



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

DISEÑO DE UN PROGRAMA DE COMPETITIVIDAD Y COSTOS PARA MINERA
CENTINELA

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN GESTIÓN Y DIRECCIÓN DE
EMPRESAS

CAROLINA ANDREA VALENZUELA VALENZUELA

PROFESOR GUÍA:
ENRIQUE JOFRÉ ROJAS

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
GERARDO DIAZ RODENAS
JUAN RAMÓN DÍAZ GONZÁLEZ

SANTIAGO DE CHILE
2018

DISEÑO DE UN PROGRAMA DE COMPETITIVIDAD Y COSTOS PARA MINERA CENTINELA

Minera Centinela, pertenece a Antofagasta Minerals principal Grupo Minero privado chileno y uno de los diez mayores productores de cobre del mundo, la compañía se centra en la producción de cobre y sus subproductos, y en destacar por su eficiencia operacional, creación de valor, alta rentabilidad y ser socio preferido en la industria minera global.

La compañía se ha focalizado en cuatro ejes fundamentales: seguridad, producción, costo y sustentabilidad. Este trabajo se basa principalmente en los focos producción y costo, buscando optimizar los procesos de la compañía a través del uso de metodologías Lean que saquen el máximo potencial de cada área.

De manera de acotar el desarrollo del trabajo se tomó como foco la planta concentradora de Minera Centinela, en primer lugar se analizó la competitividad de la planta utilizando como criterio el costo unitario (US\$/ton), donde fue posible notar a través de benchmarking dentro de la industria y dentro del grupo Antofagasta Minerals que se encuentra bajo la media en competitividad, por lo cual existen muchas oportunidades de mejora.

Mediante metodologías Lean se realizó un análisis causa-raíz para encontrar las principales palancas de ahorro que puedan mejorar el desempeño de la planta. Posteriormente se analizó la estructura de costos de la compañía y de la planta concentradora, resultando que el 80% del costo se explica por los ítems relevantes: energía, materiales y repuestos, servicios, agua y mano de obra. En base a este análisis se definen los pilares de gestión: eficiencia de insumos, gestión operación y mantenimiento, servicios de terceros, estructura organizacional y productividad, este último con foco en buscar iniciativas que aumenten la producción con impacto en el costo unitario.

En base a estos pilares, se levantan iniciativas de gestión que buscan optimizar los contratos de servicios (15% del gasto total de la planta), mejorar la tasa de consumo de insumos como metabisulfito y bolas de molienda (más del 30% del gasto) y buscar mejores alternativas en materiales y repuestos que entreguen un menor gasto y aumenten la vida útil, mejorando consecuentemente la confiabilidad planta, para aumentar el mineral tratado y así hacerla más competitiva.

El programa generado, entrega un ahorro anualizado de 12MUS\$ para la planta concentradora, lo que significa una mejora de un 3,4% en su costo unitario, llevándola de un valor de 9,56US\$/ton a 9,24US\$. De manera de asegurar el cumplimiento de los objetivos si afectar el óptimo funcionamiento de la operación se realiza un análisis de riesgos para cada iniciativa, generando un plan de acción que asegure la ejecución exitosa de estas.

El programa de competitividad y costos permite identificar las causas raíz que llevan a la pérdida de competitividad de la planta concentradora, además de definir un foco de acción para atacar estas causas, gestionando los ítems de mayor impacto en el costo y la productividad. Este programa debe ser aplicado a todas las áreas de Minera Centinela, de manera de mejorar su competitividad a nivel global dentro de la industria.

DEDICATORIA

A mis padres y hermano por regalarme el privilegio de crecer en una familia inmensamente feliz y llena de amor.

A mi tía Irene por llenarme de amor y cada día mantener la imagen y el amor de mi mamá presentes en mi vida.

A mi amado esposo que con su amor y apoyo incondicional me acompaña en cada desafío que enfrento.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradezco a Minera Centinela, por todo su apoyo en estos cinco años de crecimiento profesional y por brindarme la posibilidad de estudiar este MBA, en especial a Rodolfo Navarro quien depositó su confianza en mí y me apoyó desde un comienzo para emprender este desafío.

Al equipo de Control de Gestión, especialmente a Cristian Schmidt y Cristian Hornig por darme siempre las facilidades para el desarrollo de mis estudios.

A Pablo Rodríguez por guiarme durante el desempeño del presente trabajo y entregarme su apoyo y conocimiento para el desarrollo de este.

A los profesores Enrique Jofré y Gerardo Díaz por su orientación, y motivación durante el desarrollo del presente trabajo, y por la paciencia y preocupación mostrada todo este tiempo para llegar a buen término. Gracias también a todos los profesores y funcionarios que conforman el programa de MBA Versión Industria Minera, que de igual forma colaboraron en mi formación académica. En especial a Verónica, Raúl y Ulda que realizan su trabajo con mucha dedicación.

A la sexta generación con la cual vivimos grandes momentos y experiencias y con su cariño y apoyo facilitaron el desempeño de este desafío, son grandes personas y los llevo en mi corazón.

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	CONTEXTO ACTUAL	1
1.2	OBJETIVOS.....	1
1.3	METODOLOGÍA.....	2
1.4	MARCO TEÓRICO	3
2.	CONTEXTO ESTRATÉGICO DE LA EMPRESA	9
2.1	EMPRESA.....	10
2.2	LINEAMIENTOS ESTRATÉGICOS DEL NEGOCIO DE ANTOFAGASTA MINERALS.....	12
2.3	ESTRATEGIA DE LA COMPAÑÍA.....	14
2.4	PLAN DE OPTIMIZACIÓN CENTRADO EN SEGURIDAD, PRODUCCIÓN, COSTOS Y SUSTENTABILIDAD.....	15
3.	IDENTIFICACIÓN DE LA LÍNEA BASE.....	20
3.1	ESTRUCTURA DE COSTOS	20
3.2	ESTRUCTURA DE LA COMPAÑÍA.....	23
3.3	EVOLUCIÓN DE COSTOS POR PROCESO	24
3.4	DISTRIBUCIÓN DE COSTOS POR ÍTEM RELEVANTE	28
3.5	LÍNEA BASE.....	28
4.	ESCENARIO ACTUAL EN LA MINERÍA.....	29
4.1	BENCHMARK EN CARE.....	29
4.2	BENCHMARK INTERNO	31
4.3	IDENTIFICACIÓN DE BRECHAS	34
4.4	PLANTA CONCENTRADORA.....	34
5.	DISEÑO DEL PROGRAMA DE PRODUCTIVIDAD Y COSTOS.....	35
5.1	DIAGNÓSTICO: ANÁLISIS CAUSA-RAÍZ	35
5.2	DETERMINACIÓN DEL ESTADO FUTURO	36
5.3	REPORTABILIDAD	44
6.	EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	46
7.	PLAN DE IMPLEMENTACIÓNANÁLISIS DE RIESGO	47
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
9.	BIBLIOGRAFÍA	52
10.	ANEXOS.....	54

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Target de costo de producción en función del caso desarrollo.....	15
Tabla 2: Cuartil de costos objetivo para cada compañía del grupo	19
Tabla 3: Desglose de costos totales de operación. Fuente: elaboración propia.....	21
Tabla 4: Estructura de costos por ítem relevante de la planta concentradora (real vs ppto.)	37
Tabla 5: Distribución del costo por ítem relevante	38
Tabla 6: Costo unitario por proceso para la planta concentradora	41
Tabla 7: Programa de competitividad para la planta concentradora.	45
Tabla 8: Evaluación económica del programa de competitividad para la planta concentradora ..	46
Tabla 9: Clasificación y análisis de riesgos del programa de competitividad de la planta concentradora.....	48

INDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1: Estado Ideal de un proceso tras aplicar la metodología Lean.	5
Figura 2: Etapas de la metodología Lean.	5
Figura 3: Diagrama Causa Efecto.....	7
Figura 4: Modelo de Integración de Minera Centinela.	9
Figura 5: Ubicación de Minera Centinela -AMSA.....	10
Figura 6: Flow Sheet de la Planta Concentradora.	11
Figura 7: Flow Sheet de la Planta de Hidrometalurgia.....	12
Figura 8: Modelo de los lineamientos estratégicos del negocio base de Antofagasta Minerals ...	13
Figura 9: Las cuatro dimensiones estratégicas	14
Figura 10: Índice de frecuencia Minera Centinela 2017.	16
Figura 11: Índice de frecuencia Minera Centinela 2017	16
Figura 12: Evolución de la ley de Cu en el mineral para la planta sulfuros.	17
Figura 13: Evolución de la ley de Cu en el mineral para la planta óxidos.	18
Figura 14: Evolución del tonelaje tratado planta sulfuros	18
Figura 15: Evolución del tonelaje tratado planta óxidos.	19
Figura 16: Curva de costo industria minera. Datos de costos industrias obtenidos desde reporte benchmark Wood Mackenzie (datos Q3 2017)	20
Figura 17: Desglose de costos C1, C2 y C3. Fuente: elaboración propia en base a información de WoodMackencie.	22
Figura 18: Cadena de valor de la compañía	23
Figura 19: Evolución del costo unitario mina en dólares por tonelada movida	25
Figura 20: Evolución del costo unitario Planta Concentradora en dólares por tonelada procesada	26
Figura 21: Evolución del costo unitario Planta Hidrometalúrgica en centavos de dólar por libra producida	26

Figura 22: Evolución del costo unitario Puerto en dólares por tonelada de concentrado filtrado.	27
Figura 23: Evolución del costo unitario Gerencias G&A en centavos de dólar por libra de cobre producido	28
Figura 24: Distribución del costo de producción de Minera Centinela por ítem relevante.....	28
Figura 25: Costo unitario mina en dólares por tonelada movida.....	29
Figura 26: Costo unitario planta concentradora en dólares por tonelada procesada.	30
Figura 27: Costo unitario planta hidrometalúrgica en dólares por tonelada en dólares por libra de cobre producido.	30
Figura 28: Costo unitario C1 en centavos de dólar por libra de cobre producido.....	31
Figura 29: Costo unitario mina en dólares por tonelada movida.....	32
Figura 30: Costo unitario planta concentradora en dólares por tonelada procesada	32
Figura 31: Costo unitario planta hidrometalúrgica en centavos de dólar por libra de cobre producida	33
Figura 32: Costo unitario C1 en centavos de dólar por libra de cobre producido.....	33
Figura 33: Diagrama causa-raíz para la baja competitividad de la planta concentradora	35
Figura 34: Subprocesos planta concentradora	39
Figura 35: Matriz de nivel de riesgo.....	49
Figura 36: Gráfica de distribución de riesgos en función de su probabilidad e impacto para el programa de competitividad.	49
Figura 37: Bow tie para el riesgo “aumento de accidentabilidad” correspondiente a la iniciativa Internalización servicio operación planta concentradora	50

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Contexto Actual

El año 2016, el precio del cobre tuvo un promedio de US\$/lb 2,2, existiendo tres períodos: valores del orden de US\$/lb 2 para los primeros dos meses, variaciones en torno a los US\$/lb 2,2 al término del primer semestre y un repunte sobre los US\$ 2,5/lb desde noviembre. Este repunte final, que se ha mantenido a comienzos de 2017, puede generar expectativas, sin embargo el promedio del precio durante 2016 fue un 12% inferior al de 2015, sumando 5 años de caídas consecutivas.

Por otro lado, existen otras variables que hacen más difícil el escenario actual, como la baja productividad de la industria, el aumento de costos de producción debido a mayores costos de energía, menores leyes de mineral, falta de agua, y el déficit de personal técnico calificado, entre otros. Esto ha llevado a que la industria en general haga un cambio en la forma de operar y realice un enfoque centrado en los costos de producción, de manera de mantener la competitividad.

En el caso de Minera Centinela y el grupo Antofagasta Minerals, en su totalidad, han puesto especial foco en los costos. A diferencia de etapas anteriores, la disminución de los costos ya no es una respuesta ante la baja del precio del cobre, sino que se espera un establecimiento de eficiencia en los costos como práctica permanente, para aumentar la competitividad de la compañía, generando cultura y disciplina de carácter sostenida en el tiempo.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Diseñar y desarrollar un programa de competitividad y costos para Minera Centinela, utilizando como parámetro de evaluación el costo unitario, identificando las principales palancas de reducción de costos y de aumento de la productividad.

1.2.2 Objetivos específicos

- Definición de los “principios lean” que permitan identificar las principales palancas de reducción de costos y aumento de productividad.
- Analizar la estructura de costos de la compañía, identificando las variables de mayor peso específico.
- Definir los frentes de trabajo del plan de competitividad.
- Definir las herramientas para el control y análisis de resultados.
- Evaluar económicamente el impacto del programa propuesto.

1.3 Metodología

La metodología a utilizar para alcanzar los objetivos planteados en este trabajo se detalla a continuación:

1.3.1 Benchmarking

Se analizarán estudios de benchmarking con diferentes empresas de la industria, y adicionalmente un estudio interno a nivel de grupo minero, de manera de evaluar la competitividad de la compañía en la industria y comparar las diferentes compañías del grupo. Este estudio analizará tanto el costo global compañía como los costos por proceso.

1.3.2 Análisis de estructura de costos

Se realiza un análisis de la estructura de costos de cada uno de los procesos, para ver los componentes de mayor peso y así poder fijar los focos de acción del programa.

1.3.3 Definición de pilares de gestión

Una vez identificados los ítems más relevantes dentro de la estructura de costos, se definirán los pilares de gestión de ahorro, de manera de dar foco y estructurar el levantamiento de las iniciativas.

1.3.4 Análisis causa-raíz

Se realizará un análisis causa raíz para detectar las principales oportunidades de optimización y ahorro. Luego de este análisis estarán definidos los pilares de gestión y las causas raíz para levantar las iniciativas de ahorro

1.3.5 Levantamiento de iniciativas

Se realizará un levantamiento de iniciativas a desarrollar para la captura de ahorros que lleven a mejorar el costo unitario y así entreguen una mejor posición competitiva a la compañía.

1.3.6 Evaluación Económica

Se debe realizar una evaluación económica de las iniciativas a desarrollar, para asegurar que signifiquen un aporte a la competitividad de la empresa, ya sea por reducción de costos o por aumento de la producción.

1.3.7 Análisis de riesgos

Finalmente se realizará un análisis de riesgo de cada iniciativa, de manera de tomar medidas preventivas necesarias que eviten que estas tengan un impacto negativo en seguridad, producción, costos o en sustentabilidad.

1.4 Marco Teórico

1.4.1 Metodología Lean¹

La metodología Lean se remonta a los años 40, cuando las compañías de automoción japonesas se plantearon cambios en los sistemas de producción con el fin de atender mercados más pequeños con una mayor variedad de vehículos, para lo cual requerían de mayor flexibilidad en la producción. Esta metodología permite principalmente la adaptación de los sistemas de producción a las modificaciones y cambios de la demanda, produciendo los bienes necesarios, en el momento oportuno y en las cantidades requeridas.

El sistema Lean, busca la optimización a lo largo de todo el flujo de valor mediante la eliminación de pérdidas y persigue incorporar la calidad en el proceso de fabricación reconociendo al mismo tiempo la reducción de costos. Aunque en sus inicios se aplicó a la industria automotriz y en las áreas de manufactura, en la actualidad la aplicación de la metodología Lean se ha extendido a todos los procesos empresariales de un negocio y no solamente en empresas industriales, sino incluso en empresas de servicios.

En concreto, el principio fundamental de la metodología Lean es la detección de pérdidas y su posterior eliminación, o al menos reducción, entendiéndose por “pérdida” todo aquello que no genera valor en el proceso.

Las pérdidas suelen suponer un amplio porcentaje dentro de lo que sería el trabajo en una organización y también respecto a lo que realmente viene a ser un valor adicional en él. Si traducimos esto en una ecuación, se tendría:

$$\text{Trabajo} = \text{Valor añadido} + \text{Pérdidas}$$

Donde:

Valor Añadido: es aquella parte del trabajo que contribuye al resultado final, por la que se está dispuesto a pagar. Las actividades que generan valor.

Pérdidas: son las actividades que incrementan los plazos, los costos y reducen la calidad.

Por ejemplo: las esperas o tiempos muertos entre unas fases y otras del proceso, los inventarios, el transporte del producto entre distintas fases del proceso, los sobreprocesamientos, los movimientos innecesarios de las personas y la subutilización del talento de los empleados.

Al aplicar el Lean, la cadena de valor se analizará cuantitativa y cualitativamente para detectar las pérdidas. Una vez detectadas, se procede a la búsqueda de las causas raíces y a la adopción de

¹ Tesis MBA Universidad de Chile: “Aplicación de lean management al ciclo de maduración en una empresa industrial”- Johnny Richard Sepulveda Wetzel

acciones de mejora o palancas, que ataquen a las causas del problema y eliminen, o al menos disminuyan, dichas pérdidas.

Un aspecto importante en la metodología Lean es que ésta supone:

- Aprovechar la inteligencia y creatividad de todos los implicados en el proceso, por ejemplo, agrupando a las personas para estudiar los problemas detectados.
- Buscar soluciones, y la adopción de un conjunto de herramientas de mejora (como las 5s, just in time, kanban, dispositivos poka yoke, etc.)

Así, se puede afirmar que, mediante el Lean la organización adopta una filosofía de gestión basada en la mejora continua que da sustentabilidad a los resultados y que envuelve a todos los niveles de la organización.

La metodología Lean se enfoca principalmente en la eliminación de los ocho tipos de desperdicios:

- Desperdicios en transporte.
- Desperdicios en inventarios en stock
- Desperdicios en movimiento (de los trabajadores).
- Desperdicios en gente (creatividad mal aprovechada).
- Desperdicios de tiempos de espera.
- Desperdicios en sobreproducción.
- Desperdicios en sobreprocesos.

La metodología Lean ha despertado en general gran interés en el mundo empresarial fundamentalmente porque prevé aprovechar al máximo todos los recursos de una compañía, además de un enriquecimiento continuo a lo largo de la cadena de valor. En la Figura 1 se muestra el estado ideal de un proceso tras aplicar la Metodología Lean, donde los recursos están enfocados en actividades de valor añadido, con un flujo continuo del producto y del proceso dónde el tiempo de respuesta es cercano al tiempo de procesamiento, la producción se encuentra sincronizada con la demanda, incluyendo operaciones visibles y estándar con enfoque de alta productividad dónde la calidad debe estar incorporada en los procesos de producción y finalmente fomentando una cultura de mejora continua.

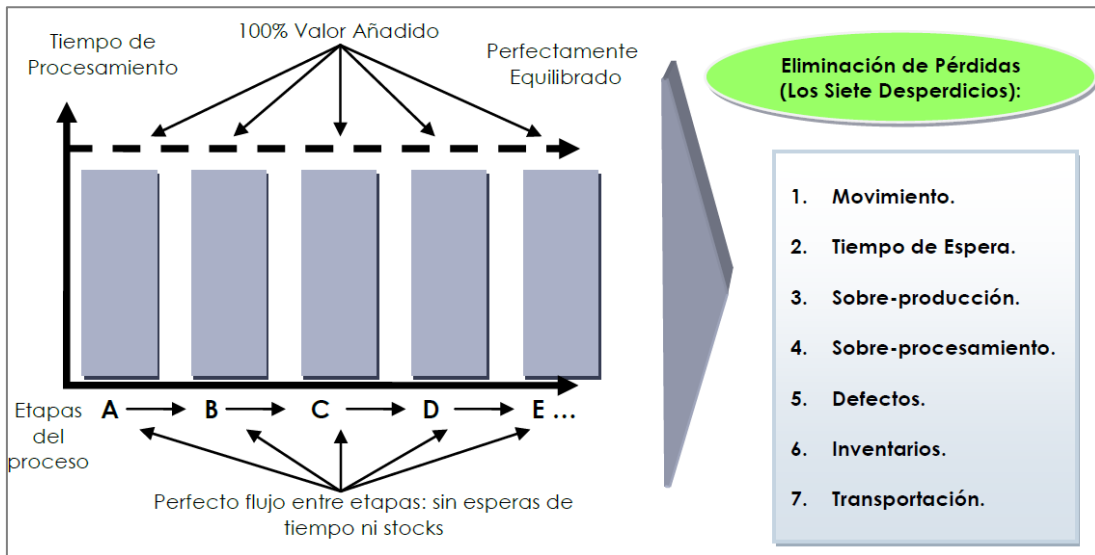


Figura 1: Estado Ideal de un proceso tras aplicar la metodología Lean.²

▪ **Etapas de un proyecto Lean.**

Al aplicar la metodología Lean las organizaciones deben seguir cuatro etapas principales las cuales a su vez se pueden desglosar en diferentes pasos tal y como se ha indicado en la Figura 2:

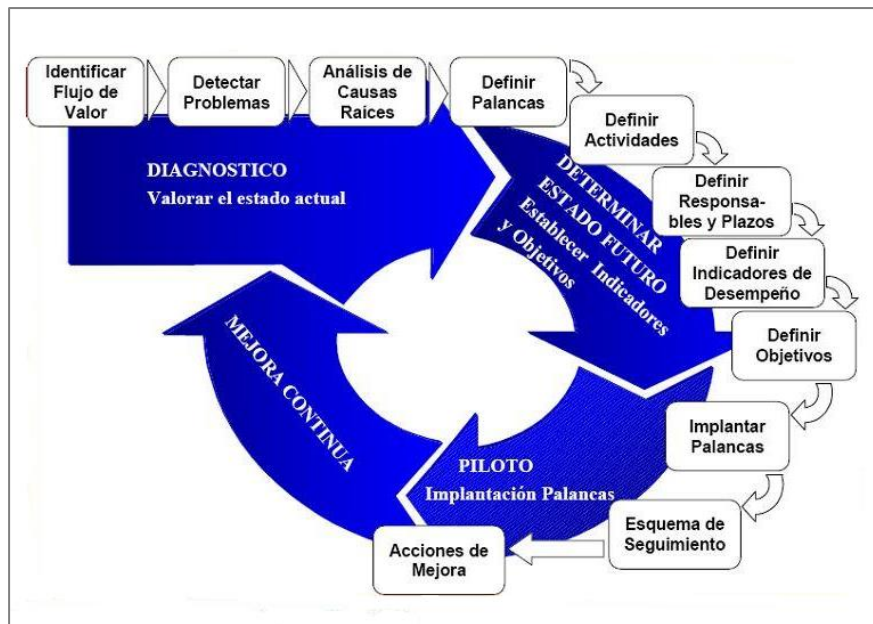


Figura 2: Etapas de la metodología Lean.²

² Fuente: Enrique Reséndiz Olguín. "Lean manufacturing como un sistema de trabajo en la industria manufacturera: un estudio de caso"

1) Fase de Diagnóstico

La primera etapa consiste en analizar la situación inicial, buscando en todo momento las causas raíces de las pérdidas y problemas existentes.

Una de las herramientas que presenta gran aplicación en esta etapa es la “Voz del Cliente” (VOC, por sus siglas en inglés Voice of the Customers) para analizar y validar el proyecto. Para esto se deben identificar quienes son los clientes de cada proceso, en que parte del ciclo del proceso interactúan y mediante entrevistas y/o actividades en grupo hay que conducir la VOC hacia la identificación de sus necesidades y funciones requeridas.

Una vez identificadas éstas, se deben traducir en Requerimientos Críticos de Cliente (RCC) y escribirlos en una sola frase que cumpla con el siguiente esquema:

- Identificar al Sujeto: ¿Quién o qué realiza la función?
- Identificar el verbo: Identificar la funcionalidad que falta, la pregunta es ¿Qué se desea, pero falta? La funcionalidad debe ser un verbo.
- Identificar el modificador: ¿Cuál es la variable a medir sobre esta funcionalidad?

2) Fase de Determinación del Estado Futuro.

A raíz de las causas raíces identificadas, se definirán las acciones de mejora o palancas (entendiéndose por tales, aquellas que permitirán avanzar hacia la eliminación de pérdidas), indicándose las personas responsables de la implantación de las mismas y los plazos, así como los indicadores de desempeño a medir y los objetivos a alcanzar.

En esta fase una de las herramientas que presenta gran importancia es el Mapa de flujo de Valor, el cual será explicado en un apartado más adelante. Esta herramienta permite visualmente establecer los flujos identificando los cuellos de botella y establecer cuál debería ser el flujo ideal. Otras herramientas utilizadas son: mapas de proceso, árboles de valor, diagrama causa y efecto, diagrama de Pareto.

En esta fase existe un fuerte componente de análisis, cuyo objetivo principal es identificar las pocas relaciones críticas de causa y efecto que explican la mayoría de las relaciones entre las variables claves de entrada y salida del proceso.

3) Fase Piloto

En la fase piloto se desarrolla la implantación de las actividades de mejora definidas en la fase de determinación de estado futuro, buscando siempre como objetivo último y global, que todo el proceso fluya suave y directamente de un paso que agregue valor a otro.

Durante esta fase será preciso ir realizando el seguimiento de los indicadores y establecer acciones de mejora en el caso de que no se alcancen los objetivos previstos.

Para un seguimiento efectivo de dichos indicadores y acciones, una herramienta importante es el “cuadro de mando”, donde quedarán registradas tanto las acciones como los paneles de seguimientos de éstas.

4) Fase de Mejora Continua

Una vez que una organización consigue dar los pasos iniciales, se vuelve claro para todas las personas involucradas en ella que siempre es posible añadir eficiencia, por lo que el proceso Lean no termina en la fase piloto sino que se analizarán y aplicarán, de forma continua, todas las sugerencias de mejora que se vayan aportando (y que sean viables) en las reuniones periódicas que seguirá manteniendo el equipo Lean.

La metodología Lean no debe utilizarse puntualmente en una organización y luego abandonarse, sino que debe aplicarse de forma continua en el tiempo.

- **Herramientas Utilizadas en la Metodología Lean:**

La Metodología lean utiliza diversas herramientas, entre las cuales se encuentran:

- Diagrama Causa Efecto: Es un diagrama donde se listan las posibles causas de un problema. Estas causas pueden ser producidas por materiales, maquinas, métodos de trabajo, naturaleza, sistema de medición y causa humanas. Una vez identificadas se agrupa en un diagrama similar al mostrado en la Figura 3.

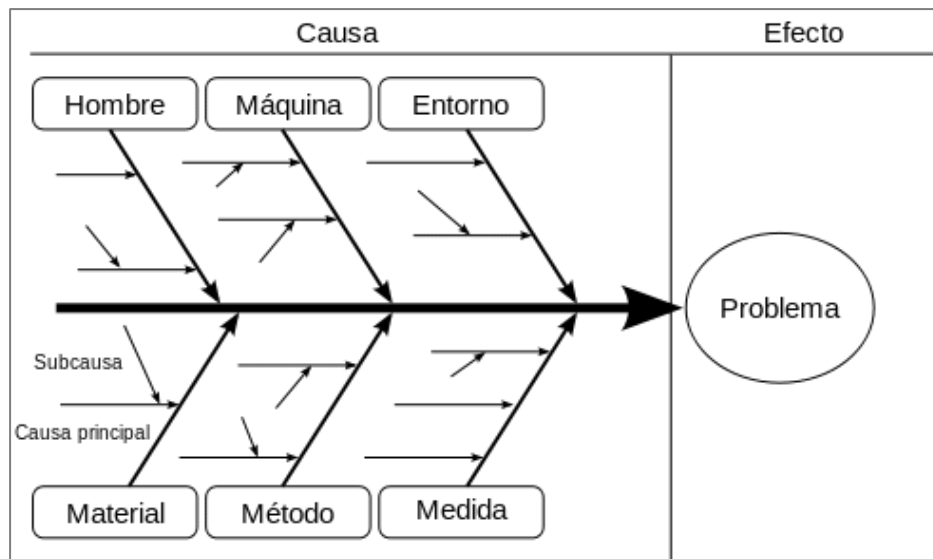


Figura 3: Diagrama Causa Efecto³

³ Fuente: <http://www.progressalean.com/diagrama-causa-efecto-diagrama-ishikawa/>

- 5 ¿Porqués? (5P): Una vez realizado el diagrama causa-efecto, hay que comenzar a preguntar a las personas involucradas “¿Por qué está ocurriendo tal problema?”. Después de escuchar su respuesta hay que preguntar nuevamente por qué ocurre lo que indicado en su respuesta y así sucesivamente. A la quinta vez se encuentra la verdadera causa raíz del problema.
- 5S: Es un proceso y método que viene de sus cinco iniciales en japonés y sirve para crear y mantener el orden, limpieza y alto funcionamiento del espacio de trabajo. Este proceso permite a cualquier persona mediante una simple mirada distinguir entre las condiciones normales y anormales de un espacio. Las 5S es uno de los fundamentos para la mejora continua, cero defectos, reducción de costos y un lugar de trabajo seguro. Los pasos de este proceso son:
 - Seiri (Clasificar): Distinguir claramente los artículos que son necesarios de los innecesarios, eliminando estos últimos.
 - Seiton (Ordenar): Ordenar los artículos necesarios, de tal manera que puedan ser encontrados fácilmente por cualquier persona.
 - Seiso (Limpieza): Crear un espacio de trabajo libre de suciedad.
 - Seiketsu (Estandarizar): Crear actividades de estandarización de tal manera de que todas las acciones específicas puedan ser realizadas fácilmente.
 - Shitsuke (Disciplina): Promover el la adherencia para mantener un alto funcionamiento, alta calidad y un ambiente seguro.
- Just in Time: Es una filosofía de manufactura enfocada a producir cada artículo en el momento en que es requerido (demandado por el cliente o por la siguiente etapa del proceso), con lo que resulta en un inventario mucho menor, costos menores y una mejor calidad en comparación con el enfoque tradicional, que es producir artículos en caso que se necesiten.
- Sistema Pull: Sistema de producción donde cada operación “tira” el material que necesita de la operación anterior. Consiste en producir sólo lo necesario, tomando el material requerido de la operación anterior. Su meta óptima es mover el material entre operaciones de uno en uno.

- Mantenimiento Productivo Total (TPM): Se orienta a crear un sistema corporativo que maximiza la eficiencia de todo el sistema productivo, estableciendo un sistema que previene las pérdidas en todas las operaciones de la empresa. Esto incluye “cero accidentes, cero defectos y cero fallos” en todo el ciclo de vida del sistema productivo.

2. CONTEXTO ESTRATÉGICO DE LA EMPRESA

Como parte del esfuerzo por asegurar su crecimiento futuro de forma más eficiente, Antofagasta Minerals busca la integración de las operaciones de Mineras Esperanza y El Tesoro en Julio de 2014, bajo la prima “ Queremos tomar lo mejor de cada Compañía para convertirnos en una superior”, esta nueva compañía emerge a partir de la visión de capturar las sinergias de ambas operaciones, aprovechando las condiciones geográficas, técnicas y logísticas que hacen posible una planificación y operación minera integrada logrando una posición más competitiva en la industria.

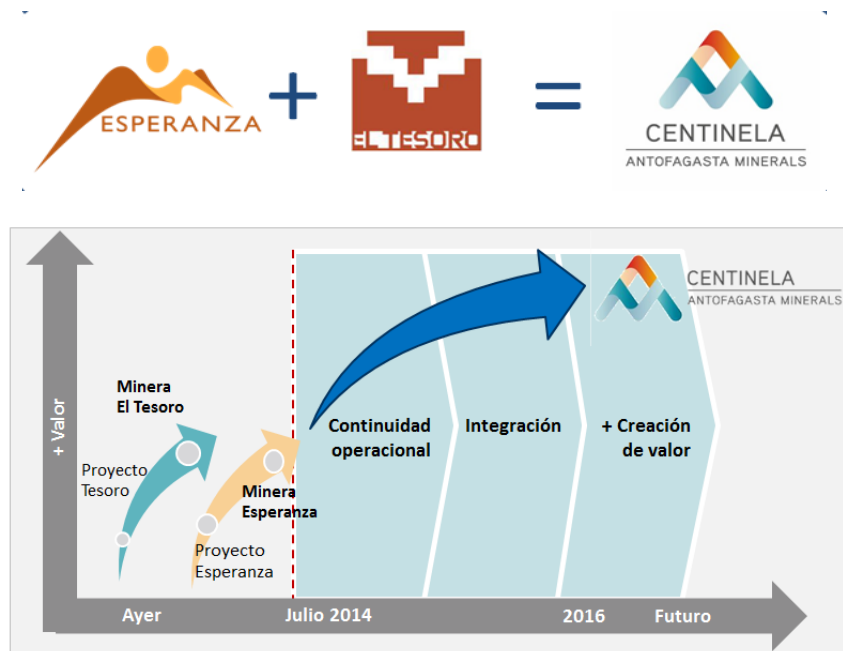


Figura 4: Modelo de Integración de Minera Centinela.⁴

⁴ Fuente: Intranet Minera Centinela.

Uno de los principales objetivos de esta integración, es generar sinergia para maximizar el beneficio al negocio minero mediante la excelencia operacional, la generación de valor agregado y la gestión de activos físicos.

2.1 Empresa

Minera Centinela es una empresa creada y gestionada por Antofagasta Minerals, el único grupo privado nacional que participa en el surgimiento de la nueva minería, que busca incorporar tanto en su diseño como en su operación el compromiso con el respeto a las personas, la sustentabilidad e innovación tecnología a sus procesos.

La compañía es un yacimiento minero de cobre y oro, que está emplazada a 2.800 metros de altura, a 180 kilómetros al noreste de la ciudad de Antofagasta. Actualmente se encuentra en etapa de operación y sus reservas se estiman en 587 millones de toneladas, con una ley de 0.53% total, con más 0,22 gramos de oro por tonelada.

El proyecto contemplo una inversión total de US 2.700 millones y su estructura societaria está compuesta en un 70% de propiedad de Antofagasta Minerals y un 30% de Marubeni Corporation.

- Visión

"Ser un referente mundial en el desarrollo y operación sustentable, económica, social y Medioambientalmente, de un yacimiento de baja ley (Cu, Au y Mo); queremos ser empleadores preferidos en la Región de Antofagasta y ser altamente reconocidos por nuestros trabajadores, colaboradores, accionistas, la comunidad y las autoridades.

- Misión

“Superarnos permanentemente para crecer de manera sustentable, trabajando en forma colaborativa para alcanzar los mejores indicadores de la industria minera, y cumplir nuestros compromisos de producción de cobre y oro.”



Figura 5: Ubicación de Minera Centinela –AMSA⁴

- Principales Productos y Servicios

Existen dos procesos en paralelo en donde se extraen los principales productos, las instalaciones de Centinela Sulfuros se extrae el concentrado de cobre y el oro, mientras que en las dependencias de Centinela Óxidos se producen los cátodos de cobre.

Concentrado de Cobre: El proceso de esta línea comienza con la extracción del mineral proveniente del yacimiento y prosigue hacia las etapas de chancado, molienda, obtención y concentrado.

El producto que se obtiene es una pulpa espesa compuesta en un 63% de sólidos el cual es transportado por gravedad a través de una concentra-ducto que recorre 145 kilómetros desde el sector de la planta de sulfuros hasta el puerto de Michilla para embarcar.



Figura 6: Flow Sheet de la Planta Concentradora.⁴

Cátodos de Cobre : El proceso de producción utilizado en la línea de óxidos es la lixiviación en pilas dinámicas del mineral chancado y aglomerado, el que posteriormente ingresa a la fase de extracción por solventes y de electro-obtención que proporciona como producto final el cobre catódico. Cada cátodo tiene una dimensión aproximada de 1 [m] de largo por 1 [m] de ancho y 4 [mm] de espesor. Posteriormente son embarcados en el puerto de Antofagasta.



Figura 7: Flow Sheet de la Planta de Hidrometalurgia⁴

2.2 Lineamientos Estratégicos del negocio de Antofagasta Minerals

Para cumplir con su visión estratégica el Grupo minero cuenta con una estrategia de negocios basada en el fortalecimiento de sus actuales operaciones en Chile y el extranjero.

El Grupo opera cuatro minas de cobre en Chile, dos de las cuales han diversificado su producción lo cual ha abierto una importante cartera de crecimiento en oportunidades. La estrategia de crecimiento del negocio base o el denominado Core Business está definida por tres pilares fundamentales.

1. Negocio base o Core Business

Optimizar y mejorar las actuales operaciones y los proyectos en desarrollo.

2. Crecimiento orgánico y sustentable del Negocio base

Desarrollar los recursos existentes alrededor de su activo existente.

3. Crecimiento más allá del Negocio base

Buscar oportunidades para crecer en Chile y el extranjero, más allá de las oportunidades actuales



Figura 8: Modelo de los lineamientos estratégicos del negocio base de Antofagasta Minerals⁴

1. La existencia Core Business

- Foco en control de costos.
- Cumplir metas de producción y costos de caja.
- Lograr el mejor desempeño y rendimiento de los activos actuales.
- Nuevo enfoque proactivo hacia comunidades y stakeholders
- Estabilizar Minera Centinela a 105 [ktpd].

2. El crecimiento orgánico y sustentable del Negocio base o Core Business

- Avanzar en Proyecto Oxido-Encuentro y crecimiento de Minera los Pelambres
- Avance en la construcción de la planta de Molibdeno de Minera Centinela.
- Avance en la construcción de la segunda planta concentradora en Minera Centinela.

3. Crecimiento más allá del Core Business

- Avanzar en oportunidades y actividades de exploraciones internacionales.
- Estudios de pre factibilidad de optimización de Twin metal Minnesota, EEUU.
- Monitoreo y evaluación de oportunidades de adquisición para el negocio.

2.3 Estrategia de la compañía

La correcta distribución del valor económico generado contribuye de forma potencial al crecimiento por medio de las dimensiones estratégicas de la compañía, las cuales son posicionamiento, inversión, optimización y disciplina en el negocio base.

La medición del valor económico generado establecida por *Antofagasta Minerals* corresponde a la diferencia entre sus ingresos y sus costos de operación es de este modo que los ingresos originados de las ventas y utilidades ascienden a US\$3.295,8 millones, de los cuales US\$3.278,5 millones corresponden a ingresos por explotación y los costos de operación fueron US\$2.061,9 millones. Es de este modo que el valor económico generado es de US\$1.233,9 millones, de los cuales se distribuyeron US\$713,6 millones entre los distintos grupos de interés y US\$520,3 millones fueron retenidos por la empresa y destinados principalmente a reinversión.

En la industria minera se utiliza el EBITDA un indicador financiero el cual contabiliza el beneficio antes de intereses, impuestos, depreciaciones y amortizaciones. En el caso de la compañía fue del orden de los U\$ 832,3 millones.

Las cuatro dimensiones estratégicas tienen un claro enfoque en la inversión, optimización y disciplina de los costos y activos de la compañía.

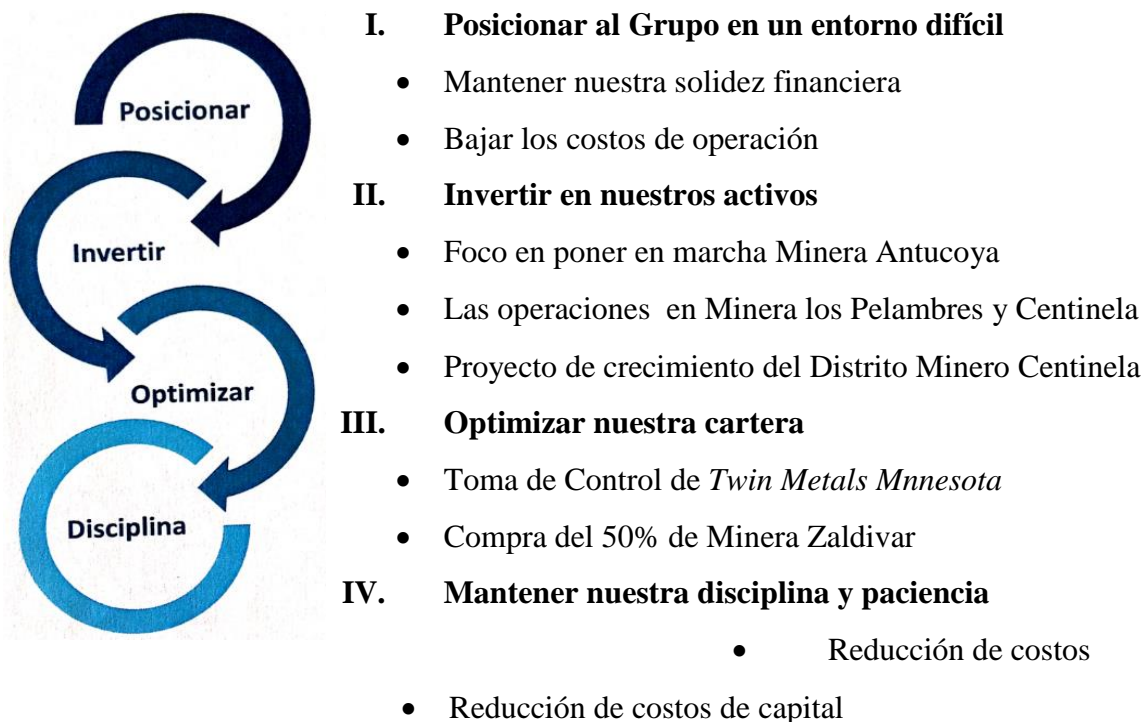


Figura 9: Las cuatro dimensiones estratégicas⁴

Relacionando la primera dimensión estratégica de posicionamiento del grupo podemos comparar los ingresos y flujos de los últimos años.

Según la tercera dimensión estratégica de optimización de las operaciones se ha logrado definir un claro avance en los costos de producción y de esta manera definir a nivel de todas las mineras una meta o target.

Tabla 1: Target de costo de producción en función del caso desarrollo⁵

Target estratégicos			
Compañía	Costo C1	2014	2017
Pelambre	[c/lb]	118	112
Centinela	[c/lb]	163	139
Antucoya	[c/lb]	S/I	177
AMSA	[c/lb]	143	130

2.4 Plan de optimización centrado en seguridad, producción, costos y sustentabilidad

Es muy importante el verificar y determinar el escenario actual de la compañía y cuáles son sus lineamientos estratégicos para los próximos años, es por esto que la compañía se ha focalizado en cuatro ejes fundamentales la seguridad, la producción, el costo y la sustentabilidad. Por lo cual a continuación se retratara la situación actual de cada uno de estos ejes de optimización.

1. Seguridad

El principio del desarrollo sustentable del grupo, se sustenta en el enfoque de la gestión de seguridad, la cual busca establecer las mejores prácticas preventivas incluyendo capacitación e inversión en tecnología lograr cero fatalidades de la compañía.

Los valores:

- Proteger la seguridad de los trabajadores, contratistas y de la comunidad local.

⁵ Fuente: Reportabilidad interna Minera Centinela

- Crear una cultura del autocuidado, la responsabilidad es de cada trabajador.
- Capacitación periódica dirigida a trabajadores, contratistas y sus familias.

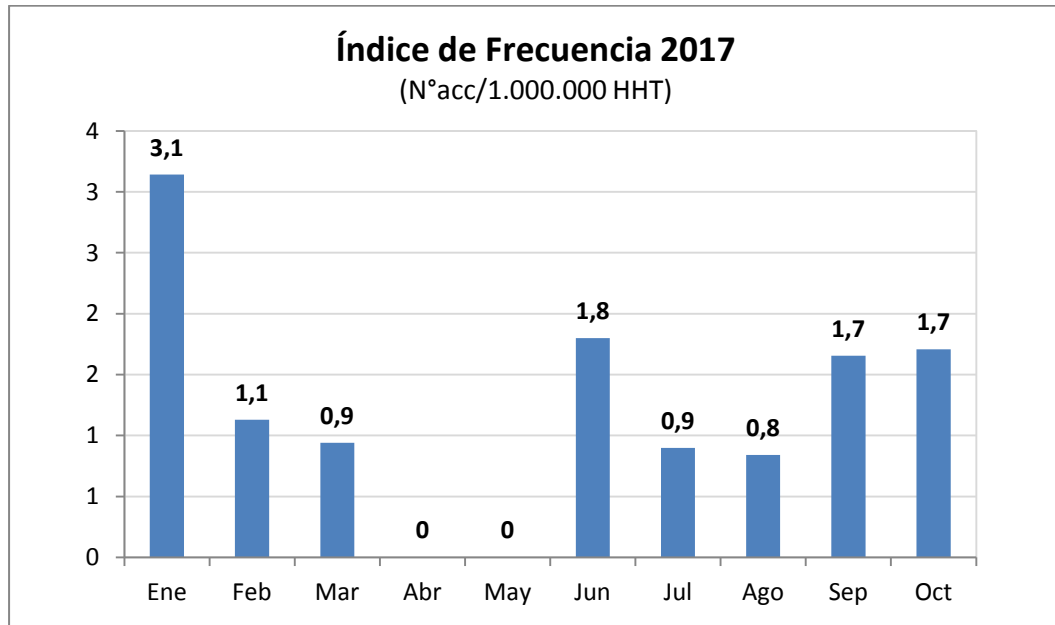


Figura 10: Índice de frecuencia Minera Centinela 2017⁵.

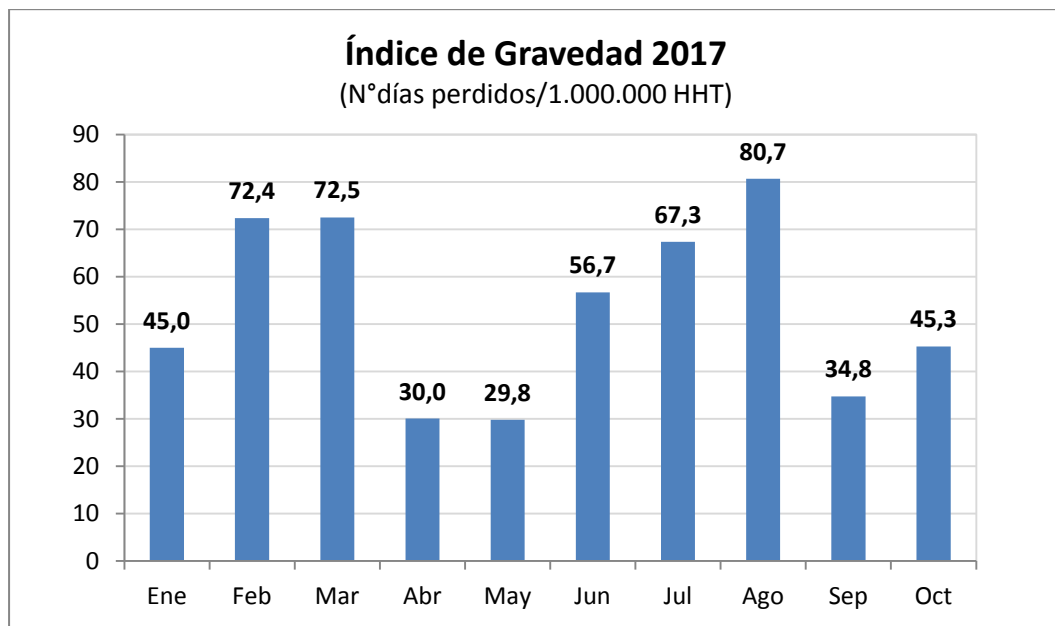


Figura 11: Índice de frecuencia Minera Centinela 2017⁵.

2. Producción

Una característica muy especial de Minera Centinela es su baja ley de producción (0,53%), la cual la clasifica como una mina de baja ley pero de gran volumen de producción.

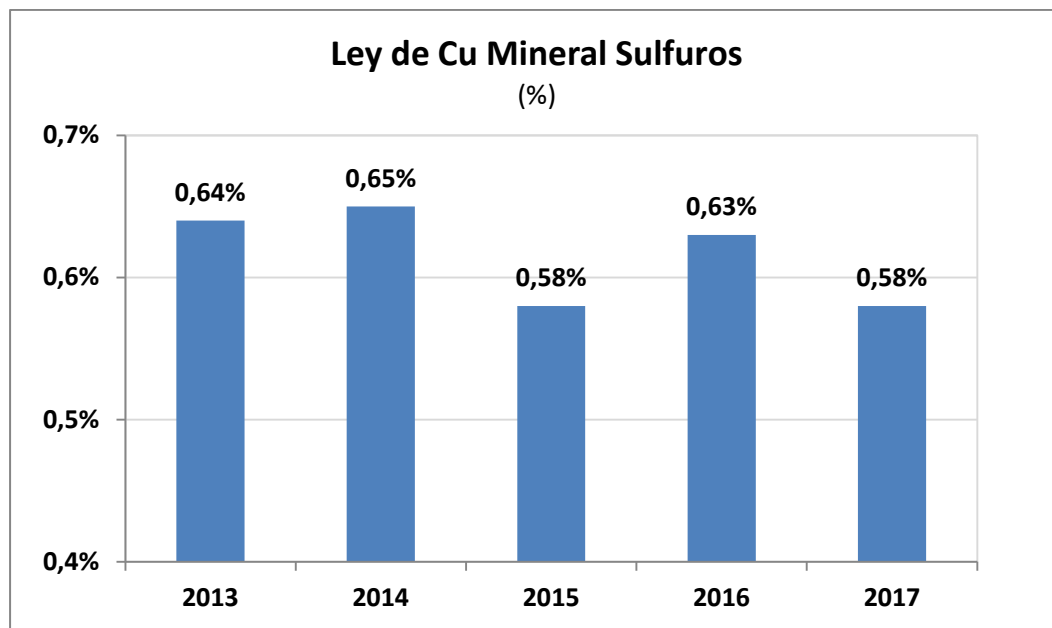


Figura 12: Evolución de la ley de Cu en el mineral para la planta sulfuros.⁶

Como muestra la figura 12, las leyes de la planta concentradora han disminuido cada año, por lo cual se requiere de mayor tratamiento y procesos más eficientes en la planta para mantener los niveles de producción de cobre fino.

De igual manera que para la planta concentradora, la figura 13 muestra que las leyes de alimentación de la planta hidrometalúrgica han disminuido, lo cual implica una menor producción de cobre por mineral tratado en planta.

⁶ Fuente: Reportabilidad interna Minera Centinela.

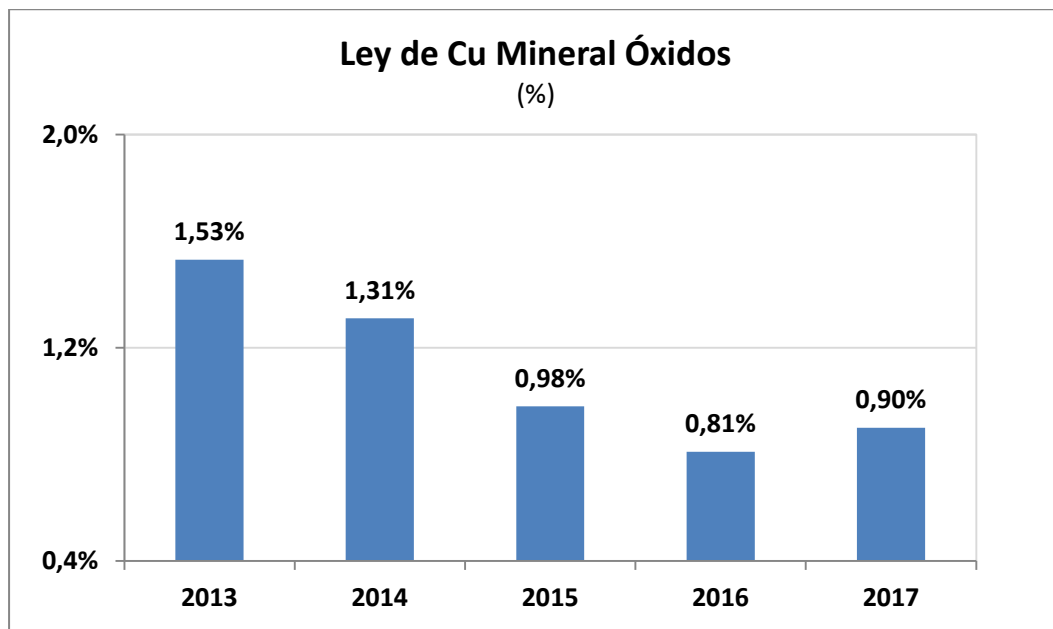


Figura 13: Evolución de la ley de Cu en el mineral para la planta óxidos⁶.

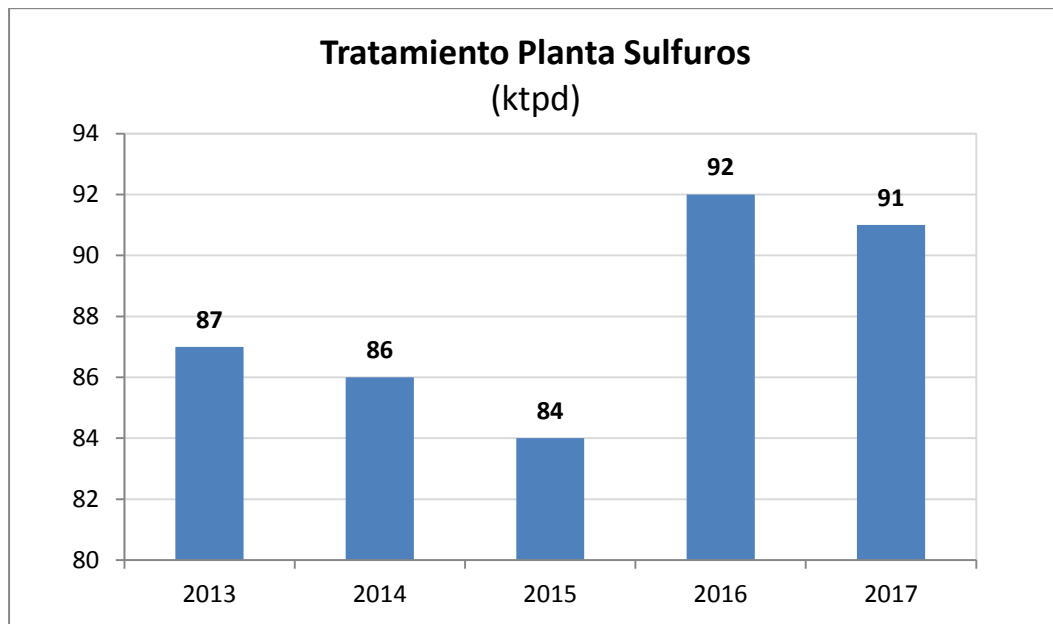


Figura 14: Evolución del tonelaje tratado planta sulfuros⁶

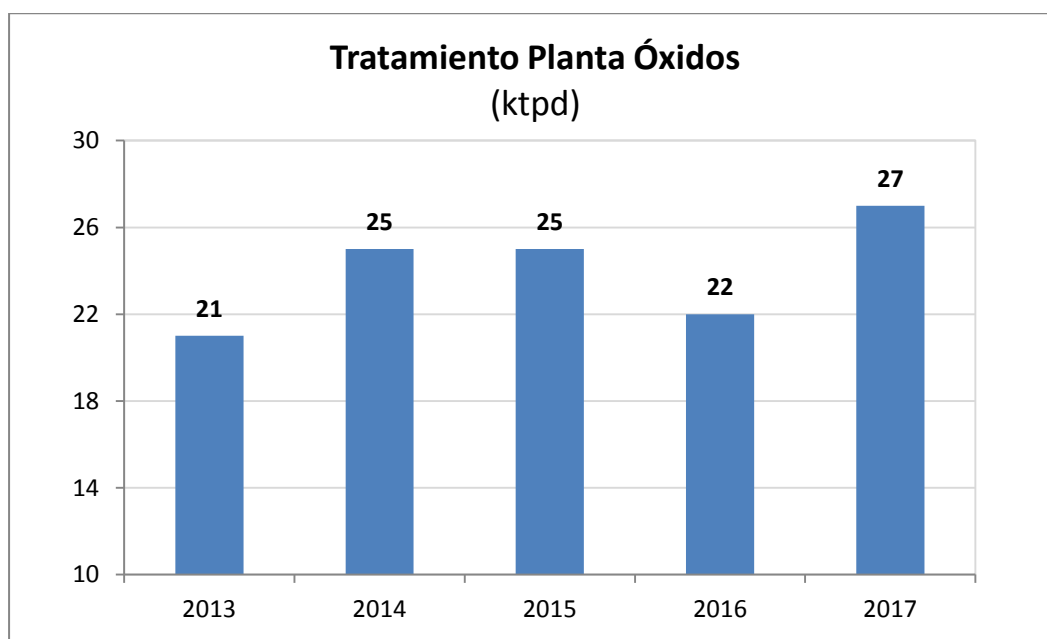


Figura 15: Evolución del tonelaje tratado planta óxidos⁷.

3. Costos

El plan de optimización competitiva de costos establece que el deseo de la compañía es que se posicione dentro del segundo cuartil de la industria, viabilizando proyectos de desarrollo futuro y cumpliendo los compromisos fijados.

Uno de los principales indicadores de competitividad en la industria minera es el costo unitario de producción, siendo el costo de caja (C1) el más utilizado, de este modo, a menor C1, mayor competitividad tiene la compañía.

El objetivo de Antofagasta Minerals el año 2017 es posicionar al Grupo Minero en el segundo cuartil de costos de la industria, es decir dentro del 25% – 50% de las compañías de menores costos, para ello se han definido cuartiles de costo meta para cada compañía según se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2: Cuartil de costos objetivo para cada compañía del grupo⁷

Compañía	Cuartil Meta
Los Pelambres	1 ^{er}
Centinela	2 ^{do}
Zaldívar	3 ^{er}
Antucoya	3 ^{er}
Grupo Minero	2^{do}

⁷ Fuente: Reportabilidad interna Minera Centinela.

En el caso particular de Minera Centinela, el objetivo para el 2017 es posicionarse dentro del segundo cuartil, objetivo que se espera sostener en el tiempo.

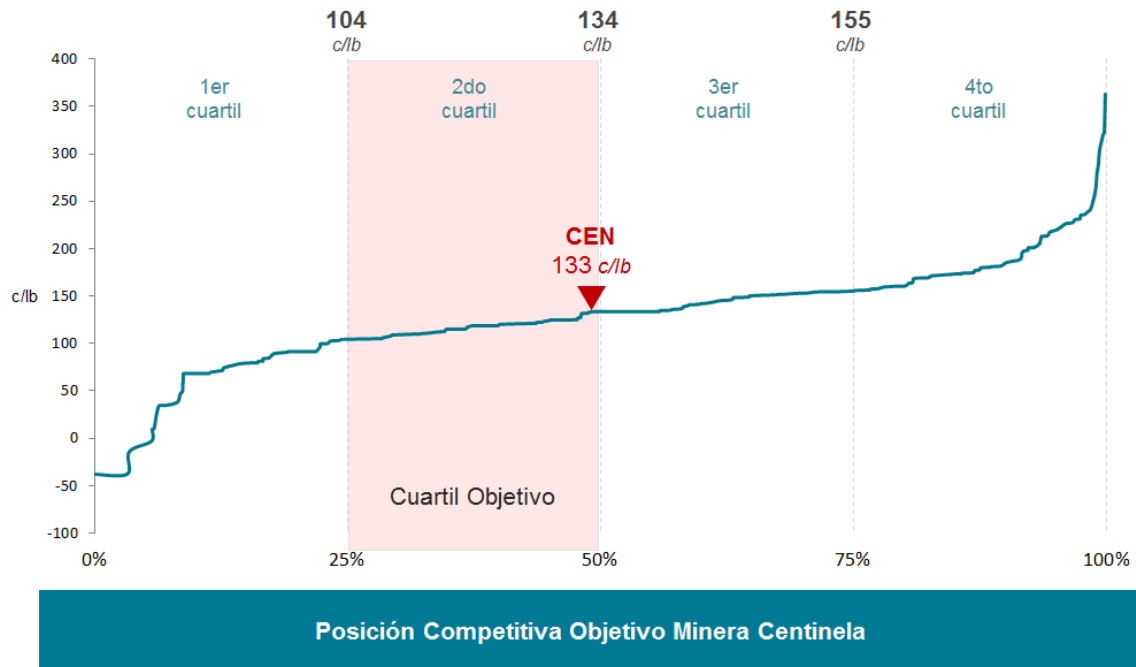


Figura 16: Curva de costo industria minera. Datos de costos industrias obtenidos desde reporte benchmark Wood Mackenzie (datos Q3 2017).

4. Sustentabilidad

Minera Centinela, y el grupo Antofagasta Minerals, asume un compromiso con sus trabajadores, inversionistas, comunidades, proveedores y contratistas, además de abordar temas transversales como la transparencia, la innovación y el cuidado del medio ambiente, estando en la búsqueda constante de nuevas formas de realizar una minería más eficiente, sustentable e inclusiva.

Antofagasta Minerals es miembro desde 2014 del International Council Mining and Metals (ICMM), organización mundial dedicada a promover la minería sustentable, desarrollando estándares e impulsando a sus empresas miembros a adoptar y compartir mejores prácticas socioambientales.

3. IDENTIFICACIÓN DE LA LÍNEA BASE

3.1 Estructura de Costos

La estructura de costos que defina una empresa está directamente relacionada con el objetivo de las decisiones que busque tomar y de la información que para ello requiera. El área de contabilidad ha desarrollado ampliamente el tema para determinar el desglose de los costos y por

parte de la industria es reconocida la terminología de clasificación a través de los conceptos C1, C2 y C3. A continuación se revisarán estos conceptos considerando su uso para fines contables y estratégicos de manera separada.

Los costos de producción son en los cuales se debe incurrir para la elaboración del producto de la empresa, ya sea de forma directa (mano de obra, insumos, materiales e inventarios de materia prima) o indirecta, como lo pueden ser los servicios de apoyo a la producción. También se incluyen los costos incurridos por desgaste de los activos, como depreciaciones y amortizaciones.

Los costos de distribución y administración se requieren para lograr la venta del producto, si bien no se requieren para su producción si son costos necesarios para lograr los ingresos finales por la venta de los productos, como por ejemplo los fletes y seguros. La Tabla 3: Desglose de costos totales de operación. Fuente: elaboración propia. resume los aspectos más relevantes de esta definición para el caso de una empresa minera:

Tabla 3: Desglose de costos totales de operación. Fuente: elaboración propia.

Total costos de operación	Costos de explotación	Remuneraciones
		Materiales e Insumos
		Energía
		Combustibles
		Depreciación
		Servicios
Costos de distribución, administración y venta		

Para el presente estudio no se incluyen los costos no operacionales, ya que el análisis se centra en los términos operativos de la empresa, sobre los cuales se puede realizar mayor gestión.

Desde el punto de vista estratégico – comercial, se utilizan los conceptos de C1, C2 y C3 para diferenciar los costos directamente asociados a la operación, los costos de desgaste y los costos financieros. En términos prácticos se tiene lo siguiente:

- C1 (cash cost): Agrupa los costos incurridos a través de todo el proceso minero hasta la venta del producto comercializable (cátodo en el caso del cobre), descontando los ingresos provenientes de los subproductos en caso de que existan (en algunos casos los ingresos de los subproductos superan los costos operacionales, resultando un C1 negativo⁸). Además, el C1 incorpora para el caso de las explotaciones que comercializan

⁸ Un costo negativo solo tiene sentido para realizar comparaciones o determinar los márgenes de las faenas, pero no para definir los montos efectivamente incurridos en cada periodo.

productos intermedios, como el concentrado, los costos asociados a fundición y refinación (TC/RC)⁹.

- C2 (production cost): Corresponde al mismo costo C1, pero agregando los montos dados por la depreciación, amortización o agotamiento de los recursos en el caso que corresponda. La incorporación de las variables previamente mencionadas permite tener una noción del costo operacional, que a diferencia del C1 tiene una visión de sustentabilidad del negocio en un mediano plazo.
- C3 (fully allocated cost): Además de los costos antes mencionados, incluye los costos indirectos y los gastos financieros netos. Los costos indirectos incluyen entre otros: la porción atribuible de los gastos de las casas matrices y exploración atribuible a la operación, royalties u otros gastos extraordinarios. En este caso, la totalidad de los costos permite ser utilizada como una aproximación de la sustentabilidad económica de largo plazo de la operación, sin embargo, también incluiría costos que podrían ser temporales asociados a operaciones financieras particulares.

C3	C2	C1	
			Costos de extracción
			Costos de tratamiento
			Flete, fundición y refinación (TC/RC)
			Gastos de administración
			(-) Sub productos
			Depreciación
			Costos indirectos
			Costos financieros netos

Figura 17: Desglose de costos C1, C2 y C3. Fuente: elaboración propia en base a información de WoodMackencie.

Un término común en la industria del cobre para realizar comparaciones de la posición competitiva de las distintas faenas corresponde al denominado net direct cash cost o C1. El objetivo de tal indicador se encuentra en determinar la curva de oferta de corto plazo del cobre, siendo un indicador del costo marginal de las empresas.

En términos prácticos, el concepto de costo C1 agrupa los costos incurridos a través de todo el proceso minero hasta la venta del producto comercializable (cátodo en el caso del cobre), descontando los ingresos provenientes de los subproductos en caso de que existan. La situación anterior permite que en algunos casos el indicador C1 sea negativo. Además, el costo C1 incorpora para el caso de las explotaciones que comercializan productos intermedios, como el concentrado, los costos asociados a fundición y refinación (TC/RC) y los costos asociados al transporte marítimo del concentrado.

⁹ Los descuentos de TC/RC corresponden en realidad a descuentos sobre las ventas en lugar de costos efectivamente pagados por las faenas.

3.2 Estructura de la Compañía

Para definir un programa de competitividad es clave analizar la estructura que compone la empresa, la Figura 18: Cadena de valor de la compañía muestra la cadena de valor de Minera Centinela y sus componentes principales:

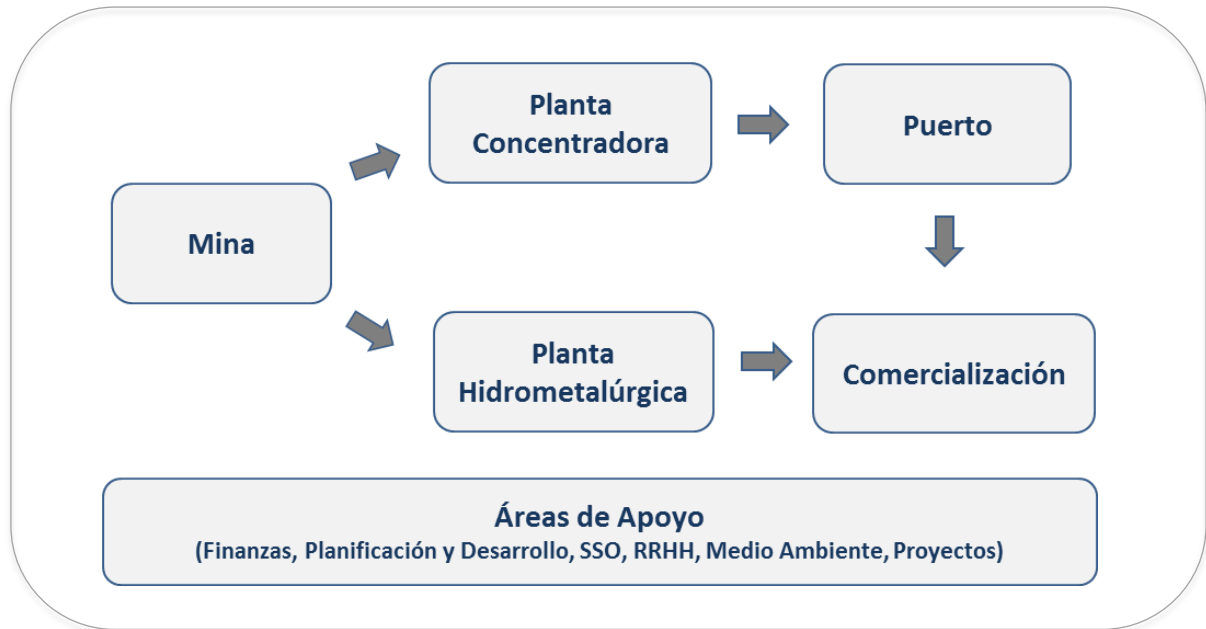


Figura 18: Cadena de valor de la compañía

A su vez los procesos mostrados, poseen los siguientes subprocesos:

- **Mina (operación/mantenimiento)**
 - Perforación
 - Tronadura
 - Carguío
 - Transporte
 - Servicios de Apoyo
 - Administración
- **Planta Concentradora (operación/mantenimiento)**
 - Chancado
 - Molienda
 - Flotación
 - Relaves y Depósitos
 - Servicios de Apoyo
 - Administración

➤ **Puerto (operación/mantenimiento)**

- Transporte
- Filtrado
- Muelle
- Servicios de Apoyo
- Administración

➤ **Planta Hidrometalúrgica (operación/mantenimiento)**

- Chancado primario
- Chancado 2º/3º
- Lixiviación (HL/ROM)
- SX-EW
- Servicios de apoyo
- Administración

➤ **Servicios de Apoyo y Administración (G&A)**

- Planificación y Desarrollo
- Recursos Humanos
- Proyectos
- Gestión del Mantenimiento
- Gerencia General
- Finanzas (Abastecimiento/Control de Gestión)
- Asuntos Externos
- Seguridad y Salud Ocupacional
- Legal

3.3 Evolución de Costos por Proceso

Las siguientes gráficas muestran la evolución de los costos unitarios para los diferentes procesos que conforman la cadena de valor de la compañía, de manera de tener una línea base de medición de las mejoras de cada área.¹⁰

¹⁰ Fuente: Reportabilidad Minera Centinela.

3.3.1 Costo Unitario Mina

La Figura 19: Evolución del costo unitario mina en dólares por tonelada movida muestra la evolución del costo unitario mina, medido en dólares por tonelada movida (US/tmov).

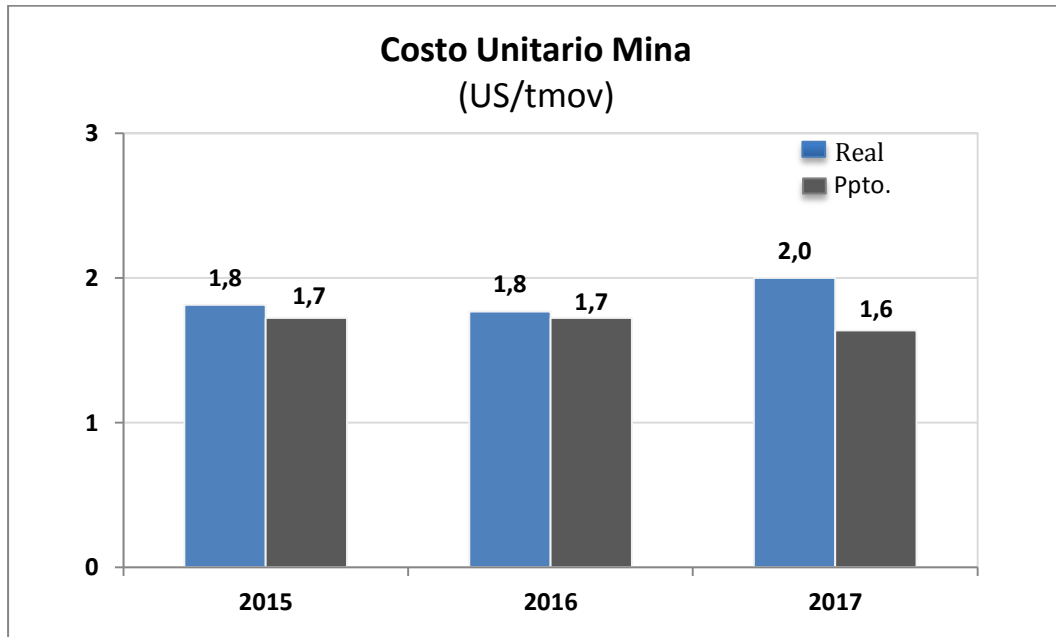


Figura 19: Evolución del costo unitario mina en dólares por tonelada movida

En la gráfica, el valor real para el 2017 considera el acumulado al mes de noviembre. Es posible notar un aumento en el costo unitario real, y un no cumplimiento del presupuesto, con un aumento de la brecha en el tiempo.

3.3.2 Costo Unitario Planta Concentradora

La Figura 20: Evolución del costo unitario Planta Concentradora en dólares por tonelada procesada muestra la evolución del costo unitario de la planta concentradora, medido en dólares por tonelada procesada (US/tpro).

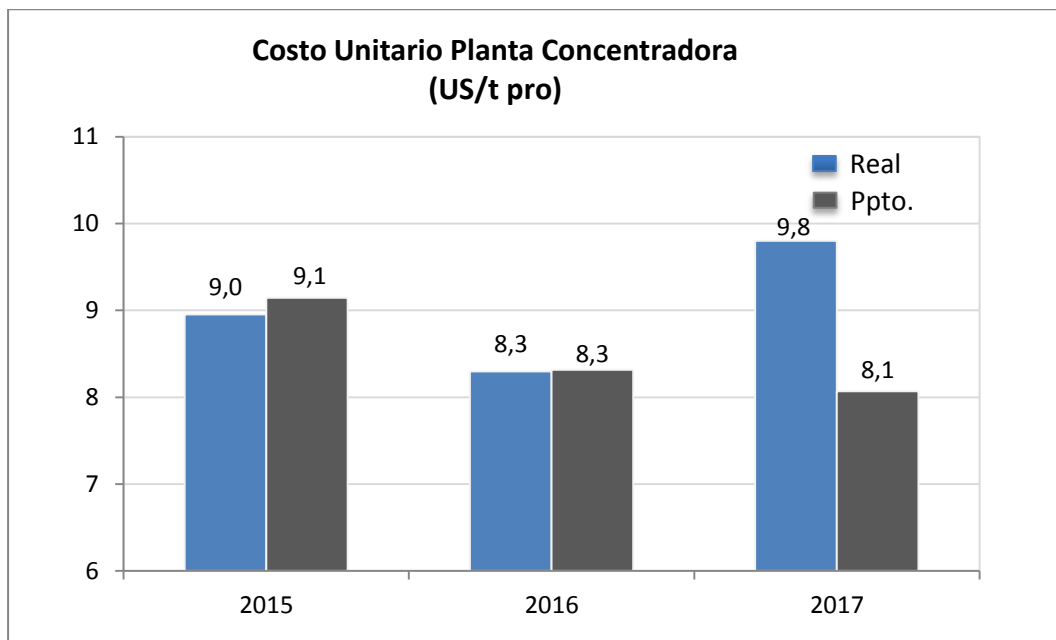


Figura 20: Evolución del costo unitario Planta Concentradora en dólares por tonelada procesada

La gráfica muestra un aumento significativo en los costos de la planta concentradora el último año, existiendo una gran brecha con el presupuesto.

3.3.3 Costo Unitario Planta Hidrometalúrgica

La Figura 21: Evolución del costo unitario Planta Hidrometalúrgica en centavos de dólar por libra producida muestra la evolución del costo unitario de la planta hidrometalúrgica, medido en dólares por tonelada procesada (c/lb/tpro).

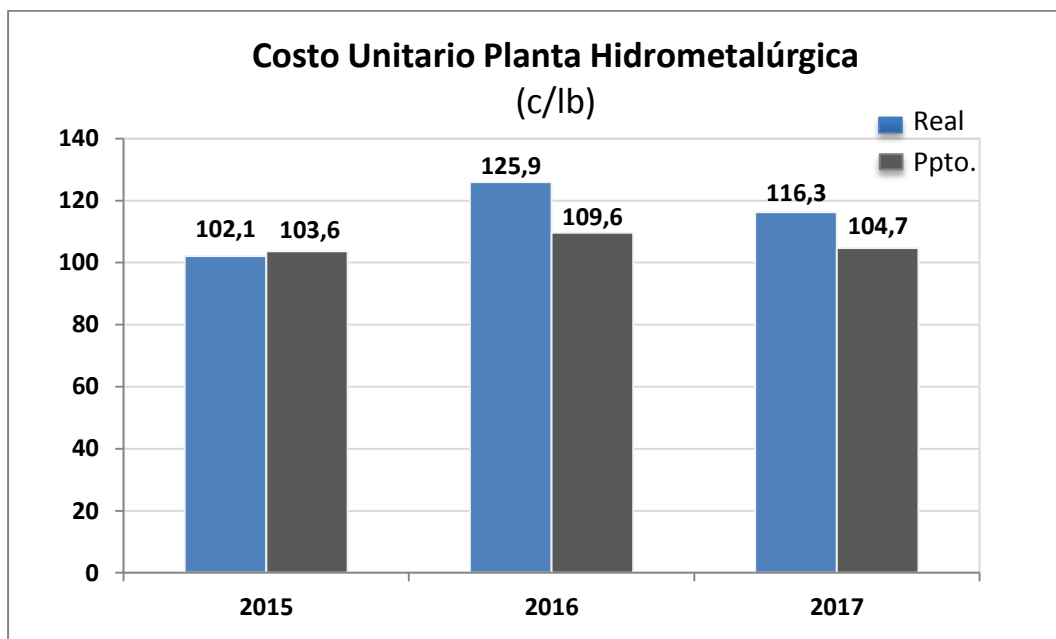


Figura 21: Evolución del costo unitario Planta Hidrometalúrgica en centavos de dólar por libra producida

Al igual que en la planta concentradora se observa un aumento en el costo unitario y un sobrecosto respecto del presupuesto 2017.

3.3.4 Costo Unitario Puerto

La Figura 22: Evolución del costo unitario Puerto en dólares por tonelada de concentrado filtrado muestra la evolución del costo unitario del puerto, medido en dólares por tonelada procesada (US/tfil).

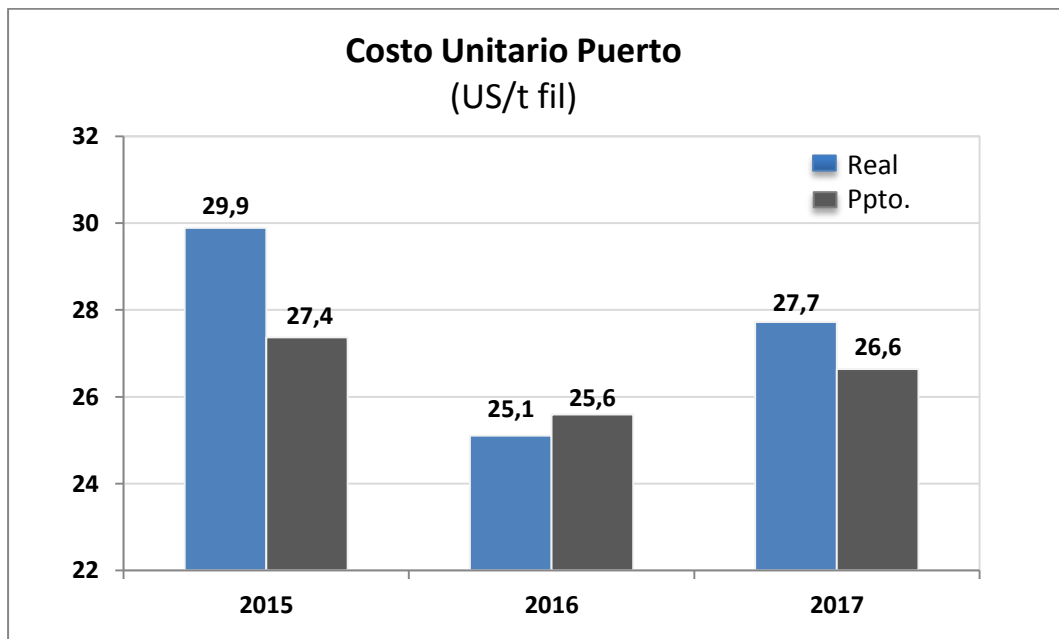


Figura 22: Evolución del costo unitario Puerto en dólares por tonelada de concentrado filtrado. Se observa un aumento en el costo unitario y un sobrecosto respecto al presupuesto 2017.

3.3.5 Costo Unitario G&A

La Figura 23: Evolución del costo unitario Gerencias G&A en centavos de dólar por libra de cobre producido muestra la evolución del costo unitario de las gerencias G&A, medido en dólares por tonelada procesada (c/lb).

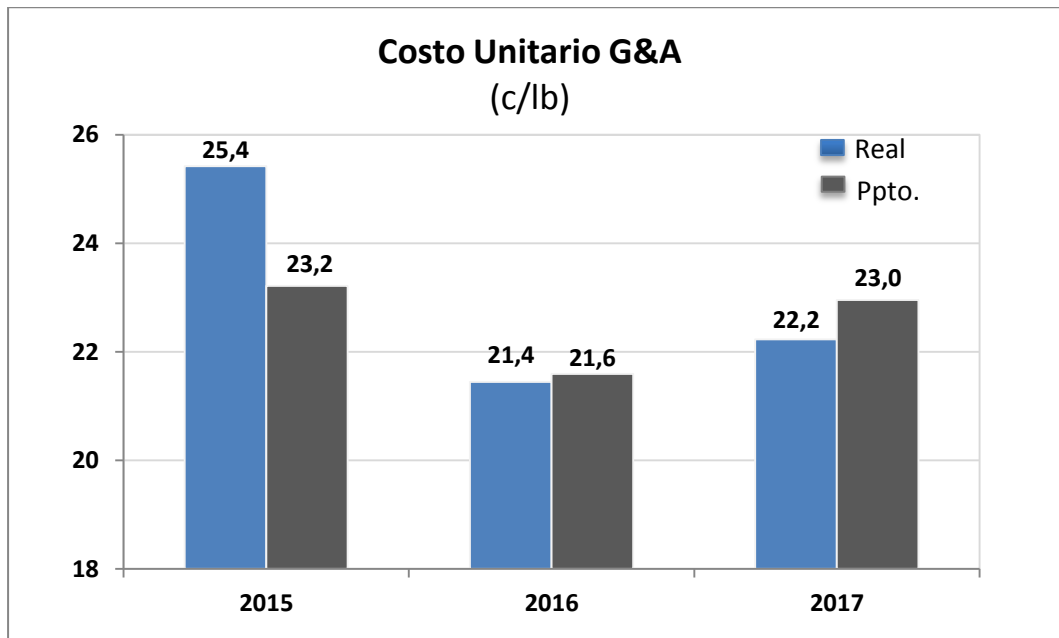


Figura 23: Evolución del costo unitario Gerencias G&A en centavos de dólar por libra de cobre producido

Se observa que si bien el costo ha aumentado respecto al 2016, se cumple a la fecha con el presupuesto 2017.

3.4 Distribución de Costos por Ítem Relevante

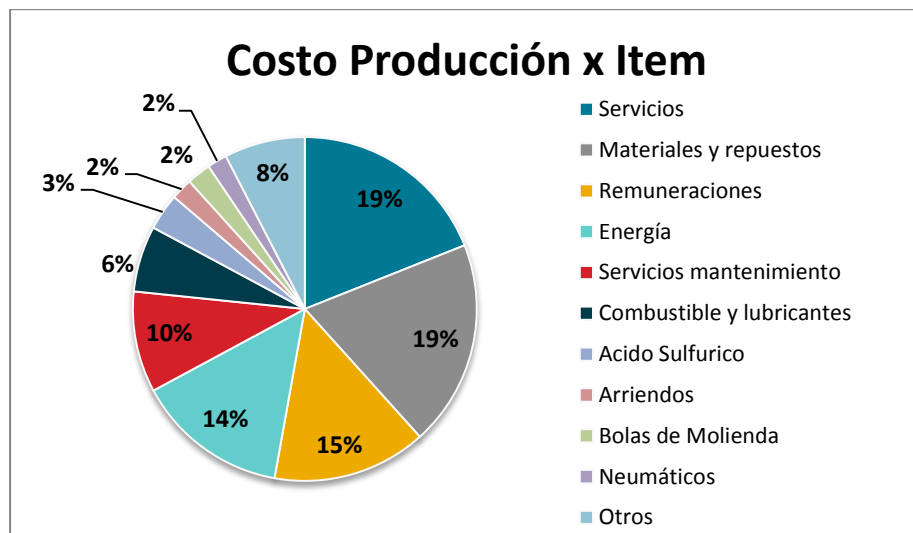


Figura 24: Distribución del costo de producción de Minera Centinela por ítem relevante.

3.5 Línea Base

De acuerdo con lo revisado en el punto 3.3, para la mayoría de las áreas no se alcanza el cumplimiento del presupuesto, presentándose esta tendencia en los últimos años, por lo cual la línea base para las iniciativas de ahorro será el presupuesto 2018, evaluando el costo unitario para cada subproceso.

4. ESCENARIO ACTUAL EN LA MINERÍA

A continuación en los puntos 4.1 y 4.2 se presentan los resultados de benchmark, realizados por la empresa Encare y AMSA respectivamente.

4.1 Benchmark Encare

Las gráficas de las figuras 25 a 28 presentan los resultados de costo unitario global y por proceso del estudio Encare del primer semestre (S1) de 2017. En las gráficas se identifican las diferentes compañías participantes con un código para mantener la confidencialidad, sin embargo se destaca en color naranja el resultado de Minera Centinela, de manera de poder evaluar su posición competitiva en la industria.

La figura 25 muestra el costo unitario de la mina en dólares por tonelada movida, en donde puede apreciarse que Minera Centinela es la cuarta compañía con mayor costo de las participantes, sin embargo se requiere información adicional, como distancias equivalentes de las fases u otros parámetros operacionales para analizar oportunidades de mejora.

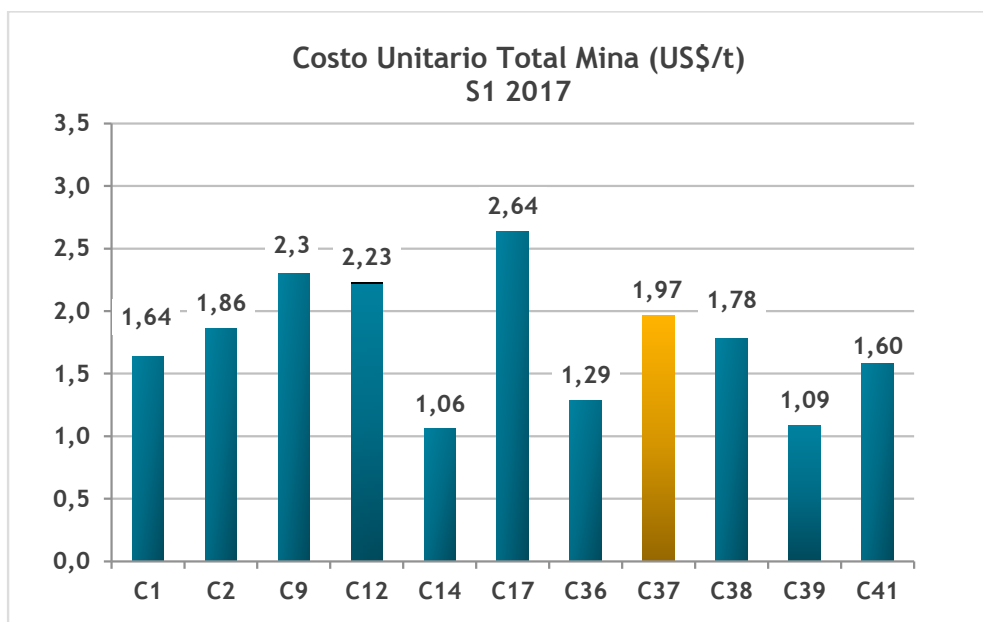


Figura 25: Costo unitario mina en dólares por tonelada movida¹¹

¹¹ Fuente: Elaboración propia en base a estudio Encare solicitado por AMSA el 1er semestre 2017.

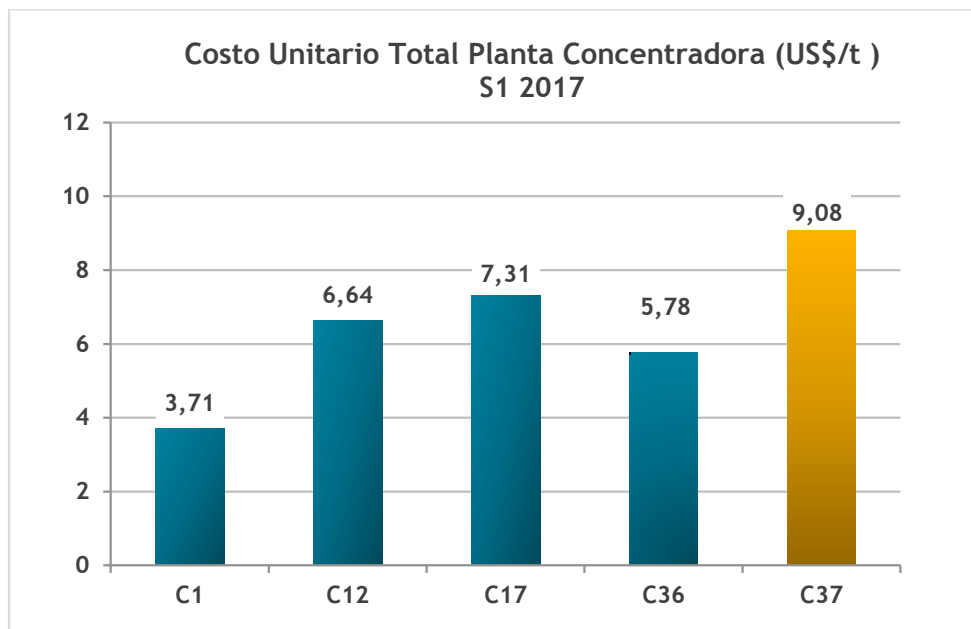


Figura 26: Costo unitario planta concentradora en dólares por tonelada procesada.

La figura 26 muestra el costo unitario de las plantas concentradoras para las empresas participantes, donde la planta concentradora de Minera Centinela presenta el costo más alto por tonelada de mineral procesada.

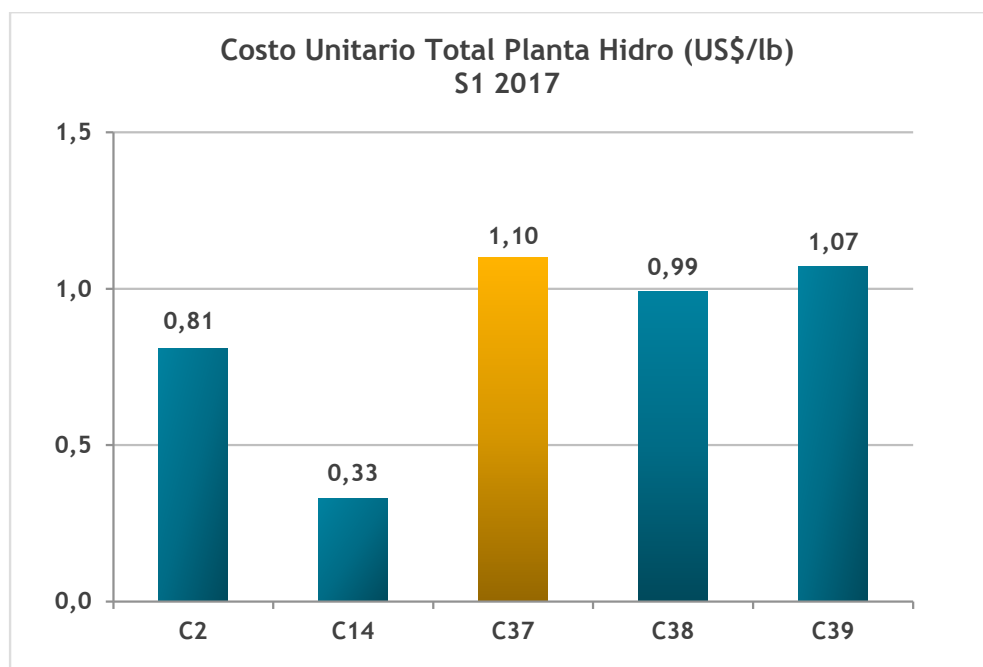


Figura 27: Costo unitario planta hidrometalúrgica en dólares por tonelada en dólares por libra de cobre producido.

La figura 27 muestra el costo de la planta hidrometalúrgica en dólares por libra de cobre producido, es posible notar que existe una amplia brecha entre las compañías con mayor y menor costo, sin embargo esto puede estar fuertemente influenciado por la ley de cobre de alimentación del mineral, lo cual dificulta comparar la competitividad de las compañías.

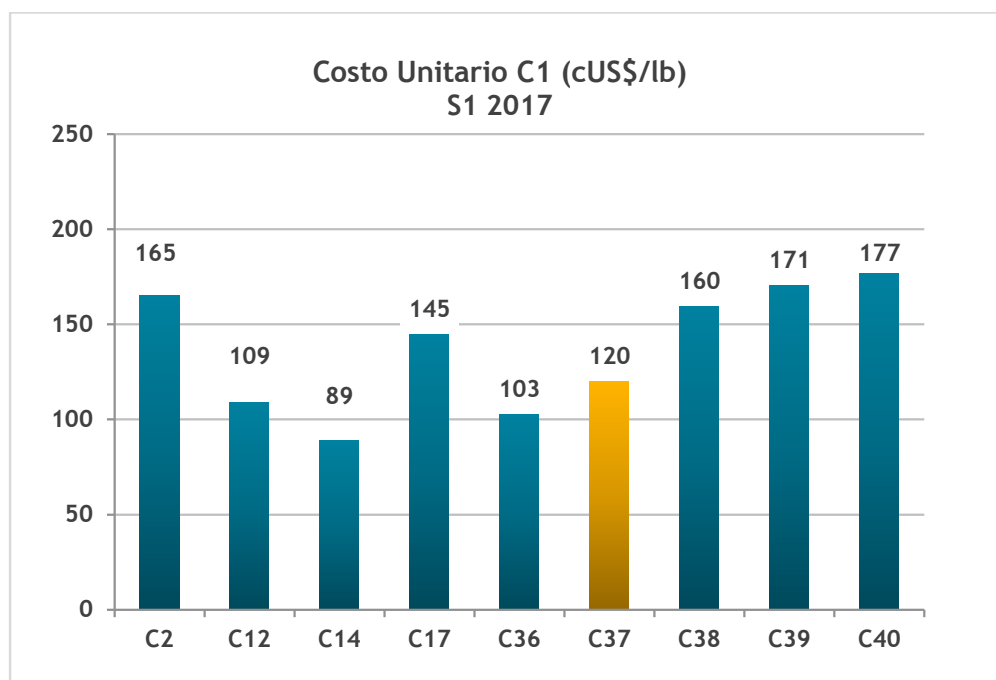


Figura 28: Costo unitario C1 en centavos de dólar por libra de cobre producido

4.2 Benchmark Interno

Las gráficas de las figuras 29 a 32 muestran el costo unitario global y por proceso para las diferentes compañías que conforman el grupo Antofagasta Minerals. En las gráficas se identifican los resultados de cada compañía de acuerdo con lo siguiente:

Minera Centinela: CEN

Minera Los Pelambres: MLP

Minera Antucoya: ANT

Minera Zaldivar: CMZ

La figura 29 muestra el costo unitario de la mina en dólares por tonelada movida para cada compañía, es posible notar que si bien en general los valores reales están por sobre el presupuesto, Minera Antucoya tiene una mejor posición competitiva, por lo cual se deben analizar las variables operacionales y evaluar las mejores prácticas para replicarlas en el resto de las compañías.

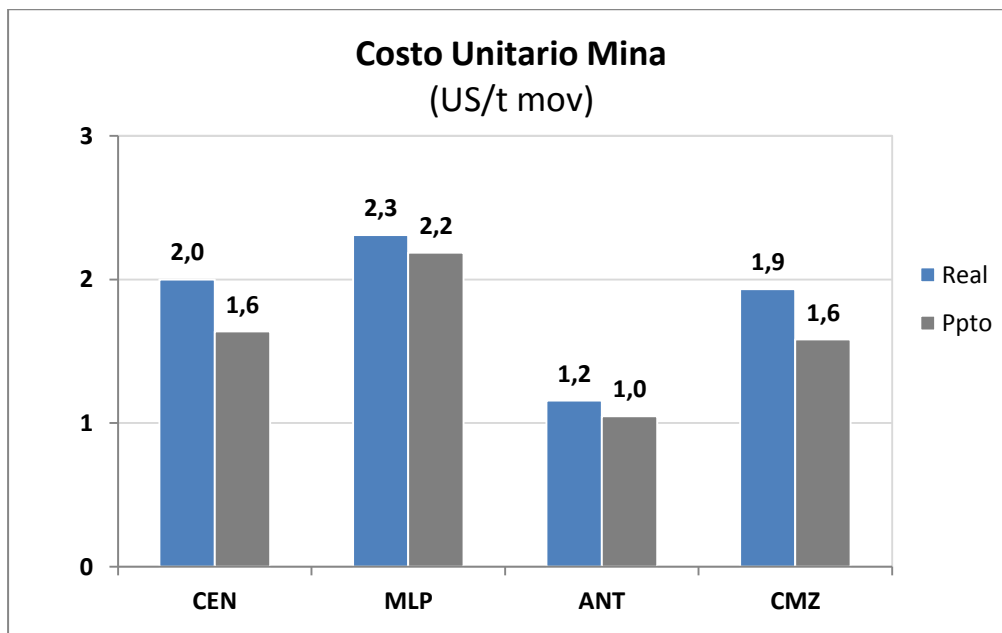


Figura 29: Costo unitario mina en dólares por tonelada movida.¹²

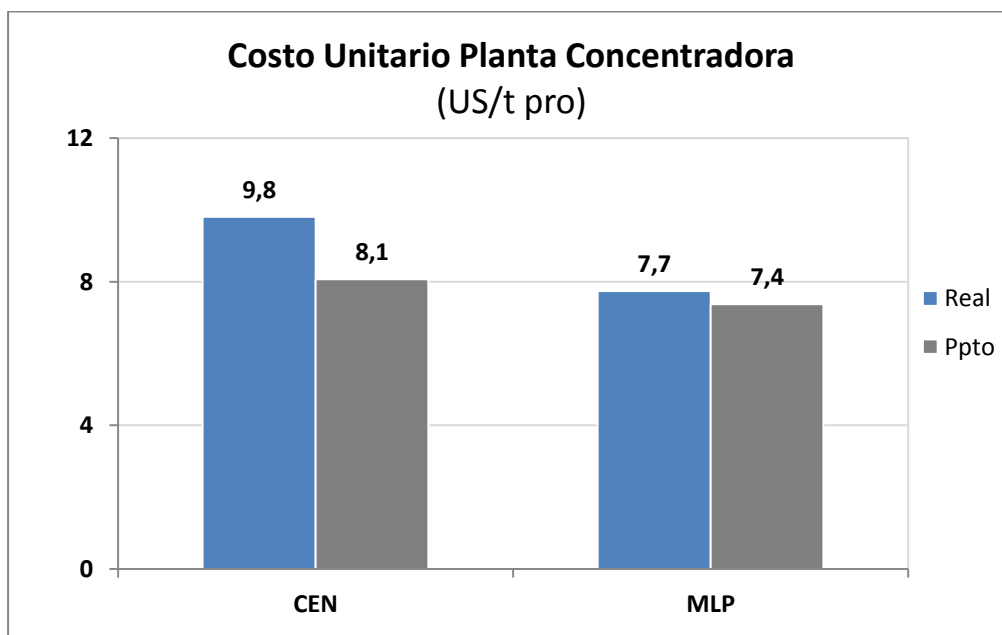


Figura 30: Costo unitario planta concentradora en dólares por tonelada procesada

En el caso de la planta concentradora, se aprecia que Minera Los Pelambres tiene un costo unitario más bajo y ambas compañías están por sobre el costo del presupuesto.

¹² Fuente: Elaboración propia en base a datos de reportabilidad interna AMSA.

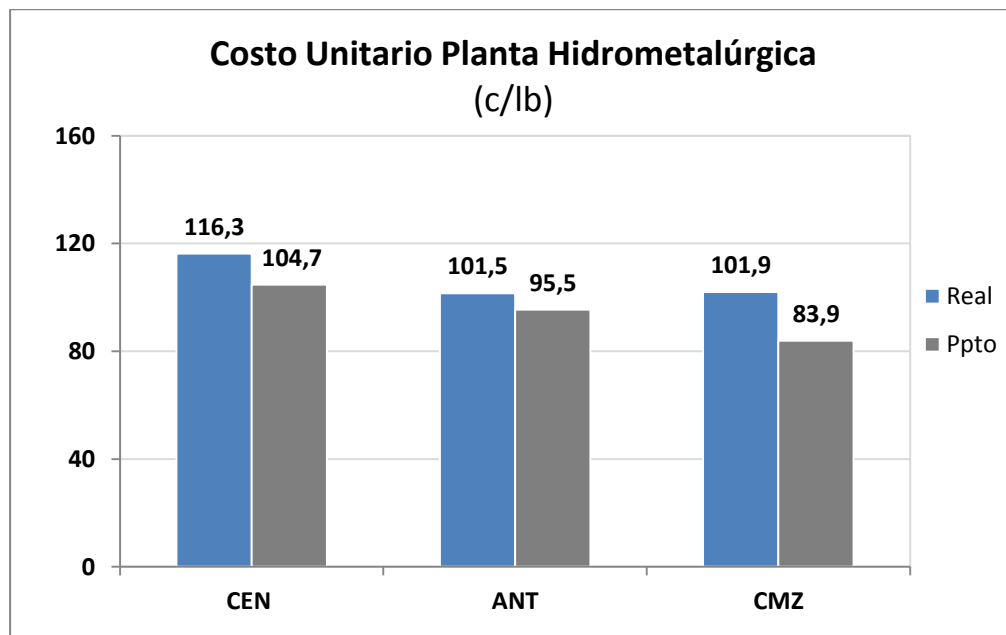


Figura 31: Costo unitario planta hidrometalúrgica en centavos de dólar por libra de cobre producida.¹²

En el caso de la planta hidrometalúrgica es posible notar que Minera Antucoya tiene el costo más bajo, sin embargo como se mencionó anteriormente, el costo unitario por libra de cobre producido, al igual que el costo C1 se ve muy impactado por la ley de alimentación de cobre.

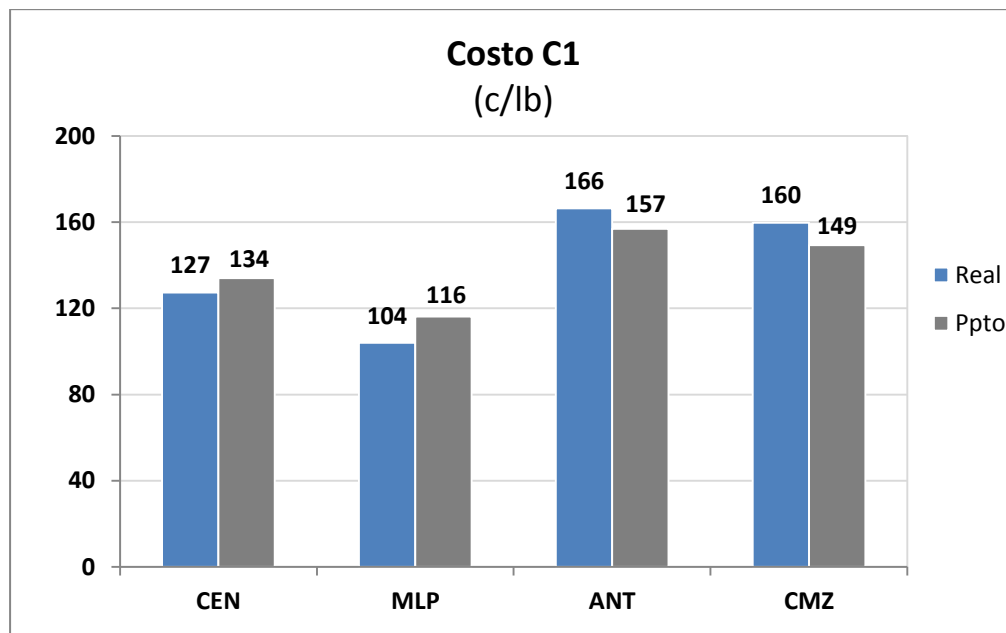


Figura 32: Costo unitario C1 en centavos de dólar por libra de cobre producido

4.3 Identificación de Brechas

Las operaciones mineras se encuentran condicionadas por las características propias del yacimiento (ubicación, leyes, relación lastre-mineral, distancias de transporte, altura, entre otros), por lo cual es necesario entender si existe alguna correlación entre estas características y el costo de los procesos. De existir algún tipo de correlación, implica que existe una fracción del costo asociado a esa condición que no puede gestionarse y es propio de las condiciones de la operación.

Se analizará la data de los bench presentados en las secciones 4.1 y 4.2, con el fin de identificar oportunidades de mejora por proceso.

Para simplificar este estudio, el análisis se enfocará particularmente en la planta concentradora.

4.4 Planta Concentradora

Es posible notar que el costo unitario de la planta concentradora se encuentra sobre la media de las empresas participantes en el estudio Encare (Figura 26: Costo unitario planta concentradora en dólares por tonelada procesada.). De igual modo en el bench interno de las compañías de Antofagasta Minerals se observa un costo superior al de la planta concentradora de Minera Los Pelambres, por lo cual se debe estudiar junto con el equipo de MLP cuáles son las mejores prácticas de cada compañía, de manera de mejorar sus rendimientos.

El diseño del programa se basará en la metodología planteada en el ítem 1.3, se seguirá cada uno de los pasos ahí descritos, de manera de levantar iniciativas que mejoren la competitividad de la planta concentradora.

5. DISEÑO DEL PROGRAMA DE PRODUCTIVIDAD Y COSTOS

5.1 Diagnóstico: Análisis Causa-raíz

La Figura 33: Diagrama causa-raíz para la baja competitividad de la planta concentradora muestra un diagrama Ishikawa (causa-raíz) indicando las diferentes causas que llevan a una reducción en la competitividad de la planta concentradora respecto de la industria, para definir estas causas, se reunió a los principales equipos de operación y mantenimiento de la planta concentradora y se analizaron los principales problemas que afectan el cumplimiento de la producción.

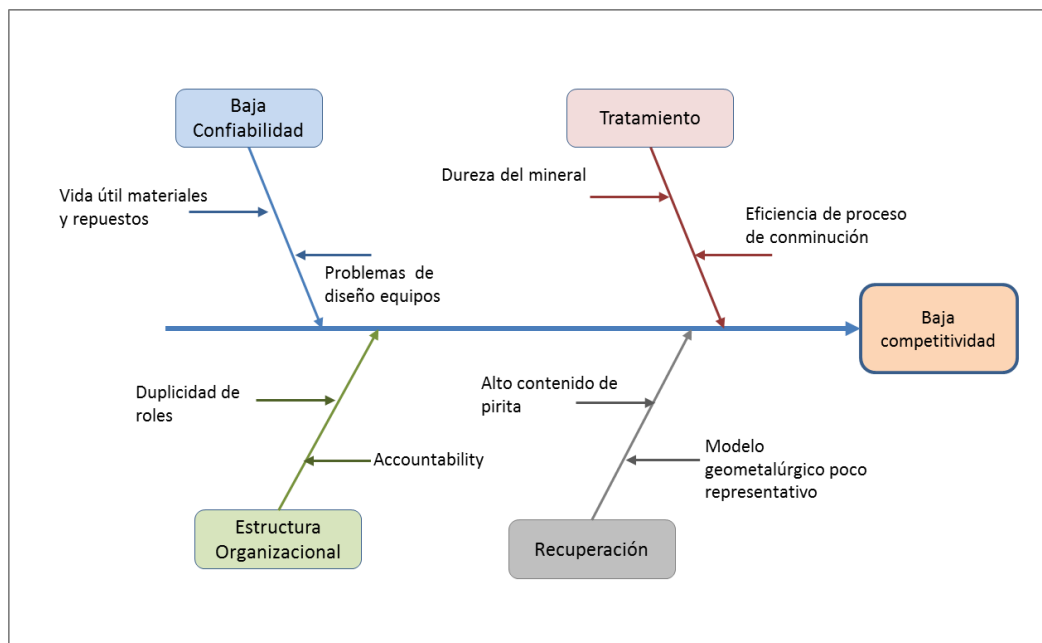


Figura 33: Diagrama causa-raíz para la baja competitividad de la planta concentradora. Fuente: Elaboración propia en base a información de Minera Centinela.

A continuación se describen en mayor detalle las causas indicadas en el diagrama causa-raíz:

- Baja Confiabilidad:

La planta concentradora presenta baja confiabilidad, principalmente en el área de conminución, esto se debe a la baja en la vida útil de ciertos materiales y repuestos y a los problemas de diseño presentes en equipos críticos como los Chancadores de Pebbles. La baja confiabilidad lleva a tener mayor cantidad de horas de detención en la planta, lo cual significa una disminución en la producción de cobre fino, impactando al costo C1 y la competitividad.

- Estructura Organizacional:

El hecho de tener la operación de la planta concentradora a cargo de un tercero, lleva a duplicidad de cargos, debido al cumplimiento de la ley de subcontratación, donde debe cumplirse el protocolo de comunicación con el personal contratista.

Por otro lado, el organigrama actual de la planta concentradora tiene cargos de jefaturas y superintendencias transversales, lo cual resta foco a las áreas e impide el análisis en detalle de los problemas que se enfrentan. Esto trae como consecuencia una disminución en el “accountability” a la hora de analizar problemas de desempeño, ya que no hay claros responsables de los subprocesos y no hay responsabilidades claras en la disminución de la producción o el alza en los costos.

- Recuperación:

Desde el ingreso del material de la fase 5 del rajo Esperanza, la recuperación ha experimentado una baja significativa, el alto contenido de pirita y las bajas leyes han impactado fuertemente. Por otro lado los modelos geometalúrgicos no reflejan los resultados obtenidos en planta, lo cual hace difícil proyectar de manera certera la producción y tener planes representativos. Este punto es clave, ya que afecta directamente la cantidad de cobre fino producido y por consecuencia el costo unitario.

- Tratamiento:

Desde su puesta en marcha, Minera Centinela, ex Esperanza, no ha logrado conseguir el tratamiento para el que fue diseñada la planta concentradora. Al inicio de la operación, se lograban tratamientos del orden de 80 ktpd, si bien hoy en día se alcanzan tratamientos cercanos a los 100 ktpd, se mantienen los esfuerzos para alcanzar los 105ktpd. de diseño. Este ítem tiene un gran impacto en los costos, ya que el diseño está hecho para 105ktpd y se asumen costos fijos para dicha capacidad de diseño sin alcanzarla en producción.

5.2 Determinación del estado futuro

En esta fase, se definirán las acciones de mejora que permitirán alcanzar la condición deseada en cada uno de los puntos revisados en la sección 6.1.

Si bien, en este trabajo se desarrollará un programa de competitividad para la planta concentradora y se abordarán las causas revisadas anteriormente, el programa de competitividad debe abarcar toda la compañía, mejorando la competitividad global de Minera Centinela, por lo cual se deben definir pilares de gestión generales, los cuales serán los focos de trabajo para la búsqueda de ahorros.

La Tabla 4: Estructura de costos por ítem relevante de la planta concentradora (real vs ppto.) muestra la estructura de costos por ítem relevante de la planta concentradora (real vs ppto.):

Tabla 4: Estructura de costos por ítem relevante de la planta concentradora (real vs ppto.)¹³

CONCENTRADORA - ÍTEM RELEVANTE		YTD		
		Real	Ppto	Desviación
Energía	KUS\$	87.513	89.943	(3%)
Materiales y repuestos	KUS\$	62.492	48.600	29%
Agua	KUS\$	28.854	30.479	(5%)
Servicios Mantenimiento y Reparación	KUS\$	28.532	29.099	(2%)
Bolas de Molienda	KUS\$	22.887	26.278	(13%)
Servicios	KUS\$	18.643	12.976	44%
Indirectos Mantención	KUS\$	16.665	16.528	1%
Remuneraciones empleados	KUS\$	15.411	9.926	55%
Reactivos	KUS\$	9.746	9.791	(0%)
Remuneraciones Supervisores	KUS\$	8.301	6.725	23%
Arriendos	KUS\$	6.738	7.247	(7%)
Gastos Campamento	KUS\$	6.612	7.739	(15%)
Otros Gastos de Energía	KUS\$	3.242	3.202	1%
Gastos De Laboratorio	KUS\$	2.246	1.633	37%
Aceros de desgaste	KUS\$	1.478	1.591	(7%)
Cal	KUS\$	1.344	954	41%
Combustibles / Lubricantes	KUS\$	1.183	1.581	(25%)
Gastos Control Automático	KUS\$	703	637	10%
Otros Gastos	KUS\$	609	457	33%
Gastos de Viajes	KUS\$	293	315	(7%)
Explosivos y Accesorios de tronadura	KUS\$	74	-	n/a
Informática y Comunicaciones	KUS\$	52	71	(28%)
Asesorías y Consultorías	KUS\$	49	108	(55%)
Entrenamiento, Capacitación, Talleres, S	KUS\$	38	-	n/a
Neumáticos	KUS\$	0	-	n/a
Total Planta Concentradora	KUS\$	323.704	305.882	11%

La siguiente tabla muestra la distribución de costos por ítem relevante para la concentradora:

¹³ Fuente: Reportabilidad interna Minera Centinela.

Tabla 5: Distribución del costo por ítem relevante

Ítem relevante	% del costo
Energía	27%
Materiales y repuestos	19%
Agua	9%
Servicios	15%
Mano de obra	7%
Otros	23%
Total	100%

Es posible notar que el 80% del costo de la planta concentradora, se distribuye en los siguientes ítems, que representan del orden de un 20% de los ítems totales que componen el costo:

- Energía
- Materiales y repuestos
- Servicios
- Agua
- Mano de obra

Por lo cual se deben definir pilares de gestión que abarquen estos ítems, y así abarcar el mayor porcentaje, sin agotar recursos en ítems de menor impacto:

5.2.1 Pilares de gestión y análisis

Como vimos anteriormente, el 80% del costo total de la planta concentradora se centra en los ítems energía, materiales y repuestos, servicios, agua y mano de obra, este resultado nos entrega la base para definir los pilares de gestión que serán el foco para el levantamiento de las iniciativas de ahorro, estos se describen a continuación:

1. Eficiencia de Insumos

Implementar proyectos que reduzcan consumo de los insumos más relevantes en cada área. En el caso de la planta concentradora, los insumos de mayor relevancia son: la energía, bolas de molienda, agua y reactivos. Además de buscar insumos de menor costo, también se debe considerar la búsqueda de insumos o dosis de insumos que mejoren los rendimientos de la planta, como por ejemplo reactivos que aumenten la recuperación, una de las causas raíz levantadas en el análisis de competitividad.

2. Gestión de presupuesto operación y mantenimiento

Implementar iniciativas que mejoren la eficiencia de los equipos (OEE, Overall Equipment Effectiveness) ya sea en la operación o en el mantenimiento de equipos críticos. Este pilar busca mejorar la operación, y va en directa relación con la confiabilidad y alcanzar el tratamiento de diseño de la planta.

3. Servicios de terceros

Analizar los contratos más relevantes del área, identificando las principales palancas de ahorro, obtener contratos más eficientes y de largo plazo que aseguren una relación estratégica con las diferentes empresas.

4. Estructura organizacional

Analizar el modelo operacional del área, optimizando roles y responsabilidades en las áreas que lo requieran, de manera de reducir el costo en mano de obra y optimizar la producción.

5. Productividad

Incorporar iniciativas que si bien pueden incrementar el costo del área, generen un mayor beneficio que reduce el costo unitario C1. Este pilar está relacionado con las causas raíz de bajo tratamiento y baja recuperación, que impactan al cobre fino producido.

5.2.2 Iniciativas de ahorro

A continuación se detallarán las iniciativas de ahorro a implementar en la Planta Concentradora, se levantarán iniciativas para cada subproceso, con foco en las causas raíz analizada en la sección 5.1 y basándose en los pilares de gestión indicados en la sección 5.2.1.

La Figura 34: Subprocesos planta concentradora muestra los subprocesos de la línea sulfuros de Minera Centinela, se destacan los procesos de chancado y molienda, flotación y relaves, en los cuales se centrarán las iniciativas, sin embargo no se descartarán iniciativas que puedan involucrar alguno de los procesos indicados en color gris.

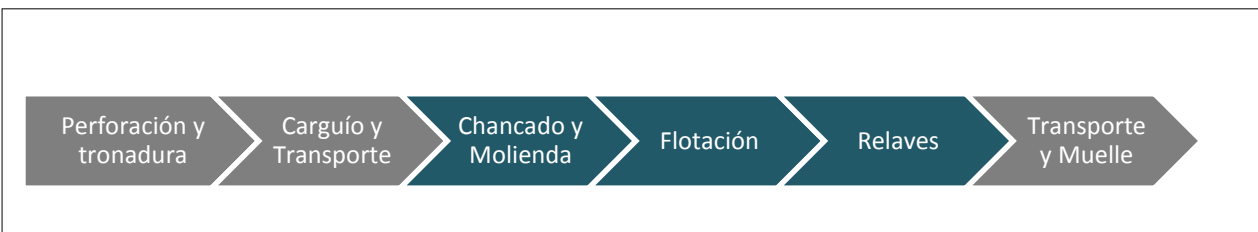


Figura 34: Subprocesos planta concentradora

5.2.2.1 Chancado y Molienda

- Eficiencia de Insumos: Optimización de consumo de bolas de molienda. Al controlar y optimizar el llenado de los molinos, se reduce la tasa de consumo de bolas, de manera de reducir el gasto en insumos.
- Gestión de presupuesto operación y mantenimiento: Reducción de precios de liners chancadores 1°, 2° y 3°, Cambio de proveedor bombas bajo molino. Ambas iniciativas apuntan a una reducción en el costo de repuestos para molienda.
- Servicios de terceros: Negociación contrato de maquinaria. Esta iniciativa busca reducir el costo mensual en arriendo de maquinaria para la planta concentradora.
- Estructura Organizacional: Internalización servicio operación planta concentradora. Al internalizar, se tiene una estructura de comunicación más efectiva, y se reducen cargos de supervisión y administración duplicados (personal interno-externo).
- Productividad: Recuperación de finos al costado de la correa overland. Cambio de chancador de pebbles para reducir detenciones y aumentar procesamiento. La primera iniciativa busca recuperar cobre fino que quedó fuera del proceso, para poder aprovecharlo e incorporarlo a la producción final. La segunda iniciativa tiene como objetivo disminuir las detenciones en el proceso de conminución para aumentar el mineral tratado y por ende aumentar la producción de cobre fino.

5.2.2.2 Flotación

- Eficiencia de Insumos: Optimización consumo de Metabisulfito. Esta iniciativa busca modelar y optimizar la adición de Metabisulfito en la flotación, de manera de tener una menor tasa de consumo que reduzca el gasto y una mejor recuperación de cobre.
- Servicios de terceros: Negociación servicios de mantención columnas de flotación. Esta iniciativa busca negociar una mejor tarifa, para reducir el costo en servicios.
- Estructura Organizacional: Internalización servicio operación planta concentradora. Explicada en el punto 5.2.2.1.
- Productividad: Estudio de reactivos para aumentar la recuperación de oro. Se busca aumentar la recuperación para aumentar el crédito por subproducto, disminuyendo el costo C1.

5.2.2.3 Relaves

- Eficiencia de Insumos: Optimización consumo específico de floculante. Esta iniciativa busca modelar y optimizar la adición de floculante en los espesadores, de manera de tener

una menor tasa de consumo que reduzca el gasto y un mejor espesamiento que aumente la recuperación de agua y reduzca el make up requerido.

- Estructura Organizacional: Internalización servicio operación planta concentradora. Explicado en punto 5.5.5.1.

5.2.3 Metodología para el cálculo de los ahorros

5.2.4 Elaboración línea base

Como vimos en el punto 3.3, el objetivo del programa será asegurar el cumplimiento del presupuesto 2018. Dado que este estudio se enfocará en la planta concentradora, se definirá a continuación la línea base para cada uno de los procesos de la planta concentradora revisados anteriormente, cada iniciativa deberá ser comparada con el presupuesto asignado para dicho bien o servicio, cumpliendo el costo unitario total de cada proceso, con el asignado en el presupuesto. La Tabla 6: Costo unitario por proceso para la planta concentradora muestra los valores de costo unitario para los procesos analizados anteriormente:

Tabla 6: Costo unitario por proceso para la planta concentradora

Proceso	Unidad	Costo unitario
Chancado y Molienda	US\$/t proc	6,03
Flotación	US\$/t proc	1,24
Relaves	US\$/t proc	0,82
Otros	US\$/t proc	1,47
Total Planta Concentradora	US\$/t proc	9,56

Los procesos incluidos en la tabla consideran lo siguiente:

- Chancado y Molienda: Chancado 1°, 2°,3°, Molinos SAG y bolas, chancado Pebbles
- Flotación: Circuito de flotación.
- Relaves: Relaves, depósito y transporte de concentrado.
- Otros: Administración, metalurgia operativa, sistemas auxiliares.

5.2.5 Validación línea base

Las líneas bases deben ser revisadas por cada área en conjunto con control de gestión, quien validará la línea base y los ahorros obtenidos.

5.2.6 Seguimiento Ahorros

5.2.6.1 Ficha de seguimiento

Cada iniciativa deberá tener una ficha de control, la cual debe incorporar la siguiente información:

- Nombre de la iniciativa
- Descripción de la iniciativa
- Nombre del responsable
- Gerencia de origen del ahorro
- Gerencia destino de ahorro
- Fecha de inicio
- Línea base (monto asignado en presupuesto)
- Costo real.
- Estimación del ahorro.

El anexo A muestra el diseño de la ficha de control de iniciativas.

5.2.6.2 Cálculo del ahorro

El cálculo de los ahorros dependerá de cada tipo de iniciativa:

- Eficiencia de Insumos: Se debe estimar el ahorro, aislando los diferentes efectos, precio, cantidad y rendimiento (P,Q,R).
- Gestión de presupuesto operación y mantenimiento: Se debe estimar el ahorro, aislando los diferentes efectos, precio, cantidad y rendimiento (P,Q,R).
- Servicios de Terceros: Se debe estimar el ahorro aislando los efectos precio y cantidad.
- Estructura Organizacional: Se deberá calcular la línea base y el ahorro en conjunto con control de gestión y RRHH, considerando todos los costos involucrados (servicio, remuneraciones, campamento, alimentación, transporte, etc.)
- Productividad: Para estimar el aporte de producción de una iniciativa, se considerarán los aportes originados por aumento de tratamiento y recuperación, no se considera el aumento de ley de alimentación, ya que no corresponde a una gestión de mejora.

Para el cálculo de los aumentos de producción se utilizarán las siguientes fórmulas:

$$\text{Aumento de Producción} = \text{Efecto Puro} + \text{Efecto Combinado}$$

$$\text{Mayor Producción (Tratamiento)} = (Tr - Tp) \times Lp \times Rp + \text{Efecto combinado}$$

Donde:

Tr: Tratamiento real planta concentradora

Tp: Tratamiento considerado en el presupuesto planta concentradora

Lp: Ley de alimentación de presupuesto

Rp: Recuperación considerada en el presupuesto planta concentradora

El efecto combinado se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{Efecto Combinado} = \frac{(Tr - Tp) \times (Lr - Lp) \times Rp}{2} + \frac{(Tr - Tp) \times (Rr - Rp) \times Lp}{2} + \frac{(Tr - Tp) \times (Lr - Lp) \times (Rr - Rp)}{3}$$

Donde:

Lr: Ley real de alimentación

Rr: Recuperación real planta concentradora

$$\text{Mayor Producción (Recuperación)} = (Rr - Rp) \times Tp \times Lp + \text{Efecto combinado}$$

$$\text{Efecto Combinado} = \frac{(Rr - Rp) \times (Tr - Tp) \times Lp}{2} + \frac{(Rr - Rp) \times (Lr - Lp) \times Tp}{2} + \frac{(Rr - Rp) \times (Tr - Tp) \times (Lr - Lp)}{3}$$

Una vez calculada la producción adicional de la iniciativa, se debe calcular el costo marginal asociado a esta y descontarlo para obtener el cobre fino adicional y valorizarlo.

Se asignará como ahorro efectivo sólo el que provenga de parámetros sobre los cuales se haya realizado gestión.

5.3 Reportabilidad

Se deberá generar un reporte mensual global de los ahorros obtenidos, incluyendo planes de acción que aseguren el cumplimiento de la meta anual, este reporte debe ser informado a todos los gerentes y difundido por ellos a sus respectivas áreas. El reporte global debe incluir la siguiente información:

- Nombre de la iniciativa
- Nombre del responsable
- Pilar de ahorro
- Gerencia de origen del ahorro
- Gerencia destino del ahorro
- Ahorro mes.
- Ahorro YTD.
- Estimación de ahorro anual.

5.4 Resumen del programa

A continuación se presenta un resumen del programa de competitividad definido para la planta concentradora:

Tabla 7: Programa de competitividad para la planta concentradora.

Programa de Competitividad Planta Concentradora								
N°	Iniciativa	Pilar de gestión	Causa raíz	Área	Responsable	Ahorro esperado (KUS\$/año)	Inicio	Término
1	Optimización consumo bolas de molienda	Eficiencia de insumos	Confiabilidad	Chancado y molienda	Superintendente conminución	1.140	01-02-2018	01-12-2018
2	Reducción precios liners (Chancado 1°,2°,3°)	Gestión de presupuesto operación y mantenimiento	Confiabilidad	Chancado y molienda	Superintendente conminución	900	01-03-2018	01-12-2018
3	Cambio de proveedor bombas bajo molino	Servicios de terceros	Confiabilidad	Chancado y molienda	Superintendente mantención planta concentradora	1.800	01-02-2018	01-12-2018
4	Negociación de contrato maquinaria	Servicios de terceros	Confiabilidad	Chancado y molienda	Superintendente servicios transversales	2.100	01-02-2018	01-12-2018
6	Recuperación de finos costado de correa overland	Productividad	Recuperación	Flotación	Superintendente flotación	1.500	01-04-2018	01-12-2018
7	Cambio de chancador de Pebbles	Gestión de presupuesto operación y mantenimiento	Confiabilidad	Chancado y molienda	Superintendente mantención planta concentradora	2.300	01-04-2018	01-12-2018
10	Optimización consumo de metabisulfito	Eficiencia de insumos	Recuperación	Flotación	Superintendente flotación	240	01-03-2018	01-12-2018
11	Negociación servicio de mantención columnas de flotación	Servicios de terceros	Confiabilidad	Flotación	Superintendente mantención planta concentradora	460	01-02-2018	01-12-2018
12	Cambio de reactivo para aumentar recuperación de oro	Eficiencia de insumos	Recuperación	Flotación	Superintendente flotación	230	01-02-2018	01-12-2018
13	Optimización consumo específico floculante	Eficiencia de insumos	Recuperación	Relaves	Superintendente relaves	780	01-02-2018	01-12-2018
14	Internalización servicio operación planta concentradora	Estructura organizacional	Estructura organizacional	Todas	Gerente planta concentradora	270	01-02-2018	01-12-2018

6. EVALUACIÓN ECONÓMICA

La Tabla 9: Clasificación y análisis de riesgos del programa de competitividad de la planta concentradora
Tabla 8: Evaluación económica del programa de competitividad para la planta concentradora muestra la evaluación económica del programa de competitividad para la planta concentradora:

Tabla 8: Evaluación económica del programa de competitividad para la planta concentradora

Ítem	Unidad	
Presupuesto 2018 planta concentradora	KUS\$	349.041
Personal adicional para implementación del programa	KUS\$	-
Ahorro programa de competitividad planta concentradora	KUS\$	11.720
Proyección gasto planta concentradora con programa	KUS\$	337.321
Tratamiento presupuesto 2018	Kton	36.511
Costo unitario presupuesto planta concentradora	US\$/ton	9,56
Costo unitario planta concentradora con programa	US\$/ton	9,24
Mejora en costo unitario planta concentradora	%	3,4%

Dado que para el programa se considera la participación de las áreas, el equipo de excelencia operacional y el área de control de gestión como validador, no se requiere presupuesto adicional para su implementación. El monto del ahorro se calcula según la estimación de los ahorros aportados por cada iniciativa mostrada en el programa (Tabla 7: Programa de competitividad para la planta concentradora.), con este valor se estima el costo unitario para la planta concentradora asumiendo que se cumple con el tratamiento del presupuesto. El ahorro de cada iniciativa fue estimado por el área responsable.

De este modo se obtiene que al implementar con éxito el programa de competitividad, es posible disminuir en un 3,4% el costo unitario de la planta concentradora.

Esta evaluación se realiza solo para el costo unitario de la planta concentradora, como se indicó al comienzo del presente trabajo, se requiere levantar las iniciativas de ahorro para cada una de las áreas de Minera Centinela, siguiendo la metodología planteada.

Es importante destacar, que si bien a través de estas iniciativas se obtienen ahorros, estos ahorros deben ser sustentables y no poner en riesgo el funcionamiento de la operación o la vida de las personas, en el capítulo 8 se realiza un análisis de riesgos para el programa de competitividad, generando los planes de acción que aseguren el control de estos.

7. PLAN DE IMPLEMENTACIÓNANÁLISIS DE RIESGO

A continuación se presenta la matriz de análisis de riesgo para el programa de la planta concentradora. Se revisarán en general las iniciativas para posteriormente profundizar el análisis de las de mayor criticidad.

Los riesgos se clasificarán de acuerdo a las siguientes categorías:

1. Económico
2. Seguridad
3. Salud Ocupacional
4. Medio Ambiente
5. Políticas y cumplimiento legal
6. Reputación y entorno

Para clasificar los riesgos del programa e identificar los riesgos más críticos, se asignará para cada uno un nivel de probabilidad e impacto (PxI), para asignar dichos valores se utilizarán como criterio las tablas de los anexos B y C.

La tabla 9 muestra la clasificación de los riesgos levantados en las iniciativas de ahorro:

Tabla 9: Clasificación y análisis de riesgos del programa de competitividad de la planta concentradora

N°	Iniciativa	Riesgos	Tipo de riesgo	P	I	P x I
1	Optimización consumo bolas de molienda	Baja en nivel del molino que provoque daño a los revestimientos	Económico	3	2	6
2	Reducción precios liners (Chancado 1°,2°,3°)	Reducción en la calidad de liners que disminuya la vida útil, aumentando los costos	Económico	3	1	3
3	Cambio de proveedor bombas bajo molino	Reducción en la calidad de las bombas que disminuya la vida útil, aumentando los costos	Económico	4	1	4
4	Negociación de contrato maquinaria	Baja en la calidad del servicio, por reducción de costos del proveedor	Económico	3	1	3
5		Mayor riesgos de seguridad por cambios de estructura en el contrato	Seguridad	3	3	9
6	Recuperación de finos costado de correa overland	Riesgos de seguridad de las personas	Seguridad	3	4	12
7	Cambio de chancador de Pebbles	Riesgos de seguridad de las personas por trabajos de instalación	Seguridad	3	4	12
8		Desconocimiento del nuevo equipo por parte del equipo de operaciones	Económico	3	1	3
9		Retraso en la instalación respecto a lo presupuestado	Económico	3	2	6
10	Optimización consumo de metabisulfito	Disminución de la ley de concentrado con impacto en la producción	Económico	3	1	3
11	Negociación servicio de mantención columnas de flotación	Baja en la calidad del servicio, por reducción de costos del proveedor	Económico	3	1	3
12	Cambio de reactivo para aumentar recuperación de oro	Reducción de la recuperación de cobre	Económico	2	2	4
13	Optimización consumo específico floculante	No cumplimiento de porcentaje de sólidos mínimo acordados con la autoridad	Políticas y cumplimiento legal	3	4	12
14	Internalización servicio operación planta concentradora	Pérdida del know how de la operación	Económico	2	2	4
15		Aumento de accidentabilidad	Seguridad	3	4	12

La Figura 35: Matriz de nivel de riesgo muestra la clasificación de los riesgos para el análisis de probabilidad e impacto. Los riesgos que sean clasificados como “Alto” son críticos y se deben tomar acciones para que sean aceptables.

		Probabilidad				
		1	2	3	4	5
Impacto	5	Moderado	Alto	Alto	Alto	Alto
	4	Moderado	Alto	Alto	Alto	Alto
	3	Bajo	Moderado	Moderado	Moderado	Alto
	2	Bajo	Bajo	Bajo	Moderado	Moderado
	1	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo

Figura 35: Matriz de nivel de riesgo

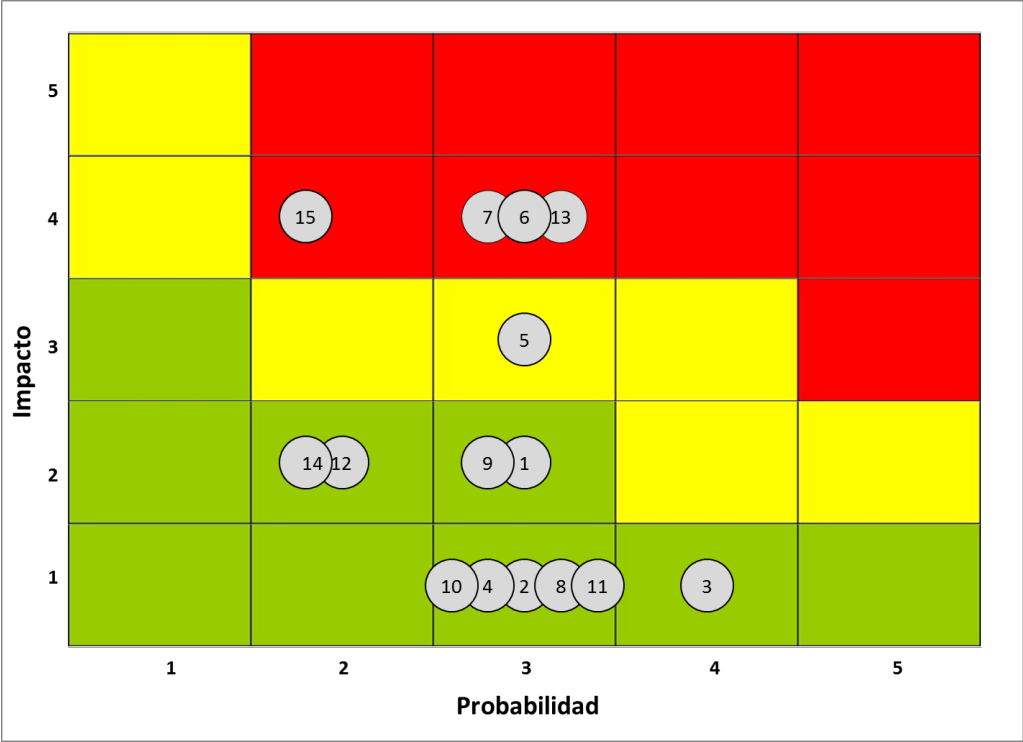


Figura 36: Gráfica de distribución de riesgos en función de su probabilidad e impacto para el programa de competitividad.

7.1 Plan de Mitigación

La Figura 36: Gráfica de distribución de riesgos en función de su probabilidad e impacto para el programa de competitividad. muestra que los riesgos de mayor criticidad son los riesgos 6,7,13 y 15 de la 9, estos riesgos requieren un análisis y plan de acción para disminuir su potencialidad. A modo de ejemplo se realizará un análisis “Bow Tie” para el riesgo número 15.

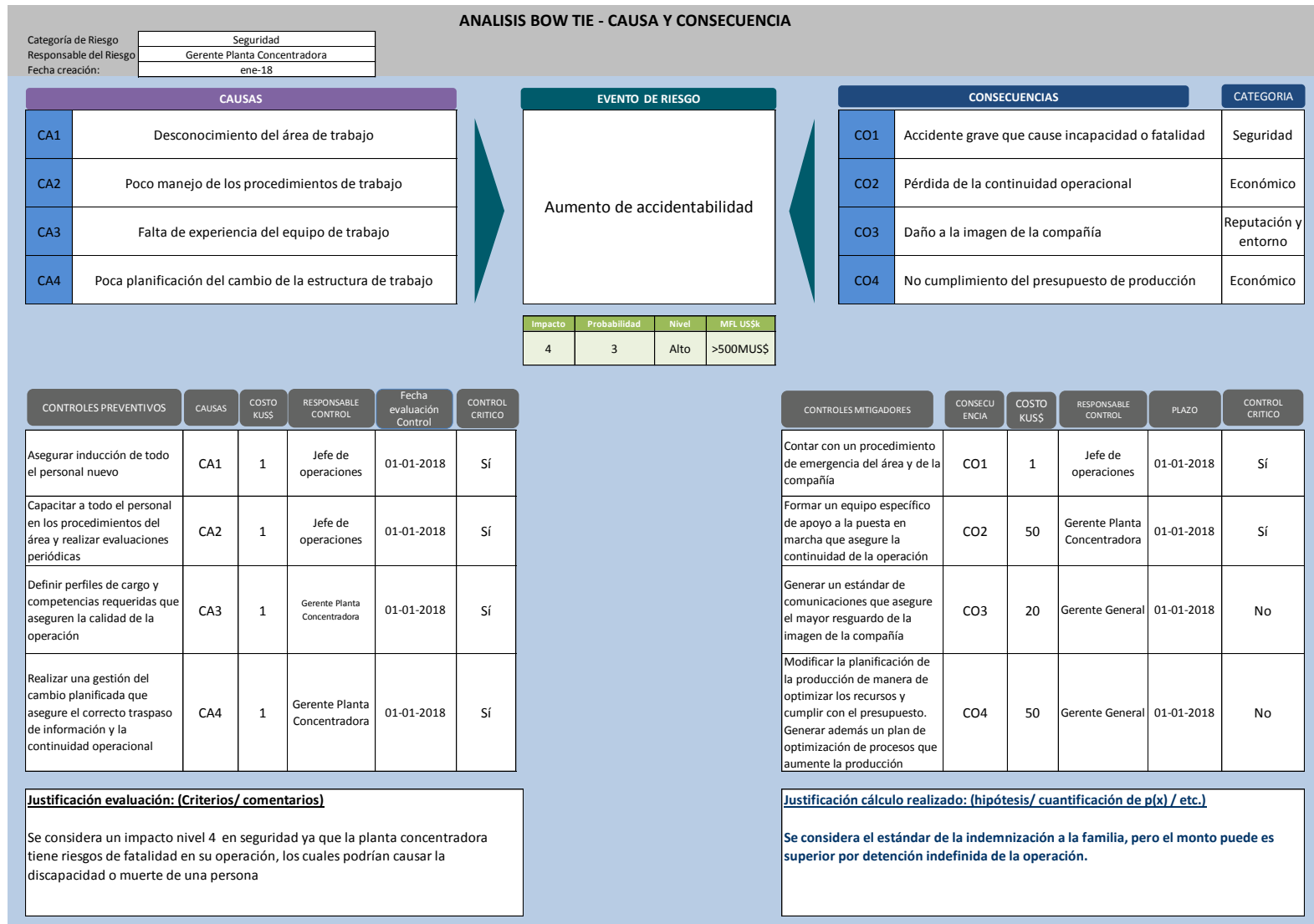


Figura 37: Bow tie para el riesgo “aumento de accidentabilidad” correspondiente a la iniciativa Internalización servicio operación planta concentradora

La iniciativa puede comenzar una vez que se encuentren activos la totalidad de los controles preventivos y mitigadores, de manera de asegurar. El bow tie con su plan de acción se debe aplicar para cada uno de los riesgos levantado.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los estudios de benchmarking analizados indican que Minera Centinela tiene una posición competitiva bajo el promedio de la industria. A través del análisis causa- raíz se identifican las variables claves para cada proceso en la pérdida de competitividad, en el caso de la planta concentradora se levantan como principales causas: confiabilidad de los equipos, baja recuperación, bajo tratamiento de mineral y falta de claridad en la definición de roles, responsabilidades y tratamiento. Estas causas deben ser abordadas con las iniciativas de ahorro.

El análisis de la estructura de costos indica que el 80% del costo se explica por los ítems relevantes: energía, materiales y repuestos, servicios, agua y mano de obra, en base a los cuales se definen los pilares de gestión: eficiencia de insumos, gestión de presupuesto operación y mantenimiento, servicios de terceros, estructura organizacional y productividad.

En base a estos pilares, se levantan iniciativas de gestión que buscan optimizar los contratos de servicios (15% del gasto total de la planta), mejorar la tasa de consumo de insumos como metabisulfito y bolas de molienda (más del 30% del gasto) y buscar mejores alternativas en materiales y repuestos que entreguen un menor gasto y aumenten la vida útil, mejorando consecuentemente la confiabilidad planta, para aumentar el mineral tratado y así hacerla más competitiva.

Las iniciativas deben ser controladas en una ficha individual y reportadas a los gerentes de cada área mediante un reporte general que entregue el total de los ahorros obtenidos y un detalle por gerencia, de manera que cada gerencia se haga responsable del cumplimiento.

En un trabajo conjunto con las áreas responsables, se realiza una proyección del ahorro que entregará cada iniciativa, para medir el impacto en el costo unitario. En el caso analizado de la planta concentradora, el programa proyecta una mejora de un 3,4% en el costo unitario, pasando de un costo de 9,56 US\$/ton a 9,24 US\$/ton, y dejándola mejor posicionada dentro de la industria.

Se realiza un análisis de riesgo de las iniciativas levantadas, identificando los de mayor probabilidad e impacto, para ello se definen las categorías de riesgo: económico, seguridad, salud ocupacional, medio ambiente, políticas y cumplimiento legal y reputación y entorno. Una vez analizadas las causas, y el impacto, se generan los controles preventivos y mitigadores (gestiones de cambio para cada iniciativa, pruebas de laboratorio e industriales que aseguren la performance de la planta ante nuevos insumos y materiales, entre otros) que mantengan controlado el riesgo y aseguren el éxito de la iniciativa.

El programa de competitividad y costos permite identificar las causas raíz que llevan a la pérdida de competitividad de la planta concentradora, además entrega un foco de acción para atacar estas causas, gestionando los ítems de mayor impacto en el costo y la productividad. Este programa

debe ser aplicado a todas las áreas de Minera Centinela, de manera de mejorar su competitividad a nivel global dentro de la industria.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. UNIVERSIDAD DE CHILE. Pauta para la normalización de Tesis de Grado o Titulación FCFM Santiago, Chile, 2012. 10p.
2. RESÉNDIZ Olgún, Enrique. Lean Manufacturing como un sistema de trabajo en la industria manufacturera: Un estudio de caso. Tesis (Programa de Maestría Y Doctorado En Ingeniería). México. Universidad autónoma de México, Facultad de Ingeniería, 2009. 80h.
3. SIBIB Universidad de Chile. Guía para la Redacción de Referencias Bibliográficas. Santiago, Chile, 2009. 13p.
4. DE GIORGIS Paris, Valentina. Competitividad de la industria minera. Análisis de las problemáticas de la minería chilena. Tesis (Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales). Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias urídicas y Sociales, 2016. 147h.
5. COCHILCO. Costos y competitividad de la industria minera. Dirección de Estudios y Políticas, 2015.
[https://www.cochilco.cl/Listado%20Temtico/20150715%20Competitividad%20de%20la%20minería%20\(VF-2017\).pdf](https://www.cochilco.cl/Listado%20Temtico/20150715%20Competitividad%20de%20la%20minería%20(VF-2017).pdf) [consulta: agosto 2017]
6. COCHILCO. Caracterización de los costos de la gran minería del cobre. Dirección de Estudios y Políticas, 2015.
https://www.cochilco.cl/Listado%20Temtico/Informe_caracterizacion_de_los_costos.pdf [consulta: agosto 2017]
7. CASTILLO Ruedlinger, Gustavo. Implementación de metodologías lean en desarrollo minero. Tesis (Magister en Ciencias de la Ingeniería). Santiago, Chile. Universidad Católica de Chile, Escuela de Ingeniería, 2013. 143h.
8. SEPÚLVEDA Wetzels, Johnny Richard. Aplicación de lean management al ciclo de maduración en una empresa industrial. Tesis (Magister en Gestión y Dirección de Empresas). Santiago, Chile. Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería Industrial, 2008. 39h.

9. BCG TRAINING. Redefiniendo el Gasto Externo - Contracting Academy. Chile, Minera Centinela, 2017.

10. ANEXOS

ANEXO A

PROGRAMA COMPETITIVIDAD Y COSTOS (PCC)													
INFORMACIÓN GENERAL						INFORMACIÓN AHORRO			US\$m		Línea Base Utilizada		
Compañía: CEN						Ahorro Anual			2017				
Nombre Iniciativa: Optimización Consumo Especifico Bolas													
Pilar de gestión: Eficiencia de Insumos													
Status: EJECUCION													
Centros de Costos								0%		Gerencia Origen: Planta Concentradora			
								0%					
								0%					
								0%					
Responsable: Superintendente molienda													
Gerencia Destino: Planta Concentradora													
Descripción/Observaciones													
Reducción del CE Bolas ; apunta a mantener consumos históricos y mejora de condiciones operacionales de molienda, adicionalmente busca proteger revestimientos y evitar quiebre de bolas													
Indicadores Monetarios													
		ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sep-18	oct-18	nov-18	dic-18
Tipo Cambio	Real 2018				0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ppto 2018	656	656	656	656	656	656	656	656	656	649	649	649
IPC	Real 2018	117	117	117	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ppto 2018	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116
CPI	Real 2018	248	249	250	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ppto 2018	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245
Fac Aj. TC	Ppto	1,08	1,10	1,09	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Real 2016	1,09	1,08	1,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Aj. Ppto 2016	Fac Aj. TC/IPC	1,10	1,11	1,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Fac Aj. CPI	1,01	1,02	1,02	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Aj. Real 2016	Fac Aj. TC/IPC	1,12	1,10	1,11	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Fac Aj. CPI	1,01	1,02	1,02	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
		Activador mes (1=activo)											
		ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sep-18	oct-18	nov-18	dic-18
Línea Base y Estimación de Ahorro													
Gasto Total Asociado													
	US\$K	Real 2018											
		Ppto											
		Ppto Ajust.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P Tarifa bolas	US\$/ton	Real 2018	832	509	833	842	770	887	891	895	902	903	907
		Ppto	782	783	784	786	787	788	790	791	792	794	795
		Ppto Ajust.	792	797	802	786	787	788	790	791	792	794	795
Q Cantidad consumida del insumo/servicio	unidad	Real 2018	1.176	572	944	883	951	839	1.015	652	1.050	832	942
		Ppto	1.184	1.146	999	1.193	1.211	1.185	1.237	1.220	1.048	1.235	1.183
q Material molido	unidad	Real 2018	3.097	2.636	2.298	2.670	3.052	2.664	2.730	2.771	2.396	2.586	2.906
		Ppto	3.117	3.016	2.629	3.139	3.186	3.117	3.256	3.209	2.759	3.251	3.112
R KPI consumo de bolas/material molido	KPI	Real 2018	380	217	411	331	312	315	372	235	438	322	324
		Ppto	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380
Inversión asociada	US\$m	Real 2018											
		Ppto											
Ahorro Materializado Contra Ppto 2018 Ajustado	US\$m	Ppto											
Elaborada por:			Revisada por:			Aprobada por (Area Gestora):							
Nombre:			Nombre:			Nombre:							
Cargo:			Cargo:			Cargo:							
Fecha:			Fecha:			Fecha:							
Firma:			Firma:			Firma:							

ANEXO B: Tabla de niveles de probabilidad

Tabla de Evaluación de Probabilidad de Ocurrencia de un Riesgo		
Nivel Criticidad	Cualitativo	Cuantitativo
1	Sólo en circunstancias extremas	Una o dos veces cada 50 años
2	No ha sucedido todavía pero podría suceder	Una o dos veces cada 10 años
3	Podría suceder y ha sucedido aquí o en otra Compañía	Una o dos veces al año
4	Podría suceder fácilmente	Una vez al mes o más
5	Pasa a menudo	Una vez a la semana

ANEXO C: Tabla de niveles de impacto

Nivel	Factor de Impacto Económico	Seguridad	Salud Ocupacional	Medio Ambiente	Políticas y Cumplimiento Legal	Reputación y Entorno Socio-Económico
	Sobre EBITDA (Ppto año)					
1	0,15% Insignificante	Accidente menor que no requiere tratamiento médico	Enfermedad ocupacional menor que no requiere tratamiento médico	Daño limitado a un área reducida con baja significancia y fácil de reparar.	Transgresiones o incumplimientos que, se estima, no darán lugar a sanciones monetarias.	Impacto menor o sin inconveniencia para la comunidad en el área afectada. Sin cambio socio-económico.
2	0,15 %– 3% Menor	Accidente menor que requiere tratamiento médico (STP)	Enfermedad ocupacional que requiere tratamiento médico o asistencia de un especialista (STP)	Daño ambiental menor, localizado y reversible.	Transgresiones o incumplimientos que se espera tengan una sanción o resultado adverso inferior a un 0,15% del EBITDA.	Molestia pública en la comunidad afectada. Cambio socio-económicos menor.
3	3% - 10% Moderado	Accidente que requiere tratamiento médico (CTP) Accidente que cause incapacidad temporal Accidente que cause incapacidad permanente menor a un 40%).	Enfermedad ocupacional que requiera tratamiento médico o asistencia de un especialista (CTP) Enfermedad ocupacional que cause incapacidad temporal Enfermedad ocupacional que cause incapacidad permanente menor a un 40%	Daño moderado, de efecto de corto plazo y reversible.	Transgresiones o incumplimientos que razonablemente puedan llevar a una formalización penal o se espera tengan una sanción o resultado adverso entre un 0,15%-3% del EBITDA	Atención mediática local limitada y/o molestia pública en la comunidad afectada. Cambio socio-económico limitado.
4	10% - 100% Mayor	Accidente que causa una incapacidad permanente mayor al 40% o una fatalidad	Enfermedad ocupacional que cause una incapacidad permanente, mayor a un 40% o una fatalidad	Daños ambientales serios con efectos en el mediano plazo, extenso y reversible.	Transgresiones o incumplimientos a normas de la ley 20.393, Antibrigbery Act o similar; que razonablemente puedan llevar a una condena penal o se espera tengan una sanción o resultado adverso superior a un 3% del EBITDA.	Titulares de alcance nacional, impacto serios a la relación con las comunidades. Atención de ONG's de alto nivel. Cambio socio-económico significativo.
5	>100% Catastrófico	Accidente que cause fatalidades múltiples.	Enfermedad ocupacional que cause una incapacidad total o la muerte a más de un trabajador	Daño ambiental grave al ecosistema con impacto a largo plazo, extenso e irreversible.	Transgresiones o incumplimientos que razonablemente puedan llevar a una suspensión, revocación o pérdida de los permisos para operar.	Titulares de alcance internacional, relación con las comunidades interrumpidas. Atención de ONG's de nivel significativo. Cambio socio-económico masivo