunda clasificación en categorías según su naturaleza las cuales son simbolizadas mediante el uso de un código de colores, durante el inicio del 2020 se manejó un código de colores según lo establecido en el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, el cual fue regido conforme a lo estipulado en la Norma Técnica Peruana - NTP.900.58. Sin embargo, a partir del 10 de mayo del 2020 se publicó el Decreto Legislativo No. 1501, que modificó el Decreto Legislativo No. 1278 incluyendo la categoría de residuo “Biocontaminado”, la cual se encuentra actualmente en vigencia (ver Tabla 9).

Tabla 9

Tipos de Residuos No Peligrosos en Unidad Minera San Rafael

Tipo de residuo	Nombre del residuo
Residuos no peligrosos	Residuos generales
	Generales o “no reaprovechables”
	Listones de madera
	Parihuelas
	Llantas en desuso*
	Chatarra liviana*
	Chatarra pesada*
	Metales
	Cables de cobre*
	Cilindros
	Papel y cartón
	Papelería de Oficina
	Embalajes de cartón
Plásticos	
Envases de botellas plásticas	
Plásticos varios	
Orgánicos	
Residuos de comedor	

3.6.3 Proceso Actual de Manejo de Residuos

El actual proceso de manejo de residuos sólidos comprende estas etapas: (a) generación, (b) almacenamiento, (c) recolección, (d) transporte, (e) almacenamiento temporal, (f) disposición final externo y (g) disposición final interno, como se dispone en la Figura 11.

Figura 11

Etapas del Procesamiento de Residuos en Unidad Minera San Rafael



3.7 Cuantificación del Problema

De acuerdo con la clasificación de residuos indicada en la sección 3.6.2, los principales residuos generados en la Unidad Minera San Rafael son los presentados en la Tabla 10, en la cual se muestra el histórico de generación de residuos de los últimos seis años:

Tabla 10

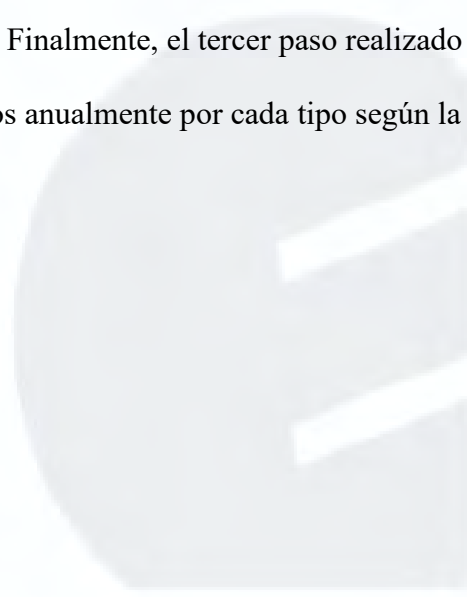
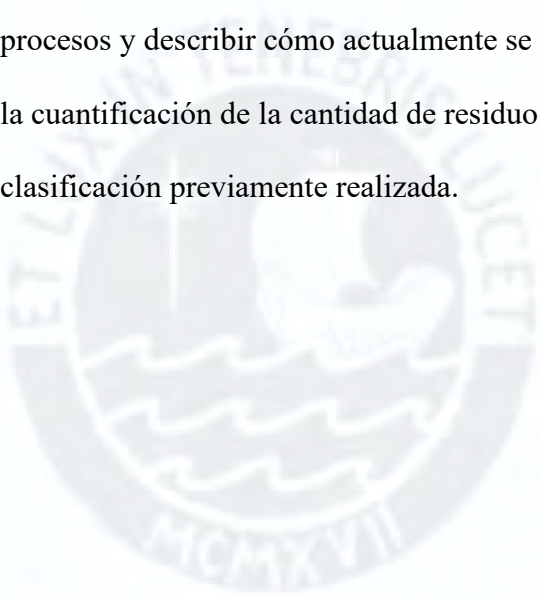
Producción de Residuos en Toneladas de la Unidad Minera San Rafael

Tipos de Residuos	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Metálicos	1,015	1,138	1,225	1,456	876	1,213
Generales	241	298	306	637	240	261
Orgánicos	448	356	342	431	260	173
Residuos peligrosos no reaprovechables	262	124	146	208	149	229
Residuos peligrosos reaprovechables	172	81	95	136	97	150
Residuos peligrosos inflamables	166	79	93	132	95	146
Papel y cartón	59	32	25	43	34	38
Residuos plásticos	4	0	1	4	1	1
Residuos vidrios	1	0	0	1	0	0
Residuos hospitalarios	2	1	1	1	1	1
Aceites usados	72	106	78	119	89	104
Biocontaminados	0	0	0	0	227	433
Total residuos generados	2,442	2,215	2,311	3,169	2,071	2,748

3.8 Resumen del Capítulo

En este capítulo se definió la estrategia que se debe abordar con el presente *business consulting* y se cuantificó el impacto del problema que se abordará en adelante; para ello se inició el capítulo alineando las estrategias definidas a partir del FODA con las directrices estratégicas establecidas por la alta dirección utilizando el método de alineamiento

estratégico. Del mismo modo, se identificó que tres estrategias actualmente no están siendo abordadas mediante un proyecto de mejora que lleve a ejecución estas estrategias. Se realizó una priorización que permitió definir la estrategia a abordar con esta consultoría, la cual es la mejora en la gestión de residuos, para poder determinar el proyecto de mejora a implementar. El primer paso fue definir las fuentes de generación de los residuos y para ello se tuvo como punto de partida el mapa de procesos de la unidad minera. Definida la fuente, el siguiente paso que se realizó fue detallar cómo se clasifican los residuos generados en los distintos procesos y describir cómo actualmente se gestionan. Finalmente, el tercer paso realizado fue la cuantificación de la cantidad de residuos generados anualmente por cada tipo según la clasificación previamente realizada.



Capítulo IV: Revisión de Literatura

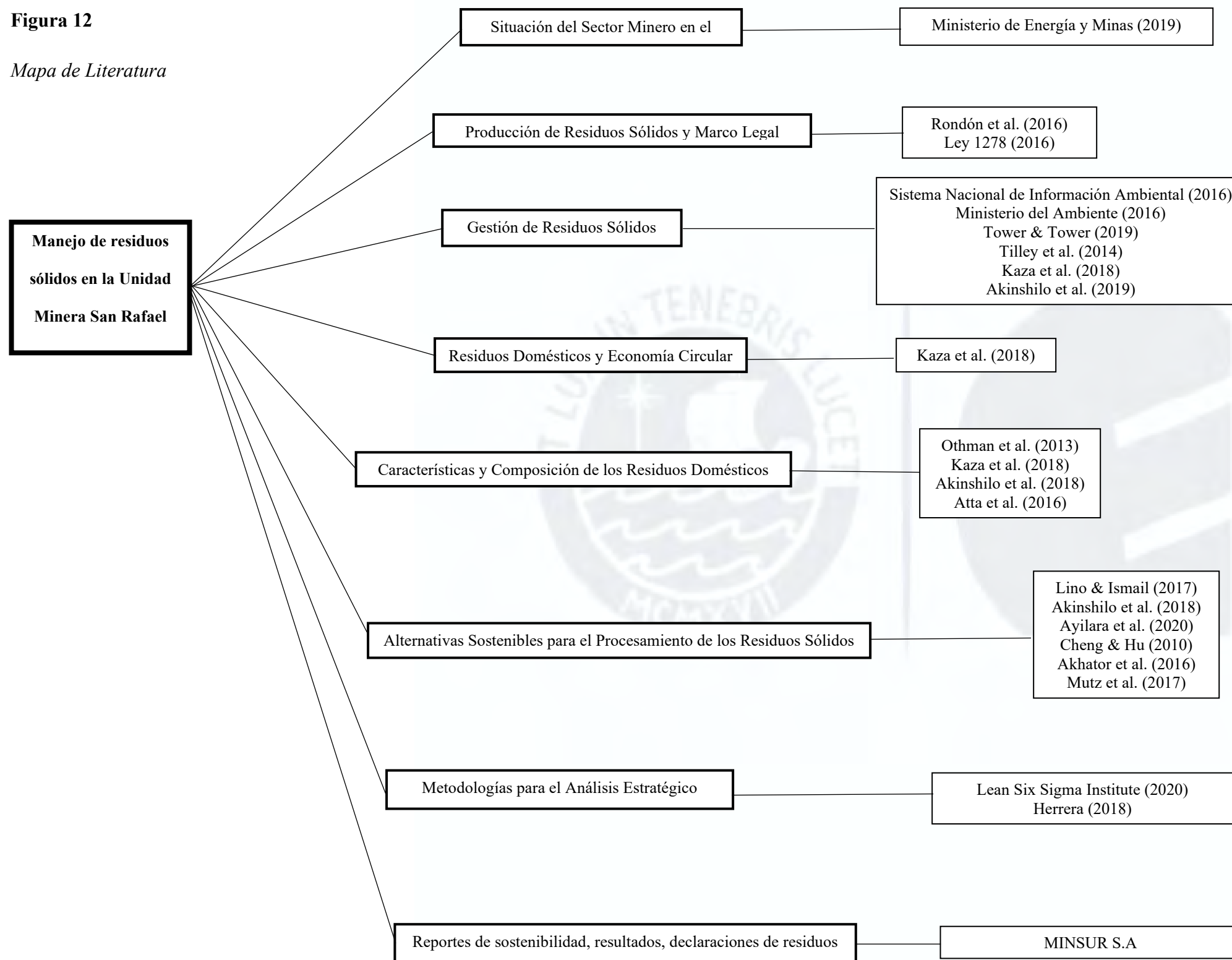
En este capítulo se muestra la revisión realizada a los principales documentos de información utilizados para realizar el análisis y planteamiento de soluciones para el problema que se identificó acerca del manejo de residuos sólidos en la Unidad Minera San Rafael. De igual forma se consultaron documentos para el análisis técnico conceptual considerando los elementos característicos de toda la gestión de los residuo, incluyendo lo relativo a la economía circular. Cabe destacar que se revisaron informaciones directamente desde diferentes bases de datos académicas, como ProQuest, Scopus, EBSCO y ScienceDirect, usando como palabras claves: *waste*, *WTE*, *solid waste*, *waste to energy*, *power plant*, *greenhouse*, *environmental impact*, *waste management*, *reuse*, y *waste incineration*.

4.1 Mapa de Literatura

En la Figura 12 se presenta el mapa de literatura, en el cual se reúnen las fuentes que se usaron para realizar el análisis de la problemática bajo distintas perspectivas; es preciso indicar que para este análisis fueron las fuentes extranjeras las más importantes para estudiar las tecnologías del manejo de residuos. Ello porque en el Perú aún no hay mucha experiencia en cuanto a técnicas para el uso de rellenos sanitarios. En temas sobre el uso de estas tecnologías (compostaje, economía circular y biodigestión, además de la incineración para la disposición de residuos domésticos), los países más desarrollados son Estados Unidos, Japón y algunos países de Europa de acuerdo con los resultados de la revisión de la literatura. Por su parte, los países en vías de desarrollo generalmente adoptan únicamente el uso de rellenos sanitarios para este propósito.

Figura 12

Mapa de Literatura



4.2 Revisión de la Literatura

A continuación, se destaca la revisión sobre los temas y conceptos presentados en el mapa de literatura para conocer el contexto de la investigación y comprender la literatura vinculada con dichos temas.

4.2.1 Situación del Sector Minero en el Perú

De acuerdo con el Ministerio de Energía y Minas, 2019) la gestión desarrolladas en la minería en el Perú está principalmente asociada a buscar nuevas exploraciones con el objetivo captar inversiones; por esta razón, se debe estudiar qué tan viables son los proyectos que se tienen en cartera para así asegurar que la operación del sector se lleve a cabo con una eficiente gestión de pasivos. Concretamente, este documento tiene como propósito central hallar una solución adecuada para la gestión de una parte importante de los pasivos de la Unidad Minera San Rafael.

4.2.2 Producción de Residuos Sólidos y Marco Legal

Los residuos de la gestión municipal se pueden definir como aquellos de carácter doméstico procedentes de las instalaciones administrativas, campamentos, comedores y servicios higiénicos de una minera; clasificados en dos categorías: (a) residuos orgánicos y (b) residuos inorgánicos (Rondón et al., 2016). De los residuos orgánicos se puede decir que son biodegradables como por ejemplo algunos restos de alimentos, papeles, o madera no contaminada; del segundo tipo de residuos (inorgánicos) se puede resaltar que se tratan de los vidrios, plásticos, jebes, u otros. En cuanto a los residuos de gestión no municipal o industriales cabe manifestarse que se trata de aquellos que se originan de los procesos productivos así como de mantenimiento de la actividad extractiva. Se pueden dividir en dos categorías: (a) residuos peligrosos, perjudiciales para la salud de las personas y para el medio ambiente y (b) residuos no peligrosos, que no son nocivos para las personas ni para el medio

ambiente, por ejemplo los residuos plásticos y la chatarra metálica de operaciones industriales (Rondón et al., 2016).

Los residuos deben ser gestionados de acuerdo a lo dispuesto en la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, la cual manifiesta que se requiere desarrollar una gestión que sea eficiente, eficaz y sostenible de los residuos disminuyendo lo generado y compartiendo la responsabilidad en el manejo de estos desde que se genera hasta que se realice la disposición final (Ley 1278, 2016). Esta ley tiene los siguientes aspectos relevantes a destacar: (a) permite que los trámites relacionados con las inversiones sean más simples; (b) permite la creación de una oportunidad de mejora en cuanto a la generación de residuos sólidos; (c) permite que se promueva la economía circular; (d) permite que se cree el Fondo Nacional de Inversión en Residuos Sólidos; y (e) permite que se fomente la inversión pública y privada.

4.2.3 Gestión de Residuos Sólidos

Según el Sistema Nacional de Información Ambiental (2016) la gestión de residuos permite que se desarrollen las siguientes actividades: (a) minimización, al generar menos cantidad de residuos al usar de forma eficiente los materiales e insumos; (b) reutilización, al buscar un uso alternativo de los productos de desecho; se relaciona con el reciclaje; y (c) segregación, al seleccionar y clasificar los materiales según características particulares de cada grupo y haciendo uso de contenedores específicos; también se vincula con el reciclaje.

Esta gestión se desarrolla a través de cuatro etapas: (a) almacenamiento, la cual no genera contaminación al medio ambiente no ocasiona inconvenientes a la salud de las personas, además de que en las áreas dispuestas para esto se clasifican de acuerdo con el nivel de peligro y origen; (b) recojo, (c) transporte y (d) disposición final (Ministerio del Ambiente, 2016). En relación a la segunda y tercera etapa de la gestión de residuos, es necesario acotar que son desarrolladas por organizaciones de servicios especializados en el rubro, las cuales deben contar con un registro en el Ministerio de Salud. El transporte se lleva

a cabo considerando ciertos lineamientos establecidos en un plan operativo y de contingencias para asegurar que no se den derrames y la última etapa, la disposición final se realiza según el tipo de residuo transportado; por ejemplo; los residuos peligrosos se deben colocar en rellenos que estén particularmente acondicionados para albergar estos desechos y los residuos no peligrosos se colocan en rellenos dispuestos por los gobiernos locales (Tower & Tower, 2019). De acuerdo con Tilley et al. (2004) el manejo de los residuos se puede llevar a cabo a través de cuatro tecnologías: uso de rellenos sanitarios, compostaje de residuos orgánicos, producción de biogás e incineración, las cuales se describen brevemente a continuación:

- Los rellenos sanitarios se pueden definir como vertederos de residuos que se componen del resultado de la excavación de terrenos en función al volumen que se espera recibir de residuos de un grupo particular de personas durante un tiempo específico. Para compactar la basura se requiere usar grúas y los rellenos sanitarios son impermeabilizados del fondo del terreno mediante geomembranas para así impedir que se escurran los lixiviados hacia los cursos de agua subterránea. A nivel mundial, cerca del 40% de la producción de basura se dispone en rellenos sanitarios (Kaza et al., 2018); no obstante, como aspectos negativos de estos vertederos se pueden destacar los gases de efecto invernadero por la descomposición de los residuos orgánicos, así como también la contaminación de los cursos de agua, los malos olores y el impacto óptico que deja del sitio.
- Mediante el compostaje se convierten en abono orgánico o *compost* los residuos orgánicos debido a que pasan por la degradación aeróbica, que consiste en que determinados microorganismos realizan la producción de un material inodoro con cualidades extraordinarias para cultivar. Todo ello gracias a los nutrientes que posee y que el producto resultado del proceso hace posible que se disminuya el uso de

fertilizantes químicos, pero el grado de efectividad se encuentra muy ligado a la técnica usada (Kaza et al., 2018).

- Cuando se produce biogás se pueden aprovechar los gases que se generan en los rellenos sanitarios como fuente de energía, porque ese gas se compone de cerca de 55% de metano y el resto de dióxido de carbono. El uso del biogás permite la captura del metano y también impide que se libere a la atmósfera; sin embargo, se necesita una tecnificación especial para alcanzar el mayor porcentaje de captura (Kaza et al., 2018).
- En cuanto a la incineración de residuos, es importante mencionar que representa el proceso de combustionar con control la basura en la parte interna de las calderas, con el fin de disminuir significativamente el volumen requerido para obtener los residuos finales; por esta razón, se deben tratar los gases de combustión en equipos especializados que se dediquen exclusivamente a capturar las emisiones nocivas y el calor liberado de la combustión se puede usar para la generación de energía eléctrica (Akinshilo et al., 2019).

4.2.4 Residuos Domésticos y Economía Circular

La economía circular es impulsada por el reaprovechamiento de los residuos domésticos porque se utilizan como un recurso secundario y para lograr ese propósito es vital que se utilice tanto el proceso de reuso como el de reciclaje. Por lo que se puede destacar que cuando se promueve el desarrollo de la economía circular de los residuos domésticos se está considerando la ventaja principal de esta, que es la minimización del impacto de estos residuos en el medio ambiente. Se promueve la economía circular en la actualidad al aplicar técnicas específicas para el procesamiento de la disposición de la basura; y entre estas técnicas se encuentran: el compostaje, la biodigestión anaeróbica de residuos y la incineración de residuos permiten el reuso de los mismos en aplicaciones agrícolas y como

fuelle de combustible. Lo que quiere decir que la materia prima se toma como parte de los procesos de combustión se genera energía, que puede se puede usar tanto como calor como electricidad (Kaza et al., 2018).

4.2.5 Características y Composición de los Residuos Domésticos

Al momento de decidirse por una técnica o método para tratar los residuos, se deben considerar ciertos elementos o propiedades físico-químicas, las cuales se encuentran muy relacionadas con la ubicación, la tecnología, el estilo de vida de las personas y su cultura (Othman et al., 2013). Tanto el nivel de ingreso como el grado de desarrollo de una población son los dos aspectos más influyentes en las fuentes de generación de residuos así como en las de disposición final de estos. Particularmente, en países con altos niveles de ingreso y desarrollo, los residuos domésticos se componen principalmente por papel y plástico; sin embargo, en países no desarrollados, en su mayoría los residuos tienen una composición por material orgánico (Kaza et al., 2018).

Según Akinshilo et al. (2018) cuando se caracterizan los residuos se debe tomar en cuenta el poder calorífico de estos, porque se asume que al usar la técnica de incineración, la reducción señala qué tanta energía puede ser liberada cuando se combustiona una unidad de residuo; resaltando que ello dependerá en gran medida de la cantidad de residuos orgánicos e inorgánicos que se puedan combustionar. Determinadas investigaciones efectuadas sobre los desechos mixtos han resaltado que el poder calorífico de la basura está cerca del 33% del poder calorífico del carbón; pudiéndose considerar este importante indicador para establecer lo beneficioso de aprovechar los desechos (Atta et al., 2016). En este sentido, cuando mayor sea la composición por residuos orgánicos y mayor humedad se podrá obtener menos poder calorífico, lo que hace que se pueda aprovechar menos para su uso como combustible.

4.2.6 Alternativas Sostenibles para el Procesamiento de los Residuos Sólidos

En la actualidad existen manejos sostenibles de los desechos, como los ya mencionados anteriormente: el compostaje, la digestión anaeróbica, la incineración, entre otros. En este documento se presta especial énfasis a los tres procesos citados, debido a su amplia difusión y a los avances alcanzados en el uso y empleo de sus tecnologías, teniendo en cuenta que dichos procesos son asimilables plenamente dentro de la economía circular (Kaza et al., 2018). Con el compostaje se podrá obtener nutrientes para los terrenos de cultivo, con los otros dos procesos se podría generar energía forma de calor y/o electricidad, con el proceso de digestión anaeróbica se puede extraer biogás a partir de la producción obtenida en biodigestores de tratamiento, el biogás presenta en su composición alto contenido de metano, y por ello se puede usar como combustible para ciclos térmicos de potencia (Lino & Ismail, 2017) con la incineración para la producción de energía se podría reducir la materia de desecho en un 70% en masa o un 90 % en volumen (Akinshilo et al., 2018).

Probablemente el compostaje es el proceso de tratamiento de residuos orgánicos más amigable con la naturaleza y de menor complejidad, presenta muchos beneficios para los suelos, ya que previene su erosión, favorece su biodiversidad y sus productos representan una alternativa de sustitución para el uso de fertilizantes. Existen muchos métodos de compostaje y los principales son: compostaje en tanque con ventilación forzada, compostaje en pilas o hileras, compostaje con lombrices terrestres, compostaje estático con ventilación natural, entre otras. En los últimos años, el compostaje ha sido impulsado especialmente en Europa debido a las directivas municipales, los altos costos de disposición de residuos y las penalidades (Ayilara et al., 2020).

La descomposición anaeróbica permite la obtención de un combustible renovable, el biogás, el cual se usa para producir energía eléctrica, calor, y como combustible para vehículos, el biogás es producido en biodigestores y también puede ser extraído de rellenos

sanitarios. En América latina, Bolivia lidera el ranking de implementación de plantas de producción de biogás, teniendo construidas alrededor de mil plantas domésticas. Para el 2016 en EE. UU. se tenía una capacidad de potencia eléctrica instalada de 2438 MW por plantas de biogás, y para el 2017 se tenían construidas más de 2100 plantas de producción. Europa lidera la producción y utilización del biogás a gran escala a nivel mundial, cuyo uso es destinado principalmente para producir energía eléctrica y los países que llevan la batuta son:

Alemania, Gran Bretaña, Italia, República Checa y Francia (Scarlat et al., 2018).

En lo que respecta a los procesos de incineración de basura usados para la producción de energía, se debe enfatizar que son muy utilizados en países desarrollados porque aportan como mayor beneficio el pre procesamiento de la basura, es decir antes de su disposición final. Por su parte, de esto ese procesamiento surgen las conocidas cenizas como material biológico que se usan en el sector de la construcción como insumo para la producción de cemento. Sin embargo, es relevante acotar que estas plantas de incineración sí se pueden ubicar relativamente cerca de los centros poblados; no como los rellenos sanitarios. Esta situación representa un aspecto positivo, dado que se logra ahorrar en el costo de transporte de la basura, además del espacio requerido para el procesamiento de los residuos y por último, la energía que se produce, ya sea como calor o como electricidad se puede utilizar en beneficio de las persona (Cheng & Hu, 2010). Un dato de suma importancia que se debe referir en este punto es que en el 2014 en Suecia se quemaron 5.7 millones de toneladas de basura sólida, de las cuales resultaron 16.6 TWh, y de estas, 2 TWh produjeron electricidad y 14.6 TWh produjeron calor (Akhatov et al., 2016). Un mínimo de poder calorífico de 7MJ/kg de los residuos se requiere en el proceso de incineración para garantizar que se dé la autocombustión, es decir, que no se necesite usar un combustible adicional, como el Diesel, para mantener la combustión. Por su parte, los gases que resultan de la combustión se deben purificar previo a la liberación a la atmósfera y el calor se recupera en un caldero por medio

de una transferencia de la energía que liberada de la combustión hacia el vapor de agua, que luego se utiliza para mover una turbina y lograr la producción de electricidad (Mutz et al., 2017).

4.2.7 Metodologías para el Análisis Estratégico

La metodología del FODA permite determinar las estrategias a partir del cruce de las fortalezas y debilidades con las oportunidades y amenazas (Lean Six Sigma Institute, 2020). Hoshim Kamri es un método de planeamiento estratégico, en el que los objetivos estratégicos se despliegan en acciones tácticas específicas y se comunican a toda la organización en todos los niveles, con revisiones frecuentes para asegurar la ejecución de las acciones operativas que componen las acciones tácticas (Lean Six Sigma Institute, 2020). Por otro lado, el Diagrama de Pareto es un método que permite priorizar los limitados recursos en el 20% de las dimensiones del problema que generan el 80% del impacto negativo del problema (Herrera, 2018).

La metodología de resolución de problemas 8 D's fue estandarizada por el Gobierno de USA entre 1939 y 1945, llamándola inicialmente Militar Estándar 1520 (Lean Six Sigma Institute, 2020), una vez culminada la segunda guerra mundial, esta metodología fue adoptada por la industria con el objetivo de tener un lenguaje común en la solución de problemas y en la estructura de resolución, siendo el pionero Ford Motors. Posterior a ello han surgido numerosas versiones del método que cambian en forma pero no en fondo, en el presente documento se utiliza la metodología de tres pasos usada por la consultora McKinsey & Company, siendo este un método gráfico para diagnosticar y considerar las posibles causas de un problema. Con esta metodología se establecen y analizan relaciones de causa efecto y se establecen los factores para cada causa identificada.

4.3 Resumen del Capítulo

La literatura consultada muestra el marco legal, oportunidades y los diferentes procesos para tratar la problemática en la disposición de los residuos de la Unidad Minera San Rafael de Minsur S.A. La forma en la que se realiza la disposición debe aportar ventajas importantes en relación a la manera actual en la que se desarrolla la gestión de residuos en los rellenos sanitarios. Tras la realización de la revisión de la literatura presentada en este capítulo se pudo conocer aspectos relevantes sobre la gestión de residuos y las técnicas de procesamiento de estos, sobre todo mediante el uso de la incineración de la basura.



Capítulo V: Análisis de Causa Raíz

El disponer actualmente los residuos orgánicos y generales en un relleno sanitario (26% de los residuos generados) tiene un efecto negativo en el medio ambiente, ya que terminan generando contaminación al afectar el recurso hídrico que a la vez contamina el suelo por lixiviación y a la atmósfera debido a la emisión de gases por descomposición de los residuos sólidos. Asimismo genera la necesidad de construir nuevos rellenos sanitarios al ocupar el 100% de capacidad del relleno, con el porcentaje actual de residuos dispuestos de 26% hasta el final de la vida útil de la mina se va a requerir la construcción de cuatro nuevos rellenos sanitarios los cuales van a ocasionar un efecto multiplicador en la afectación al medio ambiente descrita en el capítulo 7.14 (mayor cantidad de m² de suelos contaminados por lixiviación), además de requerir de una inversión llevada a VAN de \$3'519,077.

5.1 Análisis del Problema

5.1.1 Promedio de Generación Anual de Residuos Sólidos

El promedio anual de generación de residuos sólidos en la Unidad Minera San Rafael tomando en consideración los años del 2016 al 2021 es de 2,493 toneladas (ver Tabla 11).

Tabla 11

Producción Promedio de Residuos en Toneladas de la Unidad Minera San Rafael

Tipos de residuos	2016	2017	2018	2019	2020	2021	t Promedio
Metálicos	1,015	1,138	1,225	1,456	876	1,213	1,154
Generales	241	298	306	637	240	261	331
Orgánicos	448	356	342	431	260	173	335
Residuos peligrosos no reaprovechables	262	124	146	208	149	229	186
Residuos peligrosos reaprovechables	172	81	95	136	97	150	122
Residuos peligrosos inflamables	166	79	93	132	95	146	118
Papel y cartón	59	32	25	43	34	38	38
Residuos plásticos	4	0	1	4	1	1	2
Residuos vidrios	1	0	0	1	0	0	1
Residuos hospitalarios	2	1	1	1	1	1	1
Aceites usados	72	106	78	119	89	104	95
Biocontaminados	0	0	0	0	227	433	110
Total residuos generados	2,442	2,215	2,311	3,169	2,071	2,748	2,493

5.1.2 Disposición de Residuos

En la Tabla 12 se presenta que cada tipo de residuo tiene un destino de disposición actual, entre los que se destacan el almacén metálico para comercialización, relleno sanitario, relleno seguridad externa, comercialización, entre otros.

Tabla 12

Disposición de Residuos por Tipo en la Unidad Minera San Rafael

Tipos de residuos	Disposición actual
Metálicos	Almacén metálico para comercialización
Generales	Relleno sanitario
Orgánicos	Relleno sanitario
Residuos peligrosos no reaprovechables	Relleno seguridad externo
Residuos peligrosos reaprovechables	Devuelve al proveedor
Residuos peligrosos inflamables	Relleno seguridad externo
Papel y cartón	Comercialización
Residuos plásticos	Comercialización
Residuos vidrios	Comercialización
Residuos hospitalarios	Relleno seguridad externo
Aceites usados	Relleno seguridad externo
Biocontaminados	Relleno seguridad externo

5.1.3 Tonelaje Promedio Dispuesto por Año

En la Tabla 13 se muestra el promedio en toneladas de la producción de residuos por tipo tomando como base el histórico de los años 2016 al 2021.

Tabla 13

Producción de Residuos por Tipo en Toneladas de la Unidad Minera San Rafael

Tipos de residuos	t Promedio
Metálicos	1154
Generales	331
Orgánicos	335
Residuos peligrosos no reaprovechables	186
Residuos peligrosos reaprovechables	122
Residuos peligrosos inflamables	118
Papel y cartón	38
Residuos plásticos	2
Residuos vidrios	1
Residuos hospitalarios	1
Aceites usados	95
Biocontaminados	110

5.1.4 Residuos de Mayor Generación

El diagrama de Pareto ayudará a identificar aquellos tipos de residuos que componen el 80% de los residuos generados (ver Tabla 14 y Figura 13).

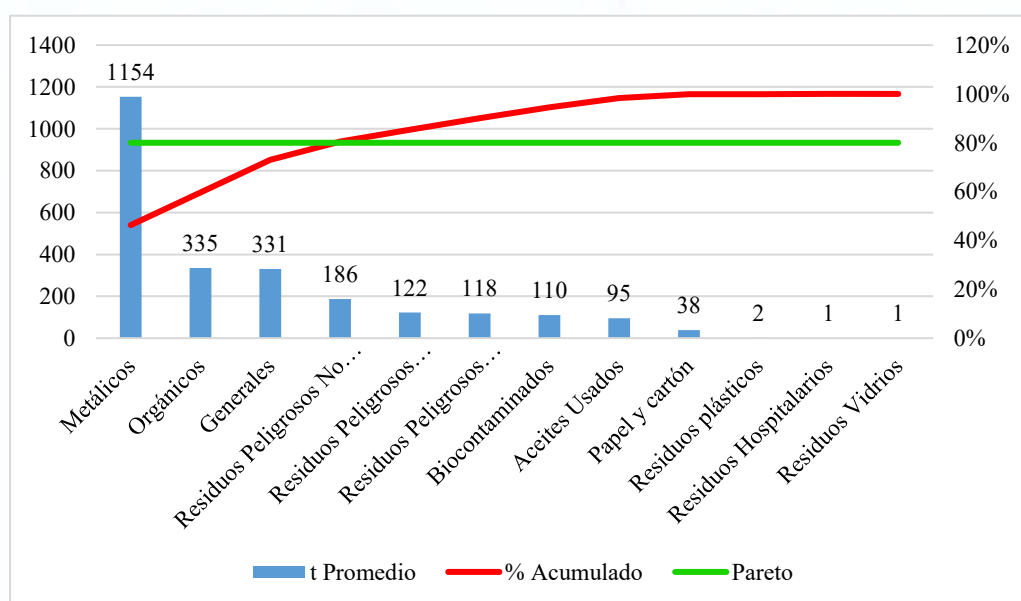
Tabla 14

Porcentajes de Producción de Residuos por Tipo

Tipos de residuos	t Promedio	% Parcial	% Acumulado
Metálicos	1,154	46	46
Orgánicos	335	13	60
Generales	331	13	73
Residuos peligrosos no reaprovechables	186	7	80
Residuos peligrosos reaprovechables	122	5	85
Residuos peligrosos inflamables	118	5	90
Biocontaminados	110	4	95
Aceites usados	95	4	98
Papel y cartón	38	2	100
Residuos plásticos	2	0	100
Residuos hospitalarios	1	0	100
Residuos vidrios	1	0	100
Total residuos generados en promedio por año	2,493	100	

Figura 13

Diagrama de Pareto por Tipo de Residuo en Unidad Minera San Rafael



Del Diagrama de Pareto (Tabla 14) se puede identificar que el 80% del total de residuos lo componen los residuos metálicos (46%), orgánicos (13%), generales (13%) y los peligrosos no reaprovechables (7%).

5.1.5 Fuentes de Generación de Residuos

Las categorías de residuos que componen el 80% total de residuos generados tienen las siguientes fuentes de generación: (a) operaciones mina, planta y mantenimiento, (b) comedores unidad minera, (c) oficinas, almacenes y talleres, y (d) operaciones mina y planta (ver Tabla 15)

Tabla 15

Fuentes de Generación de Residuos en Unidad Minera San Rafael

Tipos de residuos priorizados	Fuente
Metálicos	Operaciones Mina, Planta y Mantenimiento
Orgánicos	Comedores Unidad Minera
Generales	Oficinas, almacenes y talleres
Residuos peligrosos no reaprovechables	Operaciones Mina y Planta

5.1.6 Relación de Fuente de Generación con Indicadores Operativos

Los tipos de residuos en base a su fuente de generación se correlacionan directamente con una variable en específico. Asimismo, cada una de estas variables se puede correlacionar directamente con las tmf producidas, por ejemplo, si se aumenta la cantidad de tonelaje extraído y procesado en la planta, ello significará que se producirá mayor cantidad de finos de Sn. De igual manera si se aumenta la cantidad de personal operativo eso repercutirá en una mayor extracción y por ende un mayor tratamiento, es decir, mayor cantidad de finos producidos (ver Tabla 16).

Tabla 16*Fuentes de Generación de Residuos e Indicadores Operativos*

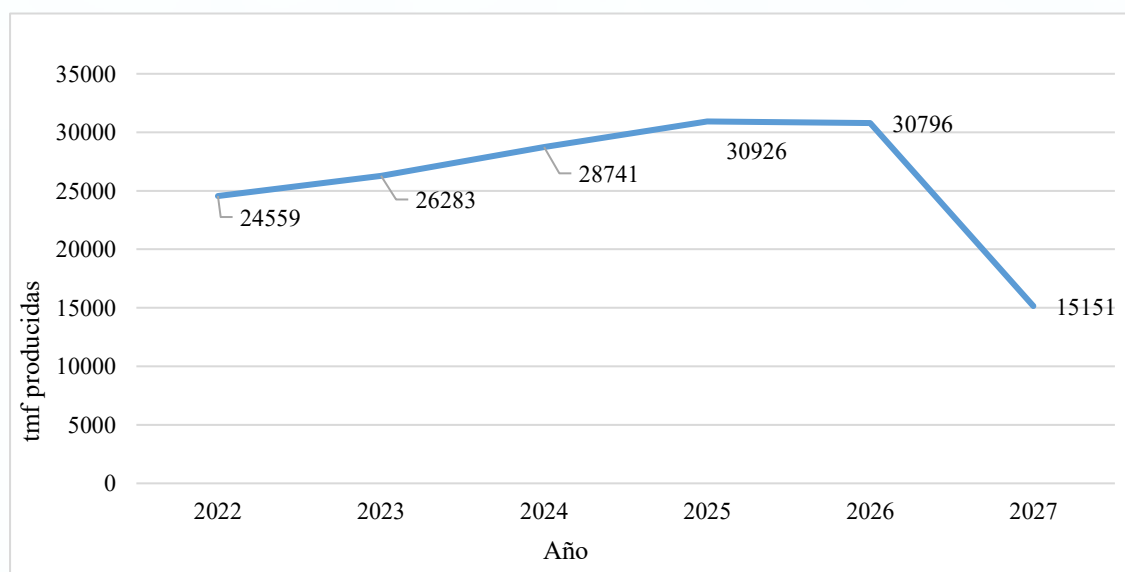
Tipos de residuos	Fuente	Relación directa con:	Relación directa con:
Metálicos	Operaciones Mina, Planta y Mantenimiento	t procesadas	tmf producidas
Orgánicos	Comedores Unidad Minera	Cantidad de Personal Operativo	tmf producidas
Generales	Oficinas, almacenes y talleres	Cantidad de Personal Operativo	tmf producidas
Residuos peligrosos no reaprovechables	Operaciones Mina y Planta	t extraídas Mina	tmf producidas

5.1.7 Proyección en la Producción de Finos en la Vida de la Mina

Tomando como base la última actualización de la vida útil de la mina LOM (Life of Mine) se tiene la siguiente proyección en la generación de finos (ver Tabla 17 y Figura 14).

Tabla 17*Producción de Estaño de la Unidad Minera San Rafael*

Años	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Toneladas métricas de finos de Sn (Tmf Sn)	24,559	26,283	28,741	30,926	30,796	15,151

Figura 14*Producción de Estaño de la Unidad Minera San Rafael*

5.1.8 Correlación entre las Toneladas de Residuos Generados y las tmf Sn Producidos

Tomando como base el histórico de generación de residuos y finos de Sn producidos se busca determinar si existe una alta correlación que permita proyectar el total de residuos a generarse en los próximos años a través de una ecuación regresión (ver Tabla 18 y Figura 15).

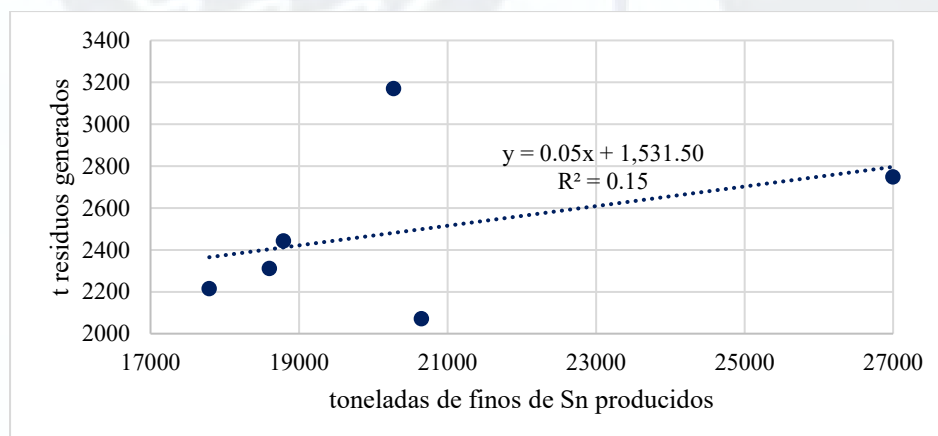
Tabla 18

Producción de Estaño y Residuos Generados en la Unidad Minera San Rafael

Año	Histórico t Residuos Generados	Producción finos Sn
2016	2,442	18,789
2017	2,215	17,791
2018	2,311	18,601
2019	3,169	20,273
2020	2,071	20,647
2021	2,748	26,996

Figura 15

Dispersión de la Producción de Estaño y Residuos Generados



Se puede apreciar que el coeficiente de correlación es menor a 80% por lo que no puede utilizarse para proyectar las toneladas de residuos a generarse durante el restante de vida útil de la mina. Entrando al detalle de porque matemáticamente no se hace evidente la correlación entre las toneladas de residuos generados con las toneladas de finos producidos, se realizó un análisis más profundo, del cual se pudo identificar tres años anómalos en los

cuales no se observa esta correlación. Se retiró del análisis el 2019, ya que en ese año se dio la construcción de la planta de procesamiento de relaves, la cual disparó la generación de residuos, pero ello no repercutió ese año en un aumento de producción de finos. Se retiró de igual manera el 2020, ya que en este dio la primera ola de Covid 19 que obligó a paralizar parcialmente las operaciones y a desmovilizar parcialmente al personal administrativo. De igual manera el 2021, ya que en ese año se dio la segunda ola de Covid 19 que obligó a paralizar parcialmente las operaciones. Retirando los años anómalos del análisis se volvió a realizar el análisis de regresión (ver Tabla 19 y Figura 16).

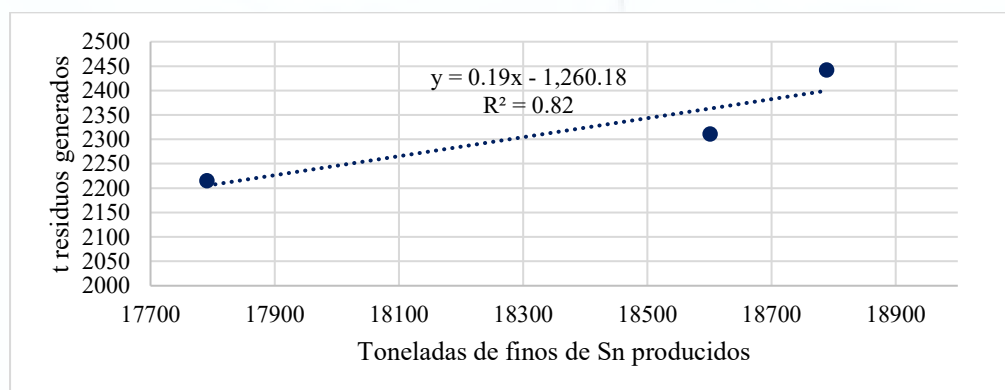
Tabla 19

Producción de Estaño y Residuos Generados para Correlación

Año	Histórico t Residuos Generados	Producción finos Sn
2016	2,442	18,789
2017	2,215	17,791
2018	2,311	18,601

Figura 16

Correlación de la Producción de Estaño y Residuos Generados



Al obtener un coeficiente de correlación mayor a 80% se puede usar la ecuación de correlación para proyectar la generación de residuos sólidos durante la vida útil de la mina, ello tomando en consideración que en el 2022 se normalicen al 100% las operaciones habiéndose superado los estragos generados por la pandemia por Covid 19.

5.1.9 Proyección de Residuos Generados en la Vida Útil de la Mina

Tomando como base la ecuación de regresión se ha proyectado la generación de residuos sólidos del 2022 hasta el final de la vida útil de la unidad minera, para ello se utiliza la proyección de finos de Sn a producirse (ver Tabla 20 y Figura 17).

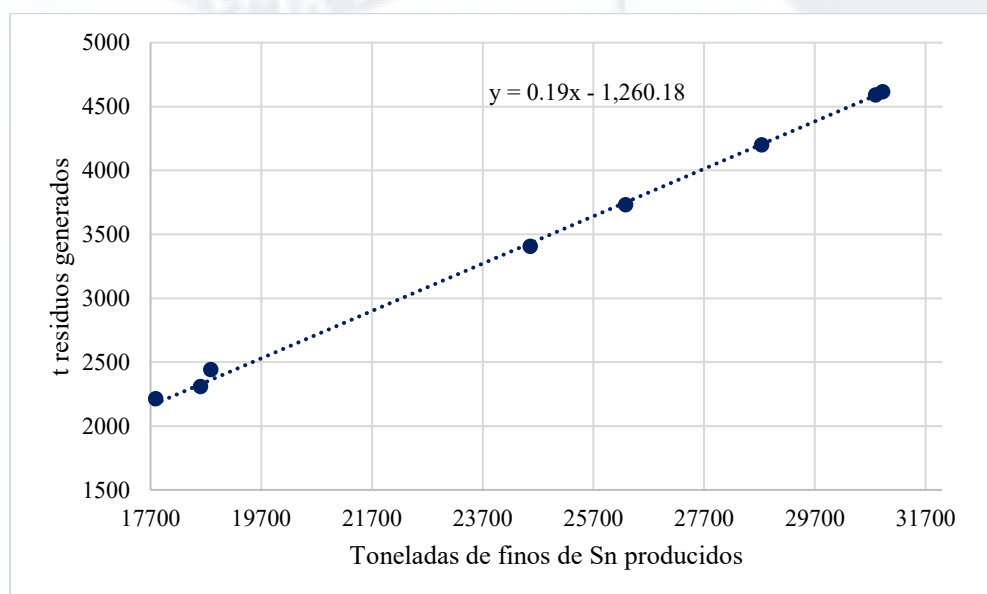
Tabla 20

Proyección de Estaño y Residuos Generados

Año	Producción finos Sn	t Residuos Generados
2016	18,789	2,442
2017	17,791	2,215
2018	18,601	2,311
2022	24,559	3,406
2023	26,283	3,734
2024	28,741	4,201
2025	30,926	4,616
2026	30,796	4,591
2027	15,151	1,619

Figura 17

Proyección de Producción de Estaño y Residuos Generados



5.1.10 Tonelaje Dispuesto en Relleno Sanitario

Los residuos que son dispuestos en el relleno sanitario de la unidad minera son los generales y orgánicos, estos representan el 26.7% del total de residuos generados (ver Tabla 21).

Tabla 21

Disposición de Residuos por Destino

Disposición Actual	t Promedio	%
Relleno sanitario	666	26.70
Otros destinos disposición	1,827	73.30
	2,493	100.00

5.1.11 Capacidad Disponible del Relleno Sanitario

El actual relleno sanitario tiene una capacidad total de 3,500 m³, tomando en consideración la densidad promedio de 0.4 t/m³ de los residuos orgánicos y generales que son dispuestos en el relleno sanitario, este cuenta con una capacidad de 1,400 toneladas, del último levantamiento topográfico en diciembre 2021 se cuenta con una capacidad actual de 1,200 m³ es decir una capacidad de 480 toneladas (ver Tabla 22).

Tabla 22

Datos de Relleno Sanitario en Unidad Minera San Rafael

Datos del Relleno Sanitario Actual	
Capacidad de diseño	3500 m ³
Densidad promedio de los residuos	0.4 t/m ³
Capacidad de diseño	1400 t
Capacidad disponible actual	1200 m ³
Capacidad disponible actual	480 t

Tomando en consideración la proyección de residuos generados, en el 2022 se generarán 3,406 t, tomando el ratio de 26.7%, en ese año se tiene planificado el disponer 909 toneladas por lo que se puede inferir que solo se tienen capacidad para los primeros seis

meses del 2022 `por lo que desde ahora se debe tener planificado la construcción de un nuevo relleno sanitario, el cual debe entrar en operación en Julio 2022 (ver Tabla 23).

Tabla 23

Proyección Disponibilidad de Residuos Sanitario

Datos	
% Dispuestos en Relleno Sanitario	26.70%
t residuos generados en el 2022	3406 t
t dispuesto en relleno sanitario en 2022	909 t
Capacidad Disponible Actual	480 t
Disponibilidad en meses	6 meses

5.1.12 Inversión Requerida en Relleno Sanitario

El contar con un relleno sanitario conlleva un costo de construcción de \$350,000 y en su operación y mantenimiento se invierte en promedio \$150,000; asimismo una vez se termine de ocupar se debe invertir en su cierre con tierras fértiles para su posterior revegetación (ver Tabla 24).

Tabla 24

Estimación de Inversión para un Nuevo Relleno Sanitario

Inversión en un nuevo relleno sanitario	Monto (\$)
Inversión construcción relleno sanitario	350,000
Inversión en cierre de relleno y revegetación	500,000
Inversión operación relleno sanitario	150,000
Monto total de inversión	1'000,000

5.1.13 Aspectos Adversos del Relleno Sanitario en la Unidad Minera

De las reuniones realizadas en los *focus groups* se obtuvo la siguiente ponderación para los efectos adversos de la disposición en rellenos sanitarios, cada aspecto negativo fue calificado en una escala del 0 al 5, donde 0 significa nada negativo y 5 significa muy negativo (ver Tabla 25).

Tabla 25*Matriz de Priorización de Aspectos Negativos de Rellenos Sanitarios*

Aspecto Negativo	Puntuación				Total
	<i>Focus Group</i> 1	<i>Focus Group</i> 2	<i>Focus Group</i> 3	<i>Focus Group</i> 4	
Gastos operativos	3	3	4	5	15
Capacidad limitada	4	2	3	4	13
Pasivo ambiental y percepción social	3	3	4	3	13
Producción de lixiviados	3	3	2	3	11
Emisiones de gases de efecto invernadero	2	2	2	3	9
Características especiales para el terreno	2	1	2	3	8
Presencia de roedores	2	2	2	1	7
Emisión de malos olores	2	1	1	2	6
Fauna (no roedores) atraída por olores	1	2	1	1	5
Presencia de insectos	1	1	1	1	4

Todos los aspectos negativos tuvieron puntuación mayor a cero, esto indica que todos son percibidos como existentes dentro de la unidad minera, siendo las cuatro mayores preocupaciones: los gastos operativos, la capacidad limitada, la percepción de pasivo ambiental y la producción de lixiviados.

5.1.14 Proyección de Nuevos Rellenos Sanitarios Requeridos

Tomando como base los datos del relleno sanitario actual al cierre del 2021 y la proyección de residuos sólidos a generarse hasta el final de la vida útil de la mina y considerando que el porcentaje de residuos dispuesto en el relleno sanitario sigue siendo 26.75% (promedio de los últimos cinco años), se procedió a determinar la necesidad de construcción de nuevos rellenos sanitarios en la vida útil de la mina (ver Tabla 26). Del

cálculo realizado se determinó que serán necesarios construir cuatro nuevos rellenos sanitarios en los años 2022,2023, 2025 y 2026.

Tabla 26

Estimación de Cantidad de Rellenos Sanitarios Requeridos

Año	2022	2023	2024	2025	2026	2027	t dispuestas
Total residuos generados por año	3,406	3,734	4,201	4,616	4,591	1,619	
t dispuestas en relleno sanitario	909	997	1,122	1,232	1,226	432	
Relleno sanitario actual	480						480
1er Nuevo relleno sanitario	429	971					1,400
2do Nuevo relleno sanitario		26	1,122	252			1,400
3er Nuevo relleno sanitario				980	420		1,400
4to Nuevo relleno sanitario					806	432	1,238
t dispuestas en relleno sanitario	909	997	1,122	1,232	1,226	432	

5.1.15 Requerimiento de Inversión en Nuevos Rellenos Sanitarios

En base a la necesidad de construir cuatro nuevos rellenos sanitarios en los años 2022, 2023, 2025 y 2026 se procedió a determinar el nivel de inversión que ello requiere. Tomando en consideración una tasa de descuento de 10% (dato brindado por la compañía), el valor actual neto de la inversión se estimó en \$3,519,077 (ver Tabla 27 y Tabla 28).

Tabla 27

Flujo de Caja para la Construcción de Nuevos Rellenos Sanitarios

Año	2022 (\$)	2023 (\$)	2024 (\$)	2025 (\$)	2026 (\$)	2027 (\$)
Inversión construcción relleno sanitario	350,000	350,000		350,000	350,000	
Inversión en cierre de relleno y revegetación	500,000	500,000		500,000	500,000	500,000
Inversión operación relleno sanitario	150,000	150,000	150,000	150,000	150,000	150,000
Flujo de caja	1'000,000	1'000,000	150,000	1'000,000	1'000,000	650,000

Tabla 28

Indicadores Financieros del Proyecto

	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Flujo de Caja	\$1'000,000	\$1'000,000	\$150,000	\$1,000,000	\$1'000,000	\$650,000
Tasa	10%					
VAN	\$3'519,077					

5.2 Definición de Variables General y Específicas

Del análisis realizado se pueden definir las variables general y específica las cuales permiten realizar un abordaje del problema utilizando el método del Diagrama de Ishikawa integrado con los Cinco Porqués.

5.2.1 Variable General

La variable que se debe abordar en el problema será el porcentaje de residuos generados que es dispuesto en el relleno sanitario, el objetivo será reducir este porcentaje, ya que ello implicará reducir la necesidad de construir nuevos rellenos sanitarios y por ende se reducirá el nivel de afectación al medio ambiente, de igual manera al requerirse menor cantidad de rellenos sanitarios tendrá un impacto en la inversión requerida.

5.2.2 Variables Específicas

Las variables independientes específicas son: (a) el 13.4% del total de residuos generados son orgánicos y son dispuestos en el relleno sanitario, y (b) el 13.3% del total de residuos generados son generales y son dispuestos en el relleno sanitario. El reto que se presenta en el *business consulting* es buscar alternativas eco amigables que permitan reducir el porcentaje de residuos orgánicos y generales que son dispuestos en el relleno sanitario.

5.3 Análisis de Causa Raíz

Definidos las variables independientes y dependientes se realizó un análisis de causa raíz usando el método de Ishikawa integrado a los Cinco Porqués liderado por el Superintendente de Medio Ambiente y con la participación de la Gerencia de Unidad, Operaciones y Superintendencias Operativas y Administrativas (ver Tabla 29 y Tabla 30).

5.4 Matriz de Priorización Causa Raíz

Tras el análisis de causa raíz del problema principal que se definió con la Gerencia de la Unidad San Rafael, la Gerencia de Operaciones y los líderes de las áreas, se desarrolló la

priorización para definir las causas de mayor impacto en el problema principal; dicha priorización se evaluó basándose en los criterios de esfuerzo e impacto.

5.4.1 Esfuerzo

Este criterio evalúa el nivel de esfuerzo que se requeriría para solucionar las causas, con sus recursos actuales en un corto plazo; la valoración del esfuerzo se midió en tres niveles: bajo, medio y alto, los cuales fueron acordados con los representantes de la empresa.

5.4.2 Impacto

Este criterio evalúa el nivel de aporte que tendría en la solución del problema el atacar la causa raíz específica; la puntuación del impacto se encuentra valorado en tres niveles: bajo, medio y alto, los cuales fueron acordados con los representantes de la empresa.

5.4.3 Valoración de Esfuerzo e Impacto

En base a los niveles de esfuerzo e impacto (bajo, medio y alto) se utilizó una valoración (ver Tabla 31) con un rango de 10 hasta 90, dicha priorización permitirá establecer un ranking de causas para el problema.

5.4.4 Resultado

A continuación, se presentan los resultados obtenidos utilizando el criterio de niveles de esfuerzo impacto basado en el juicio de expertos de la Gerencia de Unidad, la Gerencia de Operaciones y los líderes de Áreas (ver Tabla 32 y Tabla 33). Con la finalidad de focalizar los recursos para enfrentar aquellas causas raíces que tengan un mayor impacto en la solución del problema y que puedan abordarse en el corto y mediano plazo. El plan de acción para solucionar al problema abordará aquellas causas con una valoración mayor a 60, es decir abordará las siguientes 10 causas específicas (ver Tabla 34).

Tabla 29

Matriz Cinco Porqués del Problema (Resolución de Problemas 4M: Alto % de Residuos Orgánicos Dispuestos en el Relleno Sanitario)

Nombre Líder RdP	Pedro Maguiña		Fecha	10/01/2022	Tipos de Causas Raíces:			
Definición Problema (Objetivo SMART)	Situación Actual ¿Qué KPI se encuentra desviado?	Valor actual / Unidad de medida	Situación Objetivo Meta / Unidad de medida	¿Cuándo se logrará el objetivo?	. Causa Raíz Técnica . Causa Raíz Sistema Operativo . Causa Raíz Sistema de Gestión . Causa Raíz Mentalidades y Comportamientos			
Problema específico	% de residuos orgánicos dispuestos en el relleno sanitario de la Unidad Minera San Rafael	100%	0%	15/12/2022 Dia / Mes / Año				
Identificación de causas raíces (4M / 5PQ)	¿Cuándo? + ¿Dónde? + ¿Qué? + ¿Cuál? + ¿Cuánto?							
	De forma diaria en los tres comedores de la unidad minera se generan residuos orgánicos producto del servicio de alimentación brindado a todos los colaboradores de la compañía y de sus contratistas, estos tienen actualmente su disposición final en el relleno sanitario interno de la unidad minera, representando en promedio 335 t de residuos dispuestos por año en el relleno, es decir 13.4% del total de residuos generados por la Unidad Minera							
	1. Mano de obra (personas): 1.1 No se cuenta con personal especializado en tratamiento de residuos orgánicos 2.2 Se requiere invertir en contratar varias cuadrillas de personal para el volteo de las pilas de forma manual 2.3 Se tiene la concepción que por las bajas temperaturas y la altitud de la Unidad minera no se puede dar la generación de <i>compost</i>	2. Método: 2.1 No se cuenta con un procedimiento para el tratamiento de residuos orgánicos para la generación de <i>compost</i> 2.2 Se requiere grandes extensiones de terreno a cielo abierto 2.3 No se ha hecho el análisis costo de beneficio de producir <i>compost</i> 2.4 Las raciones están estandarizadas para todo el personal, habiendo personal que por sus labores administrativas no tiene el mismo requerimiento nutricional que un personal operativo	1 PQ Hipótesis Validadas	2 PQ	3 PQ	4 PQ 5PQ Causa Raíz	Tipo de Causa Raíz	
	Problema Específico							
	3. Materiales: 3.1 No se cuenta con material seco o marrón para la generación de <i>compost</i>	4. Máquina: 4.1 Se requiere invertir en equipos para formación de pilas de 1 m de alto	No se cuenta con un procedimiento para el tratamiento de residuos orgánicos para la generación de <i>compost</i>	No se cuenta con personal especializado en tratamiento de residuos orgánicos	La empresa tercerizada para el manejo integral de residuos no contempla el manejo de los residuos orgánicos dentro de su servicio	Se ha venido realizando solo adendas al servicio de manejo integral sin modificar el alcance del contrato incluyendo el manejo de los residuos orgánicos	No se ha actualizado el alcance en el servicio de manejo de residuos sólidos y realizado una nueva licitación con este nuevo alcance	Causa Raíz Sistema de Gestión
		Se requiere grandes extensiones de terreno a cielo abierto	El procedimiento convencional requiere para la formación de <i>compost</i> de entre cuatro a seis meses	No se ha evaluado procedimiento con uso de microorganismos eficaces (lombriz roja californiana) para acortar la curva de formación de <i>compost</i> No se ha evaluado compra de maquinaria mecanizada para el volteo y aireación de pilas que acelere el proceso	No se ha hecho piloto para evaluar hasta en cuanto tiempo se reduce el proceso de formación de <i>compost</i> con el uso de microorganismo eficaces y una adecuada aireación		Causa Raíz Sistema de Gestión	
	No se cuenta con material seco o marrón para la generación de <i>compost</i> (proporciona el carbono)	No se cuenta con una trituradora para formar aserrín a partir de las de paletas en desuso del almacén para uso como fuente de carbono No se ha evaluado el uso de estiércol de ganado camélido que es criado en la unidad como fuente de carbono	No se ha evaluado el uso del terreno de antiguas desmonteras (consumidas por el proceso de ore sorting) como áreas para la generación de <i>compost</i>	No se ha evaluado el uso del terreno de antiguas desmonteras (consumidas por el proceso de ore sorting) como áreas para la generación de <i>compost</i> No se ha hecho piloto utilizando aserrín como fuente de carbono	No se ha evaluado la factibilidad del uso de las antiguas desmonteras para la producción de <i>compost</i>		Causa Raíz Técnica	
	Se requiere invertir en equipos para formación de pilas de un metro de alto	No se ha evaluado el uso de equipo mecanizado para el volteo de pilas de generación de <i>compost</i> a nivel industrial	No se ha hecho piloto utilizando estiércol de ganado camélido como fuente de carbono	Al requerirse inversión en maquinaria (CAPEX) se ha desestimado el proyecto sin previo análisis	No se ha evaluado el uso de materiales alternativos como fuentes de carbono para la producción de <i>compost</i>		Causa Raíz Técnica	
	Se requiere invertir en contratar varias cuadrillas de personal para el volteo de las pilas de forma manual Las raciones están estandarizadas para todo el personal, habiendo personal que por sus labores administrativas no tiene el mismo requerimiento nutricional que un personal operativo	Hay un paradigma respecto a que las raciones deben ser iguales	No se ha hecho la diferenciación entre personal operativo y administrativo	Posibles reclamos sindicales al hacer la diferenciación de raciones entre personal operativo y administrativo	No se tiene claridad de la inversión en mano de obra, materiales, insumos y equipos que se requieren para la producción de <i>compost</i>		Causa Raíz Mentalidades y Comportamientos Causa Raíz Sistema de Gestión	

Tabla 30

Matriz Cinco Porqués del Problema (Resolución de Problemas 4M: Alto % de Residuos Generales Dispuestos en el Relleno Sanitario)

Nombre Líder RdP	Pedro Maguiña	Situación Objetivo	Fecha	12/01/2022	Tipos de Causas Raíces:	
Definición Problema	Situación Actual	Situación Objetivo			. Causa Raíz Técnica . Causa Raíz Sistema Operativo . Causa Raíz Sistema de Gestión . Causa Raíz Mentalidades y Comportamientos	
	¿Qué KPI se encuentra desviado?	Meta / Unidad de medida		¿Cuándo se logrará el objetivo?		
	% de residuos generales dispuestos en el relleno sanitario de la Unidad Minera San Rafael	100%	75%	15/12/2022		
	¿Cuándo? + ¿Dónde? + ¿Qué? + ¿Cuál? + ¿Cuánto?			Día / Mes / Año		
Problema específico	De forma diaria en las oficinas y almacenes de la unidad minera se generan residuos generales los cuales constan de residuos no reaprovechables, debido a una falta de cultura de segregación, en estos se disponen residuos que podrían ser reaprovechados; actualmente el 100% de estos residuos tiene su disposición final en el relleno sanitario interno de la unidad minera, representando en promedio 331 t de residuos dispuestos por año en el relleno, es decir 13.3% del total de residuos generados por la Unidad Minera					
	1. Mano de obra (personas): 1.1 No se cuenta con una sólida cultura de segregación	2. Método: 2.1 Actualmente todos los residuos generales son dispuestos en el relleno sanitario sin una previa segregación 2.2. Alto costo de traslado disposición en rellenos sanitarios externos	3 PQ	4 PQ	5 PQ Causa Raíz	Tipo de Causa Raíz
	3. Materiales: 3.1 No se cuenta con los tachos para los distintos tipos de residuos en las oficinas y en los almacenes	4. Máquina: 4.1 En la tolva del camión que traslada los residuos al almacén temporal todos las bolsas son apiladas, generando muchas veces que otros tipos de residuos se traten como generales				
Identificación de causas raíces (4M / 5PQ)	No se cuenta con una sólida cultura de segregación	No se cuenta con KPIs de segregación	No se mide el nivel de segregación por cada fuente de generación	No se ha considerado la segregación como un KPI estratégico de la Unidad	No se ha evaluado la alternativa de disponer en una empresa que utilice los residuos para la generación de energía eléctrica en Perú	Causa Raíz Mentalidades y Comportamientos Causa Raíz Sistema de Gestión
	Actualmente todos los residuos generales son dispuestos en el relleno sanitario sin una previa segregación	No se tiene un plan de comunicaciones anual para reforzar la importancia de segregar	No se tiene un programa de capacitación y concientización a lo largo del año	No se tiene contemplado dentro del presupuesto del área ambiental un programa de capacitación y concientización en segregación a lo largo del año		
		No se ha evaluado el uso de tecnología que ayude a garantizar una correcta disposición	No se ha realizado benchmarking con otras empresas del sector respecto a que métodos usan para garantizar una correcta segregación	No se habían evaluado las nuevas formas de tratamiento y uso de residuos para generar energía	Se tenía la concepción que en el Perú no había empresas especializadas que trataban y usaban los residuos para generación de energía	Causa Raíz Mentalidades y Comportamientos Causa Raíz Técnica
		Se tiene la concepción que el impacto ambiental de disponer en un relleno sanitario externo especializado como Petramás será el mismo que en el relleno de la unidad	No se cuenta con una planta de segregación	No se ha identificado un área donde se pueda construir	No se ha evaluado el uso de las antiguas desmonteras para la construcción de una planta de segregación	Causa Raíz Técnica
		No se cuenta con una planta de segregación	No se ha realizado el caso de negocio de contar con una planta de segregación	No se tiene claridad de la inversión requerida para la construcción de una planta de segregación		Causa Raíz Mentalidades y Comportamientos Causa Raíz Técnica Causa Raíz Técnica
	Alto costo de traslado disposición en rellenos sanitarios externos por alta cantidad de viajes requeridos por alto volumen de residuos generales generados	No se ha evaluado el uso de compactadores para reducir el volumen de los residuos	No se ha evaluado el uso de tecnología para reducir el volumen de residuos y contenedores de mayor volumen para reducir la frecuencia de viajes para disposición externa y por ende reducir el costo logístico de disposición externa			
		No se ha evaluado el almacenamiento en contenedores más grandes (65 m3) que reduzca la cantidad de viajes				Causa Raíz Técnica
	No se cuenta con los tachos para los distintos tipos de residuos en las oficinas	No se ha hecho una evaluación de los tipos de residuos por cada fuente				Causa Raíz Técnica Causa Raíz Sistema de Gestión
En la tolva del camión que traslada los residuos al almacén temporal todos las bolsas son apiladas, generando muchas veces que otros tipos de residuos se traten como generales	No se cuenta con un camión que cuente con tolvas de colores para evitar contaminación cruzada de residuos				Causa Raíz Técnica	

Tabla 31*Valoración Esfuerzo-Impacto*

Esfuerzo	Impacto	Valor
Bajo	Alto	90
Medio	Alto	80
Bajo	Medio	70
Alto	Alto	60
Medio	Medio	50
Alto	Medio	40
Bajo	Bajo	30
Medio	Bajo	20
Alto	Bajo	10

Tabla 32

*Valoración de Causa-Raíz para Residuos Orgánicos (Alto % de Residuos Orgánicos
Dispuestos en el Relleno Sanitario)*

Causa Raíz	Esfuerzo	Impacto	Valoración
No se ha actualizado el alcance en el servicio de manejo de residuos sólidos y realizado una nueva licitación con este nuevo alcance	Bajo	Alto	90
No se tiene claridad de la inversión en mano de obra, materiales, insumos y equipos que se requieren para la producción de <i>compost</i>	Medio	Alto	80
No se ha evaluado el uso de materiales alternativos como fuentes de carbono para la producción de <i>compost</i>	Medio	Alto	80
No se ha evaluado la factibilidad del uso de las antiguas desmonteras para la producción de <i>compost</i>	Medio	Alto	80
No se ha hecho piloto para evaluar hasta en cuanto tiempo se reduce el proceso de formación de <i>compost</i> con el uso de microorganismo eficaces y una adecuada aireación	Medio	Medio	50

Tabla 33

*Valoración de Causa-Raíz para Residuos Generales (Alto % de Residuos Generales
Dispuestos en el Relleno Sanitario)*

Causa Raíz	Esfuerzo	Impacto	Valoración
No se ha considerado la segregación como un KPI estratégico de la Unidad	Bajo	Alto	90
No se tiene contemplado dentro del presupuesto del área ambiental un programa de capacitación y concientización en segregación a lo largo del año	Medio	Alto	80
No se ha evaluado la alternativa de disponer en una empresa que utilice los residuos para la generación de energía eléctrica	Medio	Alto	80
No se ha evaluado el uso de las antiguas desmonteras para la construcción de una planta de segregación	Medio	Alto	80
No se tiene claridad de la inversión requerida para la construcción de una planta de segregación	Medio	Alto	80
No se cuenta con un camión que cuente con tolvas de colores para evitar contaminación cruzada de residuos	Medio	Alto	80
No se ha evaluado el uso de tecnología a para reducir el volumen de residuos y contenedores de mayor volumen para reducir la frecuencia de disposición externa y por ende reducir el costo logístico de disposición externa	Alto	Alto	60
No se ha hecho una evaluación de los tipos de residuos por cada fuente	Alto	Alto	60
No se ha realizado <i>benchmarking</i> con otras empresas del sector respecto a que métodos usan para garantizar una correcta segregación	Medio	Medio	50

Tabla 34*Resumen de Valoración de Causa-Raíz para Residuos Orgánicos y Generales*

Problema	Causa Raíz	Esfuerzo	Impacto	Valoración
Alto % de residuos orgánicos dispuestos en el Relleno Sanitario	No se ha actualizado el alcance en el servicio de manejo de residuos sólidos y realizado una nueva licitación con este nuevo alcance	Bajo	Alto	90
	No se tiene claridad de la inversión en mano de obra, materiales, insumos y equipos que se requieren para la producción de <i>compost</i>	Medio	Alto	80
	No se ha evaluado el uso de materiales alternativos como fuentes de carbono para la producción de <i>compost</i>	Medio	Alto	80
	No se ha evaluado la factibilidad del uso de las antiguas desmonteras para la producción de <i>compost</i>	Medio	Alto	80
	No se ha considerado la segregación como un KPI estratégico de la Unidad	Bajo	Alto	90
Alto % de residuos generales dispuestos en el Relleno Sanitario	No se tiene contemplado dentro del presupuesto del área ambiental un programa de capacitación y concientización en segregación a lo largo del año	Medio	Alto	80
	No se ha evaluado la alternativa de disponer en una empresa que utilice los residuos para la generación de energía eléctrica	Medio	Alto	80
	No se ha evaluado el uso de las antiguas desmonteras para la construcción de una planta de segregación	Medio	Alto	80
	No se tiene claridad de la inversión requerida para la construcción de una planta de segregación	Medio	Alto	80
	No se cuenta con un camión que cuente con tolvas de colores para evitar contaminación cruzada de residuos	Medio	Alto	80

5.5 Resumen del Capítulo

Del análisis se obtuvo que la producción de residuos está correlacionada con las toneladas métricas de producción de finos de Sn, en base a dicha correlación se pudo estimar la proyección del número de rellenos sanitarios que se requerirían durante el tiempo de vida de la unidad minera y consecuentemente se pudo realizar el análisis financiero. Se establecieron las principales variables causantes del problema principal, las cuales son: el porcentaje de residuos orgánicos y el porcentaje de residuos generales. Posteriormente estas variables fueron sometidas al análisis de Ishikawa y cinco porqués para determinar sus causas. Las causas obtenidas fueron priorizadas en función de su impacto y el esfuerzo que demandan, según el consenso del grupo de trabajo con la finalidad de ser abordadas y solucionadas.

Capítulo VI: Alternativas de Solución

Se analizaron cuantitativamente (económica y financiera) y cualitativamente (impacto en la imagen de la empresa) tres alternativas para resolver el problema clave según el análisis causa raíz presentado en el Capítulo V. Antes de presentar las alternativas propuestas, se realizó la valoración cuantitativa y cualitativa de mantener el *estatus quo*, es decir, continuar disponiendo los residuos orgánicos y generales en el relleno sanitario. Por ese motivo, se utiliza esta valoración como línea base para comparar con las alternativas de solución propuestas y tener identificadas las ventajas y desventajas; así mismo con ello terminar de definir cuál será la alternativa de solución que se le va a plantear a Minsur S.A para que la implemente.

6.1 Línea Base: Operación Futura Manteniendo la Forma de Gestión Actual

La continuidad de la operación del relleno sanitario existente sin ningún cambio en la forma de disposición de residuos o en su gestión, es decir, manteniendo los mismos lineamientos sustentados en la base del cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental de la unidad minera implicará seguir disponiendo en el relleno sanitario los residuos generales (13.3%) y orgánicos (13.4%). Estos en su conjunto representan el 26.7% del total de residuos generados por la unidad y es preciso mencionar que el actual relleno sanitario tiene una capacidad limitada de 3,500 m³ y que la densidad promedio de los residuos orgánicos y generales es de 0.4 t/m³, es decir, se pueden almacenar hasta 1,400 t (ver Tabla 35). El tonelaje promedio de residuos generados es de 2,493 t, es decir, el tonelaje promedio de residuos generales es de 331 y el de orgánicos es de 335 t (ver Tabla 11), representando en conjunto 666 t. Por ello se puede recalcar que la vida útil del relleno sería de aproximadamente 25 meses, lo que significa que cada 25 meses se debe contar con un relleno listo para recepcionar los residuos generales y orgánicos (ver Tabla 36, Tabla 37 y Tabla 38).

Tomando como base que la capacidad disponible restante del relleno sanitario actual es de solo 480 t (ver Tabla 35) y la proyección del total de residuos generados en la vida restante de la mina que según las últimas exploraciones son hasta el 2027 (ver Tabla 20) y que el porcentaje dispuesto en el relleno sanitario es el 26.7% (ver Tabla 21) se puede calcular que se va a requerir la construcción de cuatro nuevos rellenos sanitarios para almacenar los residuos generales y orgánicos (ver Tabla 36). La inversión que se requiere para construir un nuevo relleno sanitario es de \$350,000, así mismo una vez se cierre el relleno se va a requerir revegetar la zona la cual representa una inversión de \$500,000 además de ello se debe considerar que se necesitará de personal y maquinaria para operar el relleno durante su vida útil, la cual se estima en \$150,000. De ello se puede inferir que cada nuevo relleno va a requerir una inversión total de \$1'000,000 (ver Tabla 37); al requerirse en la vida útil de la mina la construcción de cuatro nuevos rellenos sanitarios, el Valor Actual Neto (VAN) de la inversión (construcción más operación y revegetación) de mantener el *estatus quo* sería de \$3'519,077 (ver Tabla 38).

Tabla 35

Dimensiones de Relleno Sanitario

Característica	Valor
Nuevo relleno sanitario	3,500 m ³
Densidad (Orgánicos y Generales)	4 t/m ³
Capacidad nuevo relleno sanitario	1,400 t
Residuos dispuestos en relleno sanitario (Orgánicos y Generales)	26.70%
Capacidad relleno sanitario actual	480 t

Tabla 36*Toneladas Dispuestas Futuras en el Relleno Sanitario (2022-2027)*

Año	2022	2023	2024	2025	2026	2027	t dispuestas
Total residuos generados por año	3,406	3,734	4,201	4,616	4,591	1,619	
t dispuestas en relleno sanitario	909	997	1,122	1,232	1,226	432	
Relleno sanitario actual	480						480
1er Nuevo relleno sanitario	429	971					1,400
2do Nuevo relleno sanitario		26	1,122	252			1,400
3er Nuevo relleno sanitario				980	420		1,400
4to Nuevo relleno sanitario					806	432	1,238
t dispuestas en relleno sanitario	909	997	1,122	1,232	1,226	432	

Tabla 37*Inversión en Nuevo Relleno Sanitario*

Concepto	Monto (\$)
Inversión construcción relleno sanitario	350,000
Inversión en cierre de relleno y revegetación	500,000
Inversión Operación relleno sanitario	150,000
Monto total de inversión	1'000,000

Tabla 38*VAN de Gestión Actual de Residuos*

Año	2022 (\$)	2023 (\$)	2024 (\$)	2025 (\$)	2026 (\$)	2027 (\$)
Inversión construcción Relleno sanitario	350,000	350,000		350,000	350,000	
Inversión en cierre de Relleno y revegetación	500,000	500,000		500,000	500,000	500,000
Inversión operación relleno Sanitario	150,000	150,000	150,000	150,000	150,000	150,000
Flujo	1'000,000	1'000,000	150,000	1'000,000	1'000,000	650,000
Tasa		10%				
VAN		\$3'519,077				

6.2 Valoración Cuantitativa de Alternativas

6.2.1 Alternativa 1: Optimizar los Costos de Inversión y Operación de los Rellenos Sanitarios a través de un Contrato Marco para toda la División Minera de Minsur S.A.

Con esta alternativa se sugiere mejorar los costos de construcción, operación y revegetación de los rellenos aprovechando las economías de escala, y para esto se propone licitar estos tres servicios con el objetivo de contar con solo proveedor (contratos marco de mediano plazo tres a cuatro años) para toda la división minera (Raura, San Rafael, Pucamarca y Taboca) para cada servicio. Cada uno de los cuales tendrá costos más competitivos que la que tiene cada unidad por separado, ya que al ser solo un proveedor por servicio este incurre en menores gastos administrativos. El ahorro estimado por economías de escala es de alrededor del 4% en construcción de nuevos rellenos, del 6% en la operación y de 3% en la revegetación, dichos porcentajes fueron los propuestos por los proveedores actuales en la unidad al ofrecerles la ampliación del alcance (ver Tabla 39 y Tabla 40).

Tabla 39

Inversión en Nuevo Relleno Sanitario

Concepto	Monto (\$)
Inversión construcción relleno sanitario	336,000
Inversión en cierre de relleno y revegetación	485,000
Inversión operación relleno sanitario	141,000
Monto total de inversión	962,000

Tabla 40*VAN de la Alternativa 1*

Año	2022 (\$)	2023 (\$)	2024 (\$)	2025 (\$)	2026 (\$)	2027 (\$)
Inversión construcción						
Relleno sanitario	336,000	336,000		336,000	336,000	
Inversión en cierre de						
Relleno y revegetación	485,000	485,000		485,000	485,000	485,000
Inversión operación						
relleno Sanitario	141,000	141,000	141,000	141,000	141,000	141,000
Flujo	962,000	962,000	141,000	962,000	962,000	626,000
Tasa	10%					
VAN	\$3'383,268					

6.2.2 Alternativa 2: Tratamiento de los Residuos Orgánicos y Segregación de los Generales

Consiste en reducir el porcentaje de residuos dispuestos en el relleno sanitario del total de residuos generados a 10%, para ello se debe reducir el 100% de residuos orgánicos mediante su tratamiento para generar *compost* y reducir en 24.61% los residuos generales mediante la construcción de una planta de segregación (ver Tabla 41, Tabla 42 y Tabla 43). Se debe señalar que para la generación de *compost* y segregación de residuos se dispone de un terreno 1,000 m². La ejecución de la actividad de compostaje será realizada en un terreno de 1,000 m³ a través de pilas y contemplará el uso de lombrices californianas que aceleren el proceso. El objetivo es tratar aproximadamente 30 t por mes con lo que se puede abarcar la generación de 335 t en el año y los equipos principales que se requerirán para ello son una trituradora mecanizada y volteadores de palas. Se plantea que la generación de *compost* esté a cargo del actual operador de residuos de la unidad, y que el *compost* producido sea utilizado para el fortalecimiento de las áreas verdes sembradas en los taludes. En forma similar, para la segregación de residuos se plantea la adquisición de una pequeña planta semiautomática con

una capacidad de procesamiento de 30 ton/mes con lo cual se abarcarían las 331 t generadas en el año, además los principales componentes que se requerirán son fajas transportadoras, trituradora, compactadora y empaquetadora. La principal implicancia de esta alternativa será la elaboración de una Declaración de Impacto Ambiental para añadir este nuevo componente ambiental.

Tabla 41*Características de la Alternativa 2*

Característica	Valor
Nuevo relleno sanitario	3,500 m ³
Densidad	0.4 t/m ³
Capacidad nuevo relleno sanitario	1,400 t
Porcentaje dispuesto en relleno sanitario	10%
Capacidad disponible actual	480 t
Construcción de planta segregación y de generación de <i>compost</i>	\$250,000

Tabla 42*Toneladas Dispuestas en Relleno Sanitario (2022-2027) de la Alternativa 2*

Año	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Total residuos generados por						
año	3,406	3,734	4,201	4,616	4,591	1,619
t dispuestas en relleno						
sanitario	341	373	420	462	459	162
Relleno sanitario actual	339	141				
1er nuevo relleno sanitario		232	420	462	286	
2do nuevo relleno sanitario					173	162
t dispuestas en relleno						
sanitario	339	373	420	462	459	162

Tabla 43*VAN de la Alternativa 2*

Año	2022 (\$)	2023 (\$)	2024 (\$)	2025 (\$)	2026 (\$)	2027 (\$)
Inversión construcción relleno sanitario	350,000			350,000		
Inversión en cierre de relleno y revegetación	500,000			500,000		500,000
Inversión operación relleno sanitario	75,000	75,000	75,000	75,000	75,000	75,000
Construcción de planta segregación	150,000					
Construcción de planta compost	150,000					
Operación de las plantas de segregación y compost	75,000	75,000	75,000	75,000	75,000	75,000
Flujo	1'300,000	150,000	150,000	1'000,000	150,000	650,000
Tasa	10%					
VAN	2'561,542					

6.2.3 Alternativa 3: Disposición 100% Externa de los Residuos Generales y Orgánicos

Consiste en disponer de forma externa en el relleno sanitario de Petramás en el 100% de los residuos orgánicos y generales generados en la Unidad Minera San Rafael (ver Tabla 44 y Tabla 45). Con esta alternativa se plantea la minimización del impacto ambiental por la generación de residuos y se plantea su uso para la generación de energía eléctrica a partir de la biomasa, pero aumenta de forma significativa los costos logísticos de traslado de residuos y recepción por Petramás, tomando en consideración que el VAN calculado es \$4'008,512.

Tabla 44*Inversión de la Alternativa 3*

Concepto	Monto (\$)
Acopio y traslado interno de residuos sólidos en la unidad mensual	24,169
Inversión en almacén temporal	350,000
Inversión en cierre de almacén temporal y revegetación	500,000
Segregación y empacado de residuos sólidos comunes	10,574
Costo de disposición externa por m3 (traslado + recepción)	130

Tabla 45*VAN de la Alternativa 3*

Año	2022 (\$)	2023 (\$)	2024 (\$)	2025 (\$)	2026 (\$)	2027 (\$)
Costo de traslado externo y disposición de residuos generales a Petramás	295,554	323,974	364,498	400,524	398,380	140,442
Costo de construcción de almacén temporal	550,000					
Acopio y traslado interno y externo de residuos sólidos en la unidad	290,030	290,030	290,030	290,030	290,030	290,030
Segregación y empacado de residuos sólidos	126,888	126,888	126,888	126,888	126,888	126,888
Inversión en cierre de almacén temporal y Revegetación						500,000
Flujo	1'262,473	740,893	781,417	817,442	815,298	1'057,360
Tasa VAN	10%					
	4'008,512					

6.3 Valoración Cualitativa

En esta sección se analiza el impacto sobre la imagen corporativa de las alternativas de solución propuestas, para esto se tiene en cuenta que la reputación es el factor distintivo y debe de preservarse y/o mejorarse. De igual manera, es importante tener en cuenta que las soluciones propuestas podrán mejorar el marketing y percepción de la compañía por parte de sus *stakeholders*, principalmente de sus clientes. La alternativa 1 de continuar con la actual gestión de residuos y obtener únicamente mejorar económicas en los costos de operación y/o construcción puede actuar en detrimento de la imagen de la empresa, debido a que esto puede ser percibido como inacción para aportar en el mejoramiento ambiental y continuación del *status quo*, percepción que empeorará con la construcción de rellenos sanitarios adicionales.

En cuanto a la alternativa 2 que propone el tratamiento de residuos orgánicos y segregación de residuos generales presenta amplias oportunidades para el mejoramiento de la

imagen corporativa y ofrece ventajas explotables en la promoción de la empresa. Su implementación permitirá que la empresa sea valorada como empresa sustentable. Y en lo que respecta a la alternativa 3 que plantea la disposición del 100% de residuos fuera de planta puede ser percibida como negativa debido a las condiciones que involucrará su implementación, como el mayor tránsito de vehículos de carguío de residuos y el consecuente incremento de riegos para la seguridad de empleados y comunidades aledañas.

6.4 Comparativo de Alternativas

Basados en el comparativo de alternativas se decidió optar por la alternativa 2, la cual es construir planta de segregación y *compost* para reducir lo dispuesto en el relleno a 10% del total de residuos generados en la Unidad (ver Tabla 46) y en el Capítulo VII se detalla el plan de acción para su ejecución.

Tabla 46

Comparación entre las Alternativas

Alternativas	Descripción	Nro. rellenos que se requiere construir	Planta de generación de <i>compost</i>	Planta de segregación	Disposición externa	Inversión requerida VAN (\$)
1	Construcción y operación de rellenos sanitarios a través de contratos marco transversales para la división minera manteniendo el porcentaje dispuesto en relleno sanitario de 26.70%	4	No	No	No	3'437,327
2	Construir planta de segregación y <i>compost</i> para reducir lo dispuesto en el relleno a 10% del total de residuos generados en la Unidad Minera	2	Si	Si	No	2'561,542
3	Disponer en Petramás todo lo que se dispone actualmente en el relleno sanitario interno	0	No	No	Si	4'008,512

6.5 Resumen del Capítulo

Se analizaron en términos cualitativos y cuantitativos las tres alternativas de solución para el problema clave y de estas se pueden resumir los siguientes aspectos: De la primera opción se puede decir que no contempla ningún esfuerzo en reducir el porcentaje de residuos dispuestos en el relleno sanitario, por lo que requiere la construcción de cuatro rellenos y teniendo en consideración la proyección de generación de residuos hasta el 2027 y una inversión de \$3'437,327, esta alternativa se descarta, ya que no ataca las causas raíces definidas en el Capítulo V.

La segunda opción está orientada a permitir el reaprovechamiento de los residuos orgánicos y generales, y con ello reducir a cero las toneladas de residuos orgánicos dispuestos en el relleno y reducir en 24,7% las toneladas de residuos generales dispuestos en el relleno. Estos en su conjunto permiten reducir el porcentaje de residuos dispuestos en el relleno sanitario del total de residuos generados de 26.7% a 10%, lo cual implicaría solo el tener que construir dos nuevos rellenos sanitarios hasta el 2027 y una inversión de \$2'561,542.

En cuanto a la tercera opción, a través de la cual se propone utilizar los residuos para generar energía eléctrica, si bien esta alternativa implica no tener que construir ningún relleno sanitario la limitación surge por el alto costo logístico que implica mover los residuos desde Juliaca a Lima; además de los potenciales reclamos de la comunidad por trasladar por sus vías residuos.

La valoración financiera de las alternativas mostró que la alternativa 2 requiere menor inversión con un VAN de \$2'561,542, así mismo la valoración cualitativa indicó que reduce a la mitad la cantidad de relleno sanitarios necesario hasta el fin de la vida útil de la mina, además de reaprovechar los residuos orgánicos y generales, es por ello que es la alternativa óptima para ser ejecutada.

Capítulo VII: Plan de Implementación y Factores Clave de Éxito

El presente *business consulting* plantea a Minsur el reaprovechar los residuos orgánicos para la generación de *compost* además de construir una planta de segregación para reutilizar los residuos generales. Para ello, se ha tomado como base el análisis de las causas raíces y su priorización por esfuerzo impacto realizado en el Capítulo V (ver Tabla 32 y Tabla 33). En conjunto con el área de medio ambiente y los principales líderes de la unidad se definieron ciertas acciones con sus respectivos responsables para dar solución a cada una de las causas raíces, las cuales se resumen en la Tabla 47 y Tabla 48.

7.1 Plan de Acción para Reducir la Generación de Residuos Orgánicos

El eje central de esta acción es la construcción de una planta de compostaje para reaprovechar los residuos orgánicos en su totalidad, al no ser esto parte del *core business* de Minsur, dentro de las acciones se propone que la operación y mantenimiento de dicha planta esté a cargo y dentro del alcance de la empresa que actualmente gestiona los residuos de la unidad. Para ello se debe buscar una empresa en el mercado con la experiencia de generación de *compost* en unidades mineras, luego de ello solicitarles una estimación del costo de esta ampliación del alcance. Considerando esto como base y los beneficios de esta propuesta, se requiere solicitar una ampliación del OPEX en el Forecast IIIQ. Logrado ello, se procede a convocar una licitación a través del área de contratos, para una vez recibidas las propuestas se realice el comparativo técnico y económico con lo que se terminaría de definir al ganador e iniciar el servicio en el mes de setiembre 2022. Una de las limitaciones para esta alternativa era contar con fuentes de carbono para generar *compost* pero para ello se utilizarán los residuos de madera y el guano de los camélidos que habitan en la unidad. De manera similar, otra limitación era el requerimiento de un área amplia donde formar las pilas de *compost*, por lo que se necesita adecuar las antiguas desmonteras y por último acelerar el proceso mediante el uso de microorganismos eficaces (lombrices californianas).

Tabla 47

Compromisos para Reducir el Porcentaje de Residuos Orgánicos Dispuestos en el Relleno Sanitario

	Causa raíz	Acciones	Responsable
Desarrollo de plan de acción	No se ha actualizado el alcance en el servicio de manejo de residuos sólidos y realizado una nueva licitación con este nuevo alcance.	Elaborar un nuevo alcance del servicio de manejo de residuos sólidos que incluya el tratamiento de los residuos orgánicos para la generación de <i>compost</i> . Establecer la búsqueda de potenciales EPS-RS que realizan el tratamiento de residuos sólidos. Convocar a través de Logística a una licitación en base al nuevo alcance definido.	Jefe de Medio Ambiente Ing. Medio Ambiente Supte Medio Ambiente
		Realizar el comparativo de las propuestas técnicas y económicas de los postores a la licitación en base al nuevo alcance	Jefe Contratos
	No se tiene claridad de la inversión en mano de obra, materiales, insumos y equipos que se requieren para la producción de <i>compost</i> .	Actualizar en el forecast 1Q OPEX el nuevo presupuesto para manejo de residuos sólidos que incluya el tratamiento de los residuos orgánicos. Iniciar servicio con nueva EPS-RS en el mes de setiembre 2022 (3Q). Utilizar el <i>compost</i> generado para la revegetación de las antiguas relaveras.	Jefe Costos Jefe de Contratos Superintendente Medio Ambiente
		Utilizar el aserrín de las parihuelas desechadas como fuente de carbono.	Ingeniero de Medio Ambiente
	No se ha evaluado el uso de materiales alternativos como fuentes de carbono para la producción de <i>compost</i> .	Utilizar el guano de los camélidos que habitan en la unidad como fuente de carbono.	Jefe de Medio Ambiente.
		Realizar el levantamiento topográfico para medir la cancha disponible en las antiguas desmonteras.	Superintendente de Ingeniería
	No se ha evaluado la factibilidad del uso de áreas de las antiguas desmonteras para la producción de <i>compost</i> .	Incluir en el alcance el tamaño de la cancha disponible para el tratamiento de residuos orgánicos para la generación de <i>compost</i> .	Jefe de Medio Ambiente.
	No se ha realizado la prueba piloto para evaluar hasta en cuanto tiempo se reduce el proceso de formación de <i>compost</i> con el uso de microorganismo eficaces y una adecuada aireación.	Realizar pruebas en campo a través de los postores a fin de determinar la reducción del tiempo al usar microorganismos eficaces (lombrices californianas).	Ing. Medio Ambiente.
		Campaña de comunicación de la implementación de raciones distintas, ya que el requerimiento nutricional del personal administrativo es menor al personal operativo, la elección de la ración será libre.	Jefe de Comunicaciones
	El personal operativo interpreta como favorecimiento al personal administrativo el brindar platos de menús diferentes.	Definir nuevo alcance con el concesionario para brindar el servicio con dos tamaños de raciones a libre elección (personal administrativo y operativo).	Jefe de Servicios Generales.

7.2 Plan de Acción para Reducir la Generación de Residuos Generales

El eje central de esta propuesta es construir una planta de segregación para reducir las toneladas de residuos generales dispuestos en el relleno en 24.7% mediante una correcta segregación de estos tipos de residuos, al no ser esto parte del *core business* de Minsur, dentro de las acciones se plantea que la operación de la planta de segregación esté a cargo y dentro del alcance de la empresa que actualmente gestiona los residuos de la unidad. Por este motivo, se requiere buscar una empresa en el mercado con la experiencia de segregación de residuos; posteriormente, solicitarles una estimación del costo de esta ampliación del alcance. Tomando en cuenta esto como base además de los beneficios de esta propuesta, se debe solicitar una ampliación del OPEX en el Forecast IIIQ. Luego, convocar una licitación a través del área de contratos, para una vez recibidas las propuestas realizar el comparativo técnico y económico con lo que se terminaría de definir al ganador e iniciar el servicio en el mes de Agosto 2022. Cabe indicar que una de las limitaciones para esta alternativa era contar con un área amplia donde construir la planta de segregación y para ello se debe adecuar otra de las antiguas desmonteras. Otra limitación era contar con personal capacitado para realizar la segregación, para ello la empresa ganadora va a capacitar al personal para realizar una correcta segregación.

Tabla 48

Compromisos para Reducir el Porcentaje de Residuos Generales Dispuestos en el Relleno Sanitario

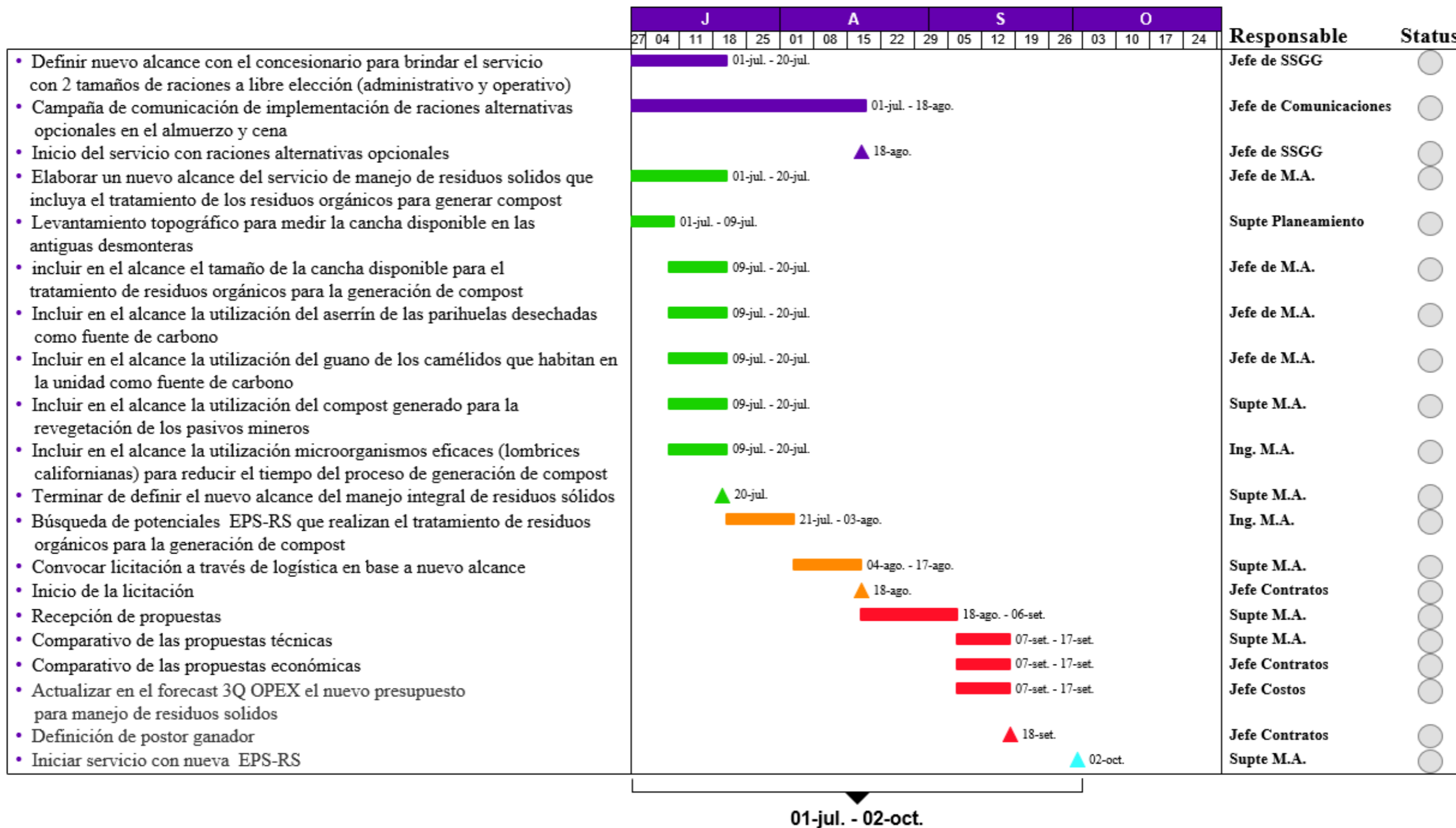
	Causa raíz	Acciones	Responsable	Fecha fin	Estado acción
Desarrollo de plan de acción	No se ha considerado la segregación como un KPI estratégico de la Unidad.	Hacer un <i>benchmark</i> con otras unidades para definir un KPI de segregación.	Jefe Medio Ambiente	15/01/2022	En proceso
		Definir una meta para la UM San Rafael del KPI de segregación en base a <i>benchmark</i> con otras unidades.	Superintendente de Medio Ambiente	31/01/2022	En proceso
		Incluir el KPI de segregación dentro del BSC que mida el resultado de la UM San Rafael que es el <i>input</i> para el bono de desempeño.	Gerente de Unidad	28/02/2022	En proceso
	No se tenía contemplado dentro del presupuesto del área ambiental un programa de capacitación y concientización en segregación a lo largo del año	Incluir dentro del Forecast 1Q del área ambiental un programa de capacitación y concientización en segregación a lo largo del año	Superintendente de Medio Ambiente	15/03/2022	En proceso
		Búsqueda en el mercado de una empresa de gestión de residuos sólidos especializada que genere energía a partir de los residuos sólidos	Jefe de Contratos	15/02/2022	En proceso
	No se ha evaluado la alternativa de disponer en una empresa que utilice los residuos para la generación de energía eléctrica	Investigar costos de recepción de residuos por tonelada por empresa especializada externa	Jefe de Contratos	15/02/2022	En proceso
		Investigar requisitos para recepción de residuos sólidos de la unidad minera en empresa especializada externa	Jefe de Contratos	15/02/2022	En proceso
		Levantamiento topográfico para medir la cancha disponible en las antiguas desmonteras	Superintendente de Ingeniería		
	No se ha evaluado el uso de las antiguas desmonteras para la construcción de una planta de segregación	Incluir en el alcance de la nueva EPS RS la construcción de una planta de segregación	Superintendente de Medio Ambiente		
		Construcción de planta de segregación	Superintendente de Proyectos		
		Definir alcance de la nueva EPS-RS la construcción de planta de segregación	Superintendente de Medio Ambiente	15/02/2022	En proceso
	No se tiene claridad de la inversión requerida para la construcción de una planta de segregación	Convocar a través de logística una licitación en base al alcance definido	Jefe Medio Ambiente	1/03/2022	En proceso
		Comparativo de las propuestas técnicas y económicas de los postores a la licitación en base al nuevo alcance	Miguel Arancibia	15/03/2022	En proceso
		Iniciar servicio con nueva EPS-RS en el mes de Agosto 2022 (3Q)	Gerente de Unidad	1/04/2022	En proceso
	No se cuenta con un camión que cuente con tolvas de colores para evitar contaminación cruzada de residuos	Incluir en el alcance de la nueva EPS-RS el contar con un camión que cuente con tolvas de colores para evitar contaminación cruzada de residuos	Jefe Medio Ambiente	10/02/2022	En proceso
	No se ha evaluado el uso de tecnología a para reducir el volumen de residuos y contenedores de mayor volumen para reducir la frecuencia de disposición externa y por ende reducir el costo logístico de disposición externa	Incluir en el alcance de la nueva EPS-RS el contar con una compactadora industrial para reducir el volumen de los residuos generados	Jefe Medio Ambiente	10/02/2022	En proceso
		Incluir en el alcance de la nueva EPS-RS el contar con contenedores de 65 m3 para los residuos generales y con ello reducir la cantidad de viajes para disposición externa de residuos generales	Jefe Medio Ambiente	10/02/2022	En proceso
		Hacer una encuesta de tipos de residuos generados en las oficinas y almacenes	Jefe Medio Ambiente	15/01/2022	En proceso
	No se ha hecho una evaluación de los tipos de residuos por cada fuente (oficinas y almacenes)	Colocar tachos de colores requeridos según la encuesta de tipos de residuos generados en las oficinas y almacenes	Jefe Medio Ambiente	1/02/2022	En proceso
		No se ha realizado <i>benchmarking</i> con otras empresas del sector respecto a que métodos y tecnologías usan para garantizar una correcta segregación	Evaluar el uso de sensores preventivos que contribuyen a garantizar una correcta segregación	Jefe Medio Ambiente	15/02/2022
	Usar métodos de Poka Yoke que contribuyan a reducir errores en la segregación		Jefe Medio Ambiente	1/03/2022	En proceso

7.3 Cronograma para Reducir los Residuos Orgánicos Dispuestos en el Relleno Sanitario

A continuación, se adjunta el cronograma para la reducción en la generación de residuos orgánicos (ver Tabla 49).

Tabla 49

Cronograma para Reducir el Porcentaje de Residuos Orgánicos (01 Julio – 02 Octubre)

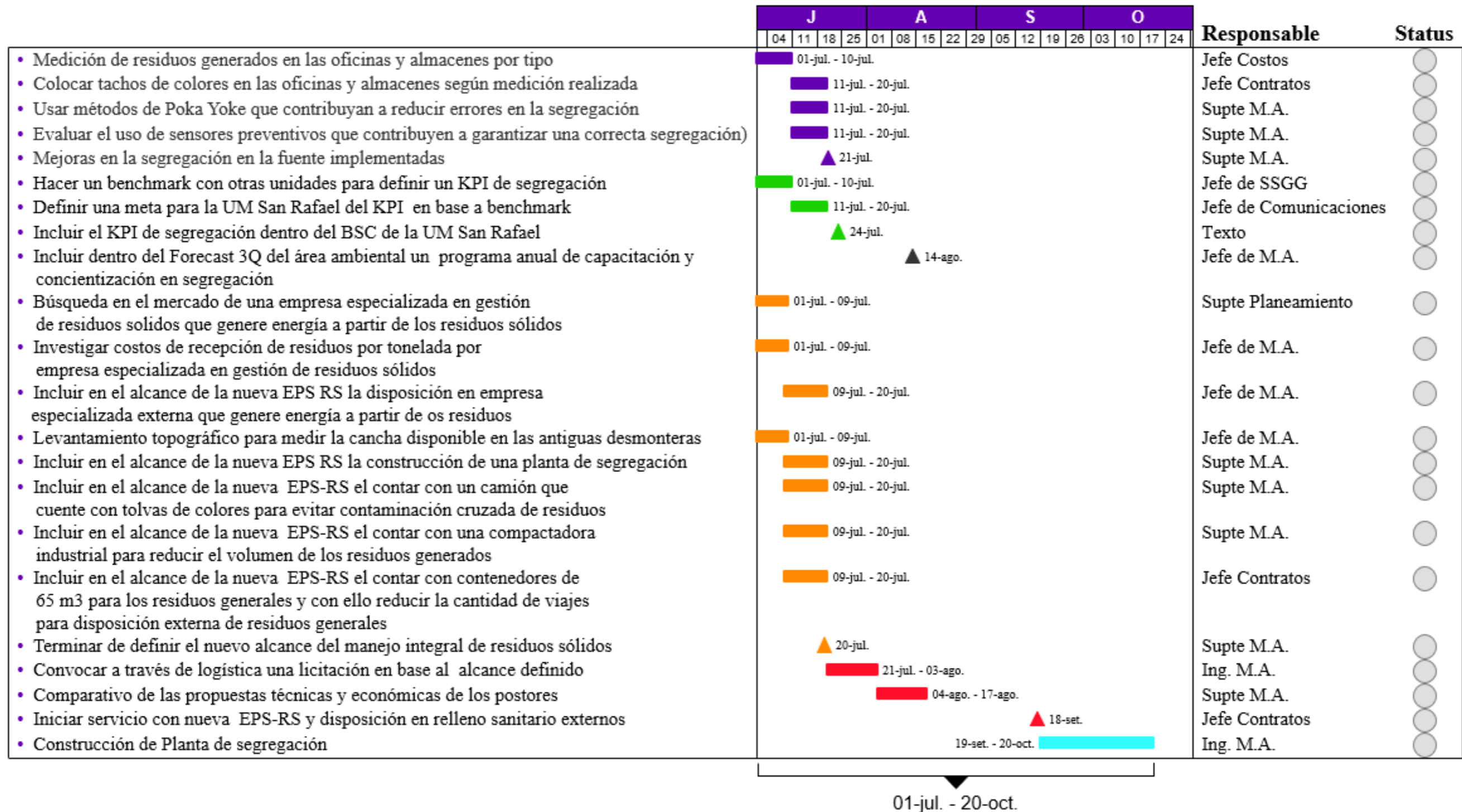


7.4 Cronograma para Reducir los Residuos Generales Dispuestos en el Relleno Sanitario

A continuación, se adjunta el cronograma para la reducción en la generación de residuos generales (ver Tabla 50).

Tabla 50

Cronograma para Reducir el Porcentaje de Residuos Generales (01 Julio – 20 Octubre)



7.5 Resumen del Capítulo

De acuerdo con el análisis realizado se han establecido los respectivos planes de acción con la finalidad de lograr la reducción importante de los residuos orgánicos y la reducción considerable de los residuos generales, teniendo en consideración el criterio muy conocido de las 3R: mediante la búsqueda constante de la reducción de masa, de establecer el criterio del reuso y explorar la necesidad del reciclaje. Para lograr esto resulta fundamental establecer previamente la necesidad del cambio cultural de las personas, mediante capacitaciones y entrenamientos en prácticas de segregación, en la importancia del criterio de las 3R, la disciplina operativa y el compromiso con el medio ambiente. Todo ello va ser posible si se logra el cambio de mentalidad de las personas, lo cual será visible en sus comportamientos y conductas preventivas diarias individuales y grupales. Además, es crucial mencionar que se generó creatividad e innovación al establecer nuevas formas de desarrollar las actividades.

Capítulo VIII: Resultados

En el presente capítulo se muestra con objetividad los avances de los resultados en la reducción de residuos orgánicos y generales.

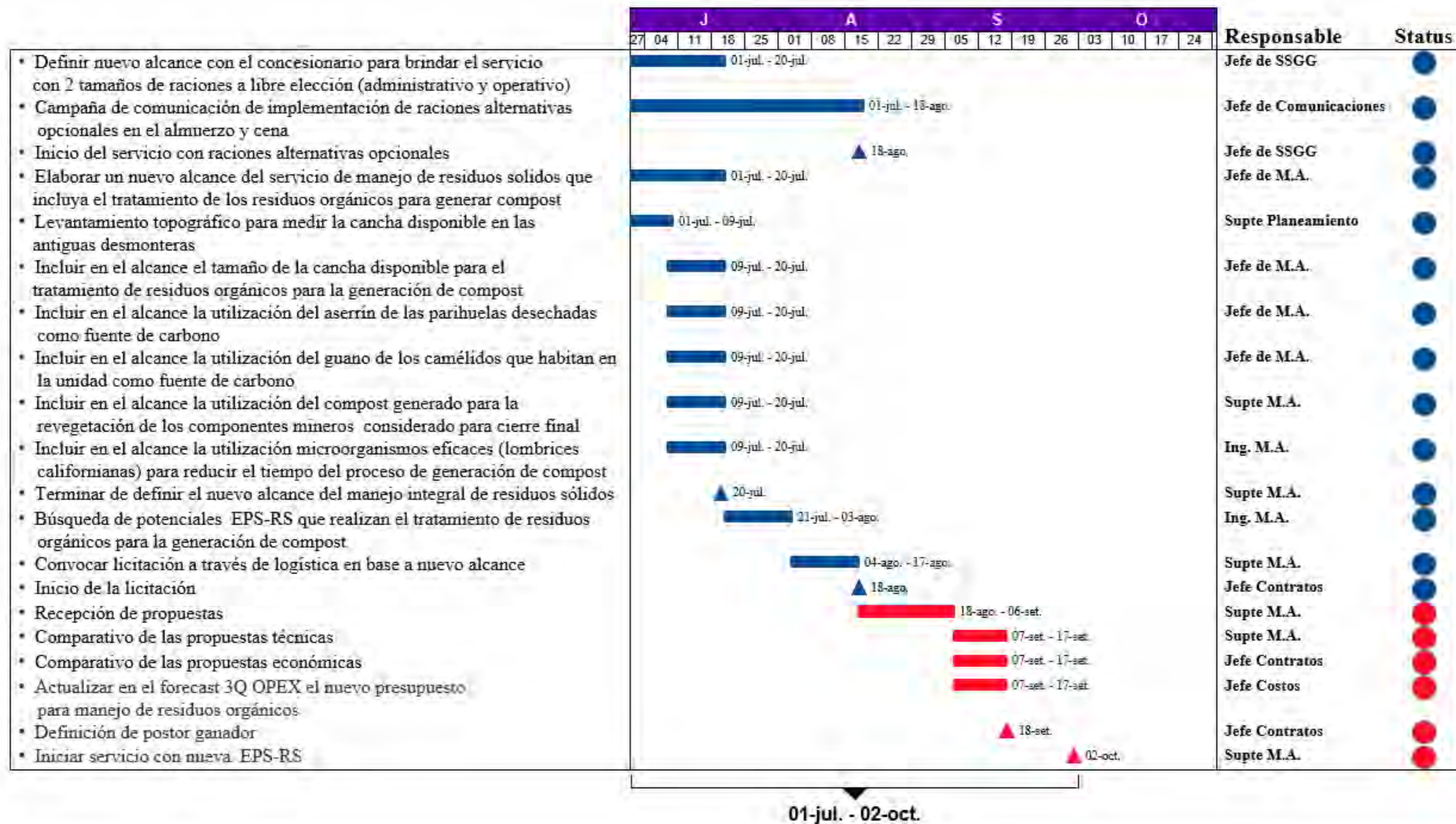
8.1 Avances del Plan de Trabajo para Reducir los Residuos Orgánicos Dispuestos en el Relleno Sanitario

A continuación, se presenta un recuento de las acciones ya realizadas y los pasos a seguir para terminar de implementar la propuesta de solución para el problema central:

- En todos los comedores ya se vienen ofreciendo dos tamaños de raciones de libre elección, lo cual ha permitido reducir la cantidad de residuos generados en la fuente.
- Se adecuó en una de las antiguas relaveras el terreno para la disposición de las pilas de *compost*.
- Se elaboró un nuevo alcance que contempla que el tratamiento de los residuos orgánicos, por lo que actualmente la empresa se encuentra en proceso de licitación con este nuevo alcance. Siendo este el que contempla el uso de aserrín de las parihuelas desechadas del almacén y el guano de los camélidos que habitan en la unidad como fuente de carbono, además del uso de microorganismos eficaces para acelerar el proceso.
- Se solicitó la ampliación del Forecast 3Q para contemplar el costo de la ampliación del alcance tomando como base el monto referencial brindado por los postores.
- El principal paso es la definición del ganador para iniciar la producción de *compost*, por lo que los siguientes pasos se detallan en la Tabla 51.

Tabla 51

Avances del Plan de Trabajo (01 Julio – 02 Octubre)



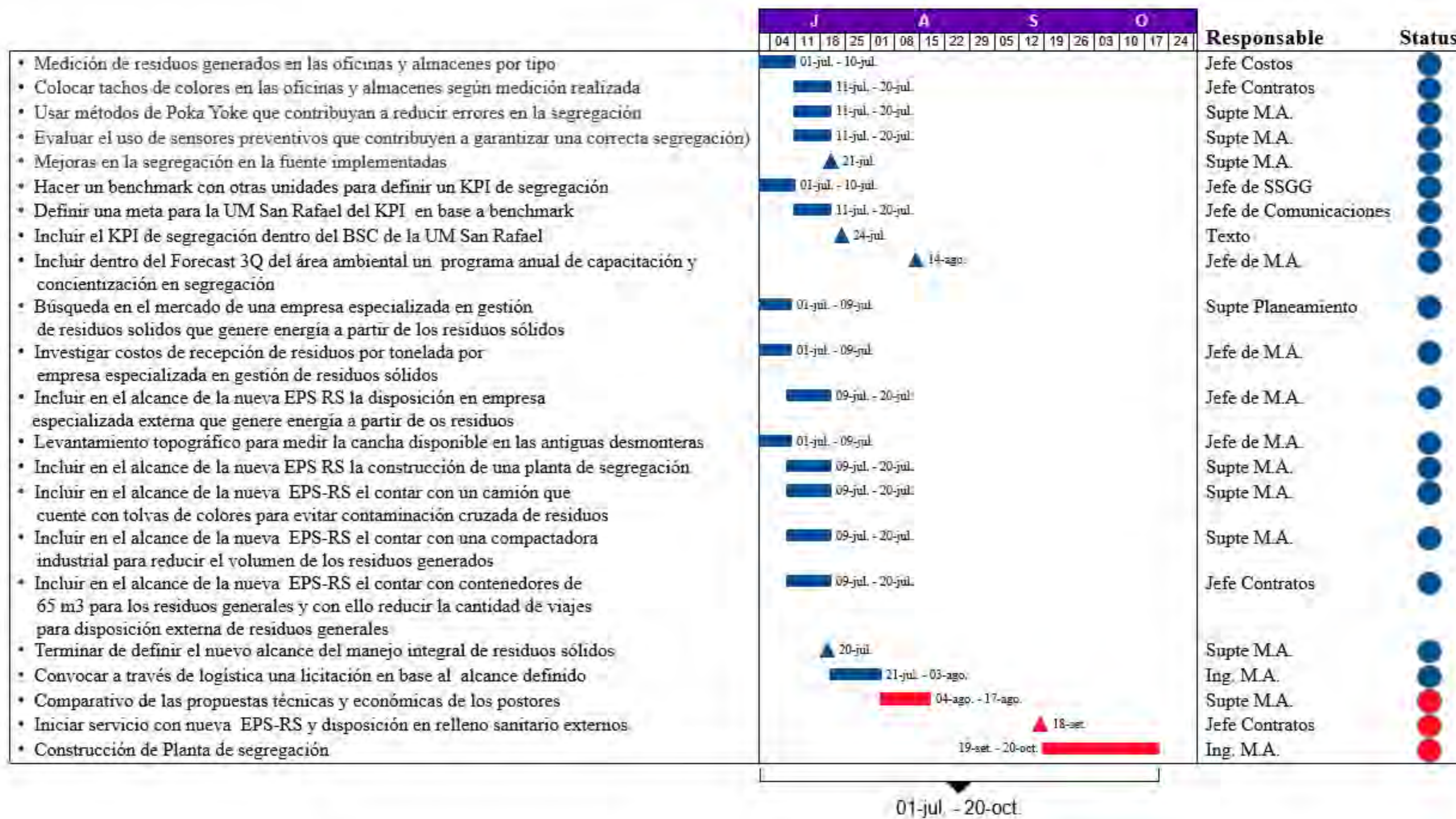
8.2 Avances del Plan de Trabajo para Reducir los Residuos Generales Dispuestos en el Relleno Sanitario

A continuación, se presenta un recuento de las acciones ya realizadas y los pasos a seguir para terminar de implementar la propuesta de solución para el problema central:

- Se ha realizado la medición de residuos generales generados por cada fuente (oficinas y almacenes).
- Se han colocado en las oficinas y almacenes estaciones de segregación para mejorar la segregación en la fuente (Poka Yoke).
- Se han colocado sensores de proximidad que emiten un recordatorio en lo importante de segregar correctamente cuando una persona se acerca a un almacén temporal de residuos.
- Se han realizado campañas de concientización en los aspectos importantes de la segregación por el área de medio ambiente a todas las áreas de la unidad.
- Se elaboró un nuevo alcance que contempla la construcción de una planta de segregación, actualmente la empresa se encuentra en proceso de licitación con este nuevo alcance. Siendo este el que contempla el contar con un camión con tolva de colores para evitar contaminación cruzada en el recojo en los almacenes temporales, una computadora industrial para reducir el volumen de los residuos segregados y contenedores de 65 m³ para los residuos generales segregados y con ello reducir la cantidad de viajes.
- Se solicitó la ampliación del Forecast 3Q para contemplar el costo de la ampliación del alcance tomando como base el monto referencial brindado por los postores.
- El detalle de los siguientes pasos se detallan en la Tabla 52.

Tabla 52

Avances del Plan de Trabajo (01 Julio – 20 Octubre)



8.3 Resumen del Capítulo

De acuerdo con lo establecido en el plan de acción y al realizar la actualización respectiva, se nota el nivel de cumplimiento con alto nivel de adherencia a lo programado. Esto representa es una muestra tangible del compromiso y la seriedad en la ejecución del plan de acción de cada responsable. A la fecha no se ha detectado alguna amenaza respecto al cumplimiento futuro de las actividades por realizar, quizá va a requerir un seguimiento en periodos más cortos del líder de la unidad minera a fin de que cumpla el plan propuesto.



Capítulo IX: Conclusiones y Recomendaciones

9.1 Conclusiones

- El método actual de disposición no es el más eficiente ambientalmente, ya que implica la construcción de cuatro rellenos sanitarios durante la vida útil de la mina, además de no contemplar el enfoque sostenible de las 3R (Reducir, Reusar, y Reciclar).
- La implementación contribuye al cambio de mentalidades y conductas en las nuevas generaciones de la unidad minera como de las comunidades de influencia.
- La implementación de la alternativa 2 permitirá a Minsur reducir su impacto ambiental, ya que reduce la cantidad de rellenos sanitarios internos que se requerirán en todo lo que resta de sus años de operación de 4 a 2, así mismo representa un ahorro de inversión de \$957,535 (\$3'519,077 a \$2'561,542) que representa un 27.2% respecto a la inversión requerida de seguir con el método actual. Esta alternativa 2 tiene dentro de su alcance la construcción de una planta de segregación para los residuos generales y una planta de tratamiento de generación de *compost* para los residuos orgánicos (que representa una inversión en construcción de \$300,000).
- El ahorro es mayor si se considera que el *compost* generado puede ser utilizado para la revegetación como parte del plan de cierre de la mina, una vez se culminen las operaciones.
- La alternativa 3 de disponer todos los residuos orgánicos y generales en un relleno sanitario externo no es económicamente viable por el alto costo logístico que implica transportar los residuos desde la Unidad a Arequipa y/o Lima.

9.2 Recomendaciones

- Replicar esta innovadora gestión integral de los residuos (alternativa 2) generando *compost* a partir de los residuos orgánicos y optimizando la segregación de los residuos generales en las comunidades de influencia directa para contribuir mejorar la salud pública de la población y reducir el impacto ambiental que se genera con el método de disposición actual en un botadero municipal sin previa segregación. Esto le permitirá a la Unidad Minera seguir fortaleciendo lazos de confianza con las comunidades, contribuyendo a la mitigación de riesgos por conflictos sociales.
- Explorar otras alternativas para el uso de los residuos sólidos como por ejemplo su uso como fuente generadora de energía.
- Evaluar un análisis de caso de negocio que considere como inversión la construcción de una planta de generación de energía eléctrica a partir de la incineración de los residuos.
- Determinar acciones que permitan el cambio de las mentalidades y comportamientos asociados a las 3Rs, para lograr que las mejoras planteadas en el reporte del *business consulting* sean sostenibles en el tiempo.
- Evaluar la generación de un convenio con una fundición de aceros para disponer todos los residuos metálicos que se generan en la unidad minera y estos sean reutilizados como materia prima.
- Las otras dos estrategias no abordadas en este documento se recomienda deben ser exploradas por otros equipos de investigación, ya que contribuye a reducir potenciales riesgos a la continuidad operativa de la mina.

Referencias

- Agencia Europea de Medio Ambiente. (2021). *Hacer realidad la energía limpia y renovable*.
<https://www.eea.europa.eu/es/senales/senales-2017-configuracion-del-futuro/articulos/hacer-realidad-la-energia-limpia>
- Akhator, E., Obanor, A., & Ezemonye, L. (2016). Electricity generation in Nigeria from municipal solid waste using the Swedish Wasteto-Energy Model. *JASEM*, 20(3), 635-643.
https://www.researchgate.net/publication/310573704_Electricity_generation_in_Nigeria_from_municipal_solid_waste_using_the_Swedish_Wasteto-Energy_Model
- Akinshilo, A., Olofinkua1, J., Olamide, O., & Asuelinmen, E. (2019). Energy potential from municipal solid waste (MSW) for a developing metropolis. *Journal of Thermal Engineering*, 5(6), 196-204. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/870744>
- Akinshilo, A., Olofinkua, J., & Olamide, O. (2018). Energy potential from municipal solid waste (MSW) for a developing metropolis. *International Journal of Engineering*, 16(2), 24-29. <https://annals.fih.upt.ro/pdf-full/2018/ANNALS-2018-2-03.pdf>
- Atta, A., Aminu, M., Yusuf, N., Gano, Z., Ahmed, O., & Fasanya, O. (2016). Potentials of Waste to Energy in Nigeria. *Journal of Applied Sciences Research*, 12(2), 1-6.
https://www.researchgate.net/profile/Nurudeen-Yusuf-5/publication/301351086_Potentials_of_Waste_to_Energy_in_Nigeria/links/594f523daca27248ae3b470f/Potentials-of-Waste-to-Energy-in-Nigeria.pdf
- Ayilara, M., Olanrewaju, O., Babalola.O., & Odeyemi, O. (2020). Waste management through composting: Challenges and potentials. *Sustainability*, 12, 1-23.
<https://www.mdpi.com/2071-1050/12/11/4456/pdf?version=1591088392>

- Castillo, J. (2021). *Discurso de asunción del presidente de la república, José Pedro Castillo Terrones. 28 de julio de 2021. Mensaje a la nación.*
https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2049663/Mensaje_a_la_nacion_presidente_Pedro_Castillo.pdf.pdf
- Cheng, H., & Hu, Y. (2010). Municipal solid waste (MSW) as a renewable source of energy: Current and future practices in China. *Bioresource Technology*, 101, 3816–3824.
<https://daneshyari.com/article/preview/683524.pdf>
- D'Alessio, F. (2015). *El proceso estratégico: Un enfoque de gerencia* (3a ed., rev.). Pearson.
- Defensoría del Pueblo. (2021). *Reporte de Conflictos Sociales N.º 210.*
<https://www.defensoria.gob.pe/wp-content/uploads/2021/09/Reporte-Mensual-de-Conflictos-Sociales-N%C2%B0-210-agosto-2021.pdf>
- Echevarría, S. (2021). Los riesgos que trae para Perú la incertidumbre de la segunda vuelta. *El Tiempo*. <https://www.eltiempo.com/mundo/latinoamerica/analisis-la-incertidumbre-que-dejo-la-segunda-vuelta-en-peru-595606>
- Herrera, J. (2018). Mejora en la eficiencia y en el ambiente de trabajo en Texgroup S.A. *Ingeniería Industrial*, 36, 35-57.
<https://www.redalyc.org/journal/3374/337458057003/337458057003.pdf>
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). *What a waste 2.0: A global snapshot of solid waste management to 2050*. World Bank Group.
<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>
- Lean Six Sigma Institute. (2020). *Estrategia ajustada, visión e implementación de objetivos con Hoshin Kanri*. <https://leansixsigmainstitute.org/es/Visi%C3%B3n-de-estrategia-ajustada-e-implementaci%C3%B3n-de-objetivos-con-hoshin-kanri/>
- Ley 1278. Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Congreso de la República del Perú (2016).

- Lino, F., & Ismail, K. (2017). Recycling and thermal treatment of MSW in a developing country. *IOSR Journal of Engineering*, 07, 30-38.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2021). *Marco Macroeconómico Multianual 2022-2025*.
https://www.mef.gob.pe/contenidos/pol_econ/marco_macro/MMM_2022_2025.pdf
- Ministerio de Energía y Minas. (2021). *Anuario Minero 2021. Reporte Estadístico*.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3282284/AM2021.pdf.pdf>
- Ministerio de Energía y Minas. (2020). *Anuario Minero 2020. Reporte Estadístico*.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1921117/Anuario%20Minero%202020.pdf.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2016). *Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2024*. <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/IMPRIMIR-PLANRES-2016-2024-25-07-16.pdf>
- Minsur. (2021). *Reporte de Sostenibilidad 2021. Enfocados en las Personas*.
https://www.minsur.com/wp-content/uploads/2022/07/minsur_repote_2021_esp.pdf
- Minsur S.A. (2019a). *Declaración de recursos y reservas*. [Documento interno]. Autor.
- Minsur S.A. (2019b). *Memoria anual*. https://www.minsur.com/wp-content/uploads/pdf/Memoria%20Anual/ESP/MINSUR_Memoria_2019.pdf
- Mutz, D., Hengevoss, D., Hugi, C., & Gross, T. (2017). *Waste-to-energy options in municipal solid waste management. A Guide for decision makers in developing and emerging countries*. Internationale Zusammenarbeit (GIZ).
- Othman, S., Noor, Z., Abba, A., Yusuf, R., & Hassan, M. (2013). Review on life cycle assessment of integrated solid waste management in some Asian countries. *Elsevier*, 41, 251-262.

Rondón, E., Szantó, M., Pacheco, J., Contreras, E., & Gálvez, A. (2016). *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios*. Ministerio de Desarrollo Social de Chile y la CEPAL.

https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40407/1/S1500804_es.pdf

Scarlat, S., Dallemand, J., & Fahl, F. (2018). Biogas: Developments and perspectives in Europe. *Renewable Energy*, 129, 457-472.

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096014811830301X?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=72e5bbb109fe9531

Sistema Nacional de Información Ambiental. (2016). *Parte 3. Reciclaje y disposición final segura de residuos sólidos*. <https://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/39052>

Skinner, B. (1985). Cognitive Science and Behaviourism. *British Journal of Psychology*, 76, 291-301. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1985.tb01953.x>

Temáticas. (2022). *Precio del Estano*. <https://tematicas.org/indicadores-economicos/economia-internacional/precios/precio-estano/>

Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, P., Schertenleib, R., & Zurbrügg, C. (2014). *Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento*. Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y Hábitat para la Humanidad.

https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/schwerpunkte/sesp/C_LUES/Compendium_Spanish_pdfs/compendio_sp.pdf

Tower & Tower. (2019). *Tratamiento y disposición final de residuos sólidos*.

<https://towerandtower.com.pe/tratamiento-y-disposicion-final-de-residuos-solidos/>

Vásquez, L. (2021). Jaime Reusche: “Recuperar el progreso social perdido requiere de la inversión privada”. *La Cámara. Revista Digita de la Cámara de Comercio de Lima*.

<https://lacamara.pe/jaime-reusche-recuperar-el-progreso-social-perdido-requiere-de-la-inversion-privada/>