



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

PRODUCTIVIDAD EN LA GRAN MINERÍA DEL COBRE EN CHILE:
DEL DIAGNOSTICO A LOS PLANES DE ACCIÓN

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

JUAN ESTEBAN DIDES ZAROR

PROFESOR GUÍA:
LUIS ZAVIEZO SCHWARTZMAN

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
LORETO BURGOS RODRIGUEZ
CRISTIAN MARCELO CHANDIA PARRA

SANTIAGO DE CHILE
2018

RESUMEN EJECUTIVO

Para las empresas en la industria minera del cobre, fuera de la calidad del yacimiento, la eficiencia del proceso productivo es probablemente la variable más crítica respecto a su desempeño y sustentabilidad económica. En los últimos años, diversos estudios han evidenciado una tendencia negativa en los indicadores de productividad, generando gran preocupación por la gran relevancia del sector minero en la economía local. El 22 de junio de 2017, Comisión Nacional de Productividad (CNP) publicó el estudio "Productividad de la Gran Minería del Cobre en Chile", que incluye 54 recomendaciones para elevar la productividad, 14 de las cuales son gestionables por las empresas.

El objetivo de la presente tesis es diseñar una metodología que permita desarrollar planes de acción concretos para aumentar la productividad, a partir de las recomendaciones del estudio de la CNP (clasificadas como gestionables por las empresas), para casos particulares de empresas mineras a nivel nacional; y adicionalmente, desarrollar su aplicación en un caso real.

La metodología DAPA (del Diagnóstico A los Planes de Acción) se compone de cinco pasos y cinco características (aspectos que aseguran su éxito):

- Paso 1. Evaluación del Diagnóstico: verificar la recomendación de la CNP
- Paso 2. Generación de Iniciativas: explorar posibles soluciones
- Paso 3. Evaluación de Iniciativas: técnica, económica y política
- Paso 4. Priorización de Iniciativas: ordenar y seleccionar iniciativas
- Paso 5. Definición del Plan de Acción: implementación y gestión del cambio
 - Car. 1. Integración a la compañía: evitar introducir herramientas ajenas
 - Car. 2. Patrocinio de ejecutivos: apoyo y compromiso; generar incentivos
 - Car. 3. Proceso cíclico: no existe una iniciativa que solucione todo
 - Car. 4. Proceso escalonado: iniciativas acorde a la madurez del equipo
 - Car. 5. Proceso focalizado: centrar los esfuerzos donde corresponde

La metodología fue aplicada en forma exitosa en la mina Resplandor, para la recomendación de la CNP de mejorar la adhesión y cumplimiento de planes, identificando una brecha en la extracción de la mina que representa un beneficio potencial de US\$72m. La aplicación de la metodología permitió generar planes de acción, que en caso de ser implementados, entregarían beneficios estimados por US\$26m. Adicionalmente, el desarrollo de este caso, permitió realizar hallazgos importantes de los cuales se desprenden algunas recomendaciones, tales como, incorporar la metodología DAPA en el ciclo de planificación estratégico de la compañía.

DEDICATORIA

Dedicada a mi hija Isidora, quien a veces sintió la ausencia de su padre por estar dedicado a los estudios, y a mi hijo Juan José, quien nació casi al finalizar el programa (¡me debes un viaje a China!).

Dedicado a mis padres, a quienes les debo todo y que siempre fomentaron en mí el estudio y libre pensamiento; sin ese impulso, difícilmente hoy disfrutaría tanto del estudio y aprendizaje. Aunque nunca vayan a leer este trabajo, sé que estarían orgullosos del resultado.

Dedicado a mi mujer, María José, a quien realmente le gustará e interesará este trabajo, por la afinidad con sus gustos y la gran cantidad de veces que me ha escuchado describirlo y explicarlo.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer profundamente y con especial cariño a la empresa a la que pertenezco, Anglo American, por brindarme la oportunidad de participar del programa MBA versión Industria Minera. Valoro enormemente el apoyo financiero y los tiempos otorgados para el desarrollo adecuada a todas las actividades relacionadas a este.

En forma muy especial, me gustaría agradecer a Juan Carlos Román, Vicepresidente de Sustentabilidad y Productividad de Anglo American Chile, quién me recomendó para desarrollar este programa; su constante apoyo y consejo fueron fundamentales a través de todo el programa.

Mi mayor agradecimiento va dirigido hacia mi Cotita, por su infinita paciencia, permanente preocupación, incondicional apoyo y sabio consejo. Espero que cambie su opinión respecto a no apoyarme en futuros programas de estudio.

TABLA DE CONTENIDO

1.	Introducción	1
1.1.	El proceso productivo en la minería del cobre	1
1.2.	Ventajas comparativas y competitivas en la minería del cobre	3
1.3.	Productividad en la industria minera del cobre	6
1.4.	Indicadores de productividad minera de Chile en los últimos años	7
1.5.	Comisión Nacional de Productividad	11
1.6.	Informe de la CNP sobre Productividad en la industria mineral del cobre en Chile	13
2.	Justificación, objetivos y alcances de la investigación	16
2.1.	Justificación de la investigación	16
2.2.	Objetivo general	17
2.3.	Objetivos específicos	17
2.4.	Alcances de la investigación	17
3.	Marco Conceptual	19
3.1.	Productividad	19
4.	Metodología	20
5.	Propuesta de la Metodología DAPA (Diagnóstico a Planes de Acción)	21
5.1.	Propuesta de metodología DAPA	21
5.2.	Revisión detallada de los pasos de la metodología DAPA	23
5.3.	Revisión detallada de las características de la metodología DAPA	28
6.	Aplicación de la metodología DAPA a un caso real	31
7.	Resultados de la aplicación a un caso real	33
7.1.	Resultados de los pasos de la metodología DAPA	33
7.2.	Resultados de las características de la metodología DAPA	38
7.3.	Estimación de los beneficios de la implementación	39

8.	Conclusiones y Recomendaciones	42
8.1.	Principales conclusiones respecto a la metodología DAPA	42
8.2.	Incorporación del proceso en la planificación estratégica	44
9.	Glosario	45
10.	Bibliografía	46

ÍNDICE DE TABLAS

Figura 1.1. Cadena de valor para una operación minera de cobre.	3
Figura 1.2. Curva de costos directos de la industria del cobre 2016 en base a operaciones mineras (en dólares nominales 2016)	5
Figura 1.3. Ley de mineral de cobre promedio en Chile	8
Figura 1.4. Evolución anual de la PTF para la minería del cobre en Chile, asilando variables exógenas al proceso.	9
Figura 1.5. Curva de costos directos de la industria del cobre 2000 en base a países (en dólares nominales 2000)	10
Figura 1.6. Curva de costos directos de la industria del cobre 2016 en base a países (en dólares nominales 2016)	10
Figura 1.7. Logo de la CNP y foto de su Presidente	11
Figura 1.8. Presidente de la CNP hace entrega del informe final del estudio de la CNP al Gobierno de Chile (22 de mayo de 2017).	12
Figura 1.9. Evolución de la Productividad Total de Factores en la Gran Minería del cobre en Chile	13
Figura 1.10. Evolución del Índice de Material Movido por Trabajador en Australia, Chile, Perú y EE.UU.	14
Figura 6.1. Operación Resplandor (imagen referencial)	31
Figura 6.2. Cumplimiento planes de extracción mina en Resplandor	32
Figura 7.1. Árbol de valor de Resplandor	33
Figura 7.2. Taller de <i>Brainstorming</i>	36
Figura 7.3. Selección y priorización de iniciativas	37
Figura 7.4. Plan de acción de detalle para iniciativas	38
Figura 7.5. Simulación iniciativa Rotonda Inf5/Cas2	40

1. INTRODUCCIÓN

1.1 EL PROCESO PRODUCTIVO EN LA MINERÍA DEL COBRE

El negocio minero comienza con la exploración, que consiste en la búsqueda de yacimientos minerales, es decir, una formación geológica con una concentración alta (estadísticamente anómala) de algún mineral. Una vez que se descubre un yacimiento y se tiene una idea de las dimensiones del depósito mineral, se formula un proyecto minero, el cual busca determinar la mejor forma de explotar los recursos minerales, evaluando las diferentes alternativas en todos sus aspectos (factibilidad técnica, rentabilidad económica, marco regulatorio, normas ambientales, condiciones sociales, entre muchos otros). Una vez que el proyecto minero cumple sus distintas fases de estudio y obtiene los permisos requeridos, puede ser construido y pasar a ser una operación minera, si sus dueños así lo desean. La operación minera consiste en la explotación de los recursos minerales y su transformación a productos comercializables. Finalmente, una vez que la operación minera llega a su fin, se procede con el cierre de faena, el cual busca rehabilitar las áreas donde se realizó la explotación minera, resguardando la vida, seguridad y salud de las personas y del medio ambiente.

La operación minera corresponde a la etapa más conocida del negocio minero, ya que es en el cual la mina se encuentra en operación y el mineral de interés es "producido". Los procesos y actividades que se realizan como parte de la explotación minera y transformación a un producto comercializable, no son iguales en todas las minas y varían en forma importante dependiendo de varios factores, pero principalmente de acuerdo al mineral que se quiere explotar.

Para el caso particular del cobre, a continuación se indican los principales procesos de la operación minera y una breve descripción de cada uno:

- Planificación: consiste en planificar las actividades que deben ejecutar las áreas operativas, tanto en el corto como en el largo plazo, con el fin de asegurar un funcionamiento coordinado de toda la cadena productiva y que genere, en forma sustentable, el mayor valor para los accionistas. Las decisiones que se toman como parte de este proceso, tienen implicancias fundamentales en el negocio minero y determinan cosas tales como: la intensidad de actividad y las metas productivas de

cada proceso, los niveles de inventario entre procesos, la secuencia y límites de explotación del depósito mineral, entre muchos otros.

- Operaciones mina: básicamente, lo que se busca es poder hacerse de las rocas con alto contenido mineral y transportarlas hasta la planta de procesamiento. Las minas pueden explotarse a rajo abierto o en forma subterránea, dependiendo de algunas características del yacimiento, tales como su profundidad. Los procesos unitarios de una operación minera dependerán del método de explotación. Por ejemplo, en una mina a rajo abierto, la primera actividad es la perforación, que consiste en realizar hoyos en las rocas, los cuales son posteriormente cargados con explosivos y detonados (lo cual se conoce como tronadura), para así fragmentar las rocas hasta un tamaño adecuado para que los equipos mineros, tanto de carguío como de transporte, puedan cargarlos y transportarlos. El destino de las rocas fragmentadas pueden ser tres y dependerán del contenido de cobre (llamado ley de cobre) y otros minerales de interés en estas: las rocas con un contenido de cobre suficientemente alto que permita procesarlas en forma económicamente conveniente, son llamadas "mineral" y son transportadas a la planta de procesamiento o a los inventarios de mineral; por otro lado, las rocas con un contenido de cobre insuficiente para permitir procesarlas en forma económicamente conveniente, son llamadas "estéril" (o también lastre) y son transportadas al botadero.
- Procesamiento de minerales oxidados: los minerales oxidados son resultado de la oxidación y descomposición de los minerales sulfurados, y como se encuentran relativamente cerca de la superficie, generalmente son los primeros en ser explotados. El tratamiento de los minerales oxidados se realiza a través del proceso hidrometalúrgico de lixiviación, para lo cual los minerales son apilados y luego sometidos a una disolución de agua y ácido sulfúrico. Posteriormente, la solución resultante del proceso de lixiviación, se procesa en una planta de extracción por solventes (planta SX), con el objetivo de aumentar su concentración de cobre y disminuir impurezas. Finalmente, la solución electrolito que se obtiene como producto de la planta SX, se procesa en una planta de electroobtención (planta EW), la cual a través de un proceso electroquímico produce cátodos de cobre de alta pureza.
- Procesamiento de minerales sulfurados: generalmente, los minerales sulfuros de cobre se encuentran a una mayor profundidad que los minerales óxidos. Estos son tratados inicialmente en una planta concentradora, donde primero son sometidos a procesos de conminución (chancado y molienda), con el objetivo de reducir el tamaño de material hasta unas decenas de micrones y así lograr la

“liberación” de las partículas de cobre, es decir, separarlas del resto de la roca para posteriormente recuperarlas a través de un proceso físico-químico llamado flotación. Como resultado de estos procesos, se obtiene un concentrado de cobre (roca finamente molida con un contenido de cobre, que si bien varía, generalmente es de aproximadamente 30% y que puede contener otros metales valiosos como oro y plata) el cual es ya un producto comercializable; por esta razón, muchas empresas mineras llegan hasta este proceso y luego venden su concentrado a fundiciones de cobre de otras compañías. Las fundiciones someten el concentrado de cobre a procesos pirometalúrgicos, en los cuales separan el cobre metálico de otros minerales contenidos en los concentrados de cobre, principalmente fierro y azufre, obteniendo como resultado del proceso ánodos de cobre, con un pureza entre 98 y 99,5%, los cuales también son un producto comercializable y pueden ser vendidos a las refinerías de cobre. Finalmente, la refinación consiste en someter a los ánodos de cobre a un proceso electroquímico para obtener cátodos de cobre con una pureza de 99,99%, el cual es el producto final.

- Logística y ventas: la función de logística se preocupa de realizar el transporte de los productos de cobre desde la planta hasta el cliente. Respecto a la función de ventas, si bien el cobre es un bien genérico cuyo precio se determina en mercados bursátiles, los productos finales tienen diferentes características que, en caso de ser positivas (por ejemplo, una alta pureza o contenido de metales preciosos), otorgan la oportunidad de obtener premios por sobre el precio transado en bolsa; en forma contraria, las características negativas, tales como un bajo contenido de cobre o la presencia de impurezas (e.g., arsénico), generan castigos respecto al precio transado en bolsa.
- Funciones de soporte: corresponden a todas las funciones, transversales al proceso productivo, que buscan que este se desarrolle en forma continua y eficiente, entre ellas se encuentran las áreas de: Recursos Humanos, Proyectos, Permisos, Medio Ambiente, Finanzas, Control de Gestión, Legal, Asuntos Externos, Servicios Técnicos, entre muchas otras.

A continuación, la Imagen 1.1 muestra la cadena de valor genérica, resumida y no exhaustiva, para una operación minera de cobre. Una descripción bastante más detallada del proceso productivo del cobre y otros temas relacionados puede encontrarse en el sitio web www.codelcoeduca.cl.

Figura 1.1. Cadena de valor para una operación minera de cobre.



Fuente: elaboración propia.

1.2 VENTAJAS COMPARATIVAS Y COMPETITIVAS EN LA MINERÍA DEL COBRE

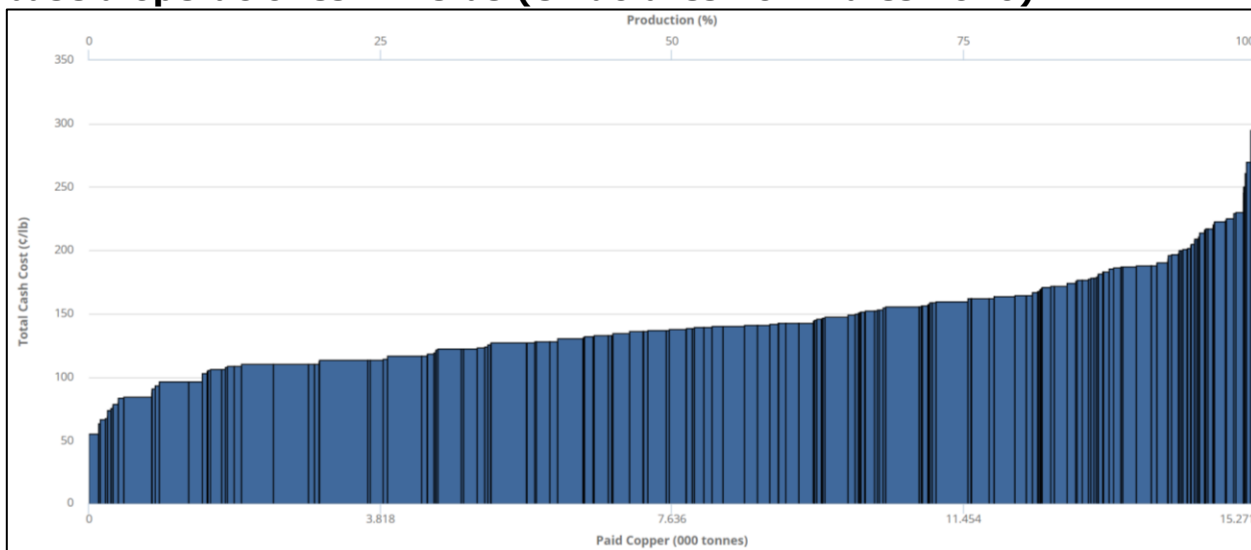
El cobre es un *commodity* o bien genérico, por lo que las empresas de la minería del cobre no compiten en el producto final¹, sino que las ventajas comparativas y competitivas se relacionan a la eficiencia de los procesos productivos y se reflejan en sus resultantes costos de operación. En una industria en la cual el precio de sus productos es una variable exógena y sobre la cual las empresas no tienen control, contar con este tipo de ventajas se hace crítico para su desempeño y sustentabilidad económica.

En primer lugar, respecto al desempeño económico, la eficiencia con la cual una empresa en la industria del cobre opera sus activos, determinará en gran medida sus costos de producción y, consecuentemente, el margen de venta de sus productos (dado que no tiene control sobre el precio de venta). Por otro lado, respecto a la sustentabilidad económica, la industria minera del cobre compite principalmente por costos, por lo que una mayor eficiencia del proceso productivo permite a las empresas posicionarse mejor en la curva de costos de la industria. Una mejor posición en la curva de costos de la industria otorga dos ventajas fundamentales, a saber, mayor robustez ante cambios en el precio del cobre y protección ante la entrada de nuevos proyectos o tratamiento de chatarra. La Imagen 1.2 más abajo muestra la curva de costos de la industria del cobre del año 2016 en base a las operaciones mineras; es decir, cada barra representa una operación minera productora de cobre, donde el ancho de la barra es la cantidad producida y el alto de la barra es el costo directo de producción (las operaciones mineras están ordenadas de menor a mayor costo de producción). Si se considera un precio de cobre dado, todas las operaciones con costos mayores al precio

¹ Respecto a la afirmación que el cobre es un bien genérico, no es completamente cierta ni compartida a través de toda la industria. En el caso de los concentrados de cobre, las características de estos (pureza, contenido de otros metales valiosos, contenido de impurezas, entre otros) es un factor diferenciador significativo. En el caso de los cátodos de cobre, si bien es un producto más estandarizado, el esfuerzo que está realizando Codelco por desarrollar un cobre “verde” es un claro ejemplo por tratar de diferenciar su producto (ver piloto en División Gaby).

(posicionadas en la curva de la industria a la derecha del cruce entre precio y costo directo) generarán pérdidas, algunas podrían hasta cerrar, restringiendo la oferta de cobre y presionando el precio al alza. Así, es claro que una operación con una buena posición en la curva de costos (hacia la izquierda) será más robusta ante caídas en el precio del cobre. Por otro lado, la entrada de un nuevo productor, desplaza todas las operaciones mineras con costos mayores que este hacia la derecha, empeorando su posición relativa y volviéndolas menos competitivas, mientras que las operaciones con costos menores, no se verán afectadas por este nuevo productor. De esta forma, un buen posicionamiento en la curva de costos de la industria asegura la sustentabilidad económica en el largo plazo.

Figura 1.2. Curva de costos directos de la industria del cobre 2016 en base a operaciones mineras (en dólares nominales 2016)



Fuente: S&P Global Market Intelligence

En la industria minera, la ventaja comparativa más importante es la calidad del yacimiento. Lo anterior aplica a todos los minerales y no es exclusivo a la industria del cobre. Generalmente, la calidad del yacimiento se asocia a lo que se denomina “ley del mineral”, que corresponde al contenido del material valioso en el total de la roca; a modo de ejemplo, si una roca de una tonelada contiene diez kilogramos de cobre y cien gramos de oro, significa que esa roca tiene una ley de cobre de 1% y una ley de oro de 100 g/ton. En este sentido, una mina con una ley de cobre el doble de otra, requiere hacer la mitad de trabajo (o con la mitad de la eficiencia) para producir la misma cantidad de cobre, con todo lo demás constante. Si bien la ley del mineral es quizás la variable más importante relativa a la calidad del yacimiento, no es la única, y existen otras características que pueden

generar ventajas comparativas significativas relacionadas a este factor, por ejemplo, la presencia de algún mineral secundario de alto valor que pueda ser obtenido como subproducto, la dureza del mineral, entre otros.

Un aspecto relevante respecto a la calidad del yacimiento, es que esta no es constante y disminuye en el tiempo. Por diseño, las operaciones mineras siempre buscarán extraer lo antes posible los minerales que entregan mayores beneficios, haciendo que la calidad sea decreciente en el tiempo. A medida que la profundidad de un rajo aumenta, las distancias de transporte y dureza del mineral aumentan, disminuyendo la capacidad de los equipos. Por lo tanto, si bien la calidad del yacimiento es la ventaja comparativa más importante en la industria minera, no es sostenible en el tiempo y por tanto no asegura la sustentabilidad económica del negocio en el largo plazo. Por otro lado, la calidad del yacimiento no es algo que pueda gestionarse, viene dada por la naturaleza, y nada tiene que ver con la habilidad del geólogo que realiza el descubrimiento. Si bien contar con buenos geólogos, y tener una alta capacidad y efectividad para realizar descubrimientos geológicos es una ventaja competitiva, esto se relaciona a la etapa de exploración, ya que durante la etapa de operación minera esto ya está determinado.

Las ventajas competitivas, por su parte, en la minería del cobre están relacionadas a la forma en que las cosas se hacen. Ahora bien, como se explicó en el apartado anterior, las principales actividades que componen el proceso productivo del cobre están bastante estandarizadas y son similares en toda la industria minera del cobre. De esta forma, la eficiencia con que se ejecutan estas actividades, o pequeñas variaciones que producen mejoras en ellas, son probablemente la ventaja competitiva más relevante para la industria minera del cobre.

1.3 PRODUCTIVIDAD EN LA INDUSTRIA MINERA DEL COBRE

Uno de los indicadores comúnmente usado para medir la eficiencia de un proceso productivo es la productividad. Ésta puede ser definida como la relación entre la cantidad de producto generado y los recursos utilizados en un sistema productivo. De esta forma, el indicador de productividad entrega la ventaja de ser muy flexible, ya que puede ser aplicado a un sistema productivo o a un proceso específico dentro de este, como así también a todos los recursos involucrados en el proceso o a alguno en específico. Por la razón anterior, es importante tener presente que para hacer un uso adecuado de este indicador, se debe definir apropiadamente en cada caso.

Definir indicadores de productividad no es una tarea trivial y dependerá del objetivo que se quiera cumplir con el uso de este indicador. En la industria minera del cobre, esto es particularmente difícil, debido a la alta complejidad del proceso y la gran cantidad de variables que intervienen (algunas altamente interrelacionadas), por lo que se debe proceder en forma cuidadosa. A modo de ejemplo, un indicador típico de productividad del factor trabajo, aplicado en todo tipo de industrias, es la cantidad de producto producido por trabajador. Este indicador de productividad es utilizado en la industria mineral del cobre, para lo cual se considera la producción de cobre y la cantidad de trabajadores propios y contratistas involucrados en los procesos de producción y áreas de soporte; así, por ejemplo, en el año 2015 durante la inauguración oficial de la División Ministro Hales de Codelco, su Presidente Ejecutivo, Nelson Pizarro destacó que “en un solo año de funcionamiento, Ministro Hales es nuestra operación más productiva, expresado en 67 toneladas de cobre fino por persona, esto es, un 70% por sobre el indicador de productividad de toda la Corporación”. Un problema de este indicador, es que está altamente influenciado por la ley del mineral, característica que no es atribuible al factor trabajo. Continuando con el citado ejemplo, Ministro Hales es la División de Codelco con la mayor ley de cobre, en particular, es aproximadamente tres veces la ley del mineral de División Gabriela Mistral, mientras que la productividad expresada en cobre fino por persona está por sobre la mitad de la mencionada para Ministro Hales; de esta forma, si se normalizara considerando la ley de mineral de ambos yacimientos, se encontraría que el indicador de productividad de la División Gabriela Mistral está por sobre el de la División Ministro Hales. Si bien el indicador informado por Nelson Pizarro es correcto, no debe ser entendido en el sentido que los trabajadores de División Ministro Hales ejecutan sus actividades de una forma más eficiente que los de División Gabriela Mistral; tampoco debe entenderse lo contrario simplemente por el resultado que se obtiene al normalizar por la ley del mineral, únicamente se quiere reforzar aquí lo problemático que puede ser definir un indicador de productividad para la industria minera. Una manera de evitar este tipo problemas, es definir más de un indicador de productividad para un objetivo específico y revisar la consistencia entre ellos.

1.4 INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD MINERA DE CHILE EN LOS ÚLTIMOS AÑOS

En los últimos años, diversos estudios han evidenciado una tendencia negativa en los indicadores de productividad de la industria minera del cobre nacional. Por ejemplo, ya en el año 2012, el ex presidente ejecutivo de Codelco, José Pablo Arellano, indicaba a través de un estudio del CIEPLAN, que la productividad por trabajador en la minería del cobre nacional, en términos de cobre fino por persona, disminuyó cerca de un 37% entre el año

2003 y 2011, es decir, cayó a un ritmo aproximado de 5,5% anual en dicho periodo. Este indicador de productividad (cobre fino por persona) está influido por la ley del mineral, la cual disminuyó un 33% durante el periodo de estudio (de acuerdo a la misma fuente), y ha continuado disminuyendo desde la realización de este, como se puede apreciar en la Figura 1.3 a continuación, haciendo que esta tendencia negativa se mantenga en el tiempo más allá del periodo del estudio.

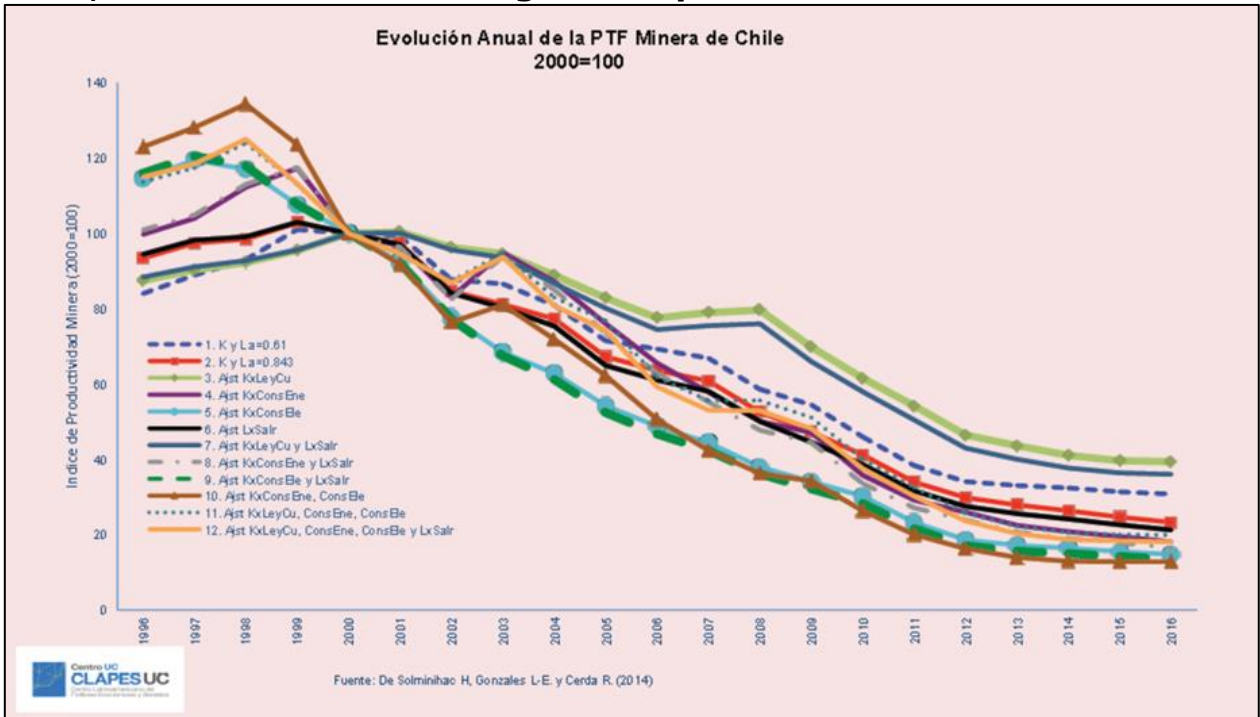
Figura 1.3. Ley de mineral de cobre promedio en Chile



Fuente: Elaboración propia, en base a datos de Cochilco

La tendencia negativa de la productividad en la industria nacional del cobre, puede ser observada a través de otros indicadores. En particular, la productividad medida por producción de cobre fino por persona, presenta la característica de estar influido por la ley del mineral, la cual es una variable exógena al proceso minero y está fuera del ámbito de la gestión. Considerando lo anterior, el Centro Latinoamericano de Políticas Económicas y Sociales (CLAPES) de la Pontificia Universidad Católica de Chile, liderado por Hernan de Solminihac, ex ministro de Minería en Chile, en su informe "Análisis de la Productividad Minera en Chile hasta 2016", estima varios indicadores de productividad de la industria, basado en la productividad total de factores (PTF), asilando los cambios en la calidad del recurso así como del ciclo económico (específicamente, ley de cobre en el mineral, consumo de energía, de electricidad y salarios en la minería). El resultado se presenta a continuación en la Figura 1.4, que presenta las curvas para varios indicadores entre los años 1996 y 2016, todos ellos con una fuerte tendencia negativa.

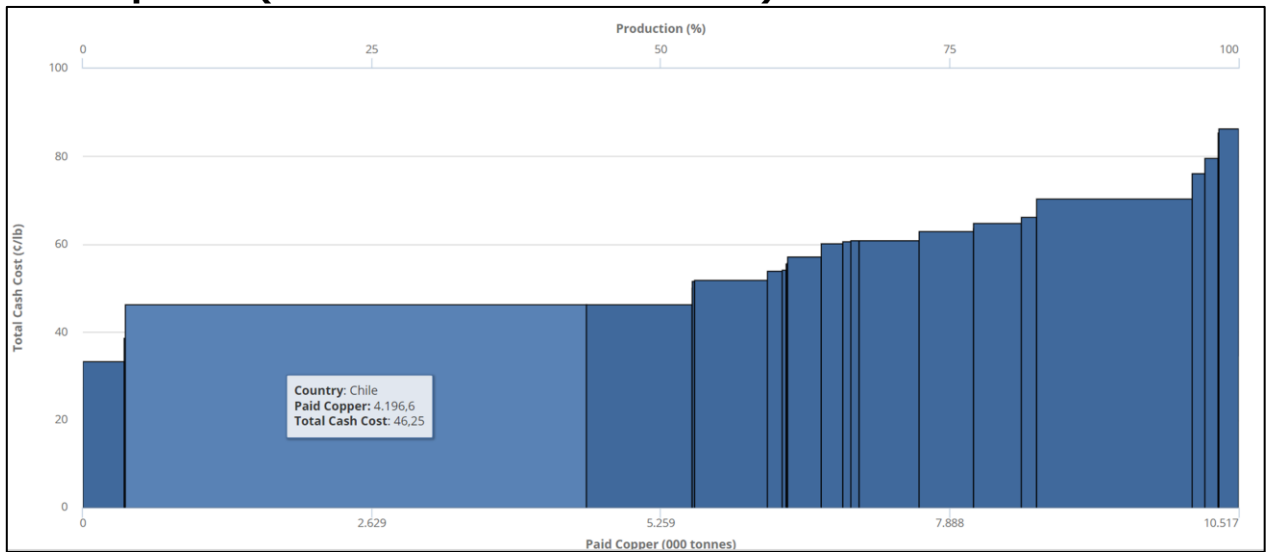
Figura 1.4. Evolución anual de la PTF para la minería del cobre en Chile, asilando variables exógenas al proceso.



Fuente: CLAPES UC

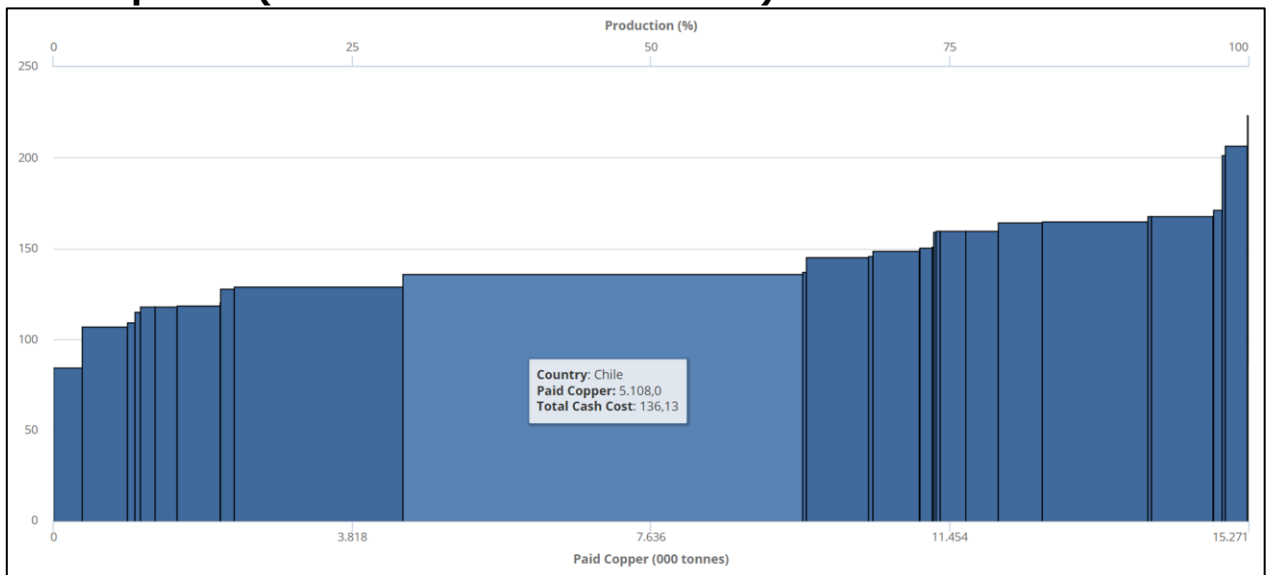
La disminución de la productividad de la minería del cobre nacional, ha afectado la competitividad de Chile en esta industria. Como se mencionó anteriormente, la forma tradicional de medir la competitividad en la minería del cobre es a través de la curva de costos de la industria. Las Figuras 1.5 y 1.6 más abajo, muestran la curva de costos de la industria en los años 2000 y 2016, respectivamente; similar a la Figura 1.2, pero esta vez en base a países y no por empresa, es decir, cada barra representa un país, siendo su ancho la cantidad de cobre producido y su altura el costo promedio de producción. En las Figuras a continuación, es fácil observar cómo la posición de Chile se ha movido hacia la derecha, desde una clara posición en el primer cuartil de costos en el año 2000, hasta una posición en la mitad de la curva en el año 2016.

Figura 1.5. Curva de costos directos de la industria del cobre 2000 en base a países (en dólares nominales 2000)



Fuente: S&P Global Market Intelligence

Figura 1.6. Curva de costos directos de la industria del cobre 2016 en base a países (en dólares nominales 2016)



Fuente: S&P Global Market Intelligence

Considerando la relevancia de la minería del cobre para la economía nacional, esta tendencia ha generado gran preocupación a nivel país. Adicionalmente, el esfuerzo de otros países por aumentar su producción de cobre y atraer inversión extranjera para el desarrollo de nuevos proyectos,

como es el caso de Perú, pone en riesgo el liderazgo que ha ejercido Chile durante ya algunos años en la industria del cobre.

1.5 COMISIÓN NACIONAL DE PRODUCTIVIDAD

Tal como se indica en su sitio web², la Comisión Nacional de Productividad (CNP) es una institución creada por el Decreto Presidencial No. 270, de fecha 9 de febrero de 2015, del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo y Ministerio de Hacienda. Es una institución consultiva, de carácter independiente, autónomo y con el desafío permanente de aumentar la productividad para mejorar la vida y bienestar de las personas. La misión de la CNP es asesorar al Gobierno de Chile en materias orientadas a aumentar la productividad, proponiendo políticas públicas, técnicamente sustentadas, que consideren la opinión de la sociedad civil, con foco en mejorar el bienestar de los ciudadanos. Cuenta con un consejo de ocho miembros nombrados por la Presidencia de la República por un periodo de tres años, de carácter técnico y transversal, que actualmente son liderados su presidente Joseph Ramos, ex Decano de la Facultad de Economía y Negocios de la Universidad de Chile. La CNP realiza dos tipos de estudios: uno que se origina a través de un mandato o solicitud del Gobierno de Chile y otro, que nace del interés y análisis mismo que se genera al interior de la CNP.

Figura 1.7. Logo de la CNP y foto de su Presidente



Fuente: Comisión Nacional de Productividad

La primera actividad mandatada por la Presidenta de la República a esta comisión, fue realizar un estudio sobre la Productividad de la Gran Minería del Cobre en Chile, debido a la importancia que tiene esta actividad para el país y luego de constatar que la productividad nacional ha caído 1.2% anual en los últimos 15 años. El objetivo de dicho estudio fue identificar las principales barreras al crecimiento de la productividad minera en el país, y a partir de allí proponer posibles acciones para mejorar el desempeño del

² <http://www.comisiondeproductividad.cl/presentacion/>

sector, considerando tanto medidas y recomendaciones al alcance del Gobierno, como las que requieren acciones coordinadas de la industria y otros actores de la sociedad³.

El lunes 22 de mayo del 2017, el presidente de la CNP, Joseph Ramos, le hizo entrega del documento final del estudio a la presidenta Michelle Bachelet. El informe fue posteriormente hecho público el día 22 de junio de 2017, tras un primer análisis de la autoridad. Además de la información recopilada, el documento incluye 53 recomendaciones en tres ejes (gestión de las empresas según las mejores prácticas internacionales; mayor eficiencia en la gestión pública y calidad regulatoria; y mayor colaboración y coordinación de las empresas entre sí, con sus contratistas y proveedores, y con las comunidades), las que según Ramos, podrían elevar la productividad de algunos segmentos en hasta 30%.

Figura 1.8. Presidente de la CNP hace entrega del informe final del estudio de la CNP al Gobierno de Chile (22 de mayo de 2017).



Fuente: Revista Minería Chilena

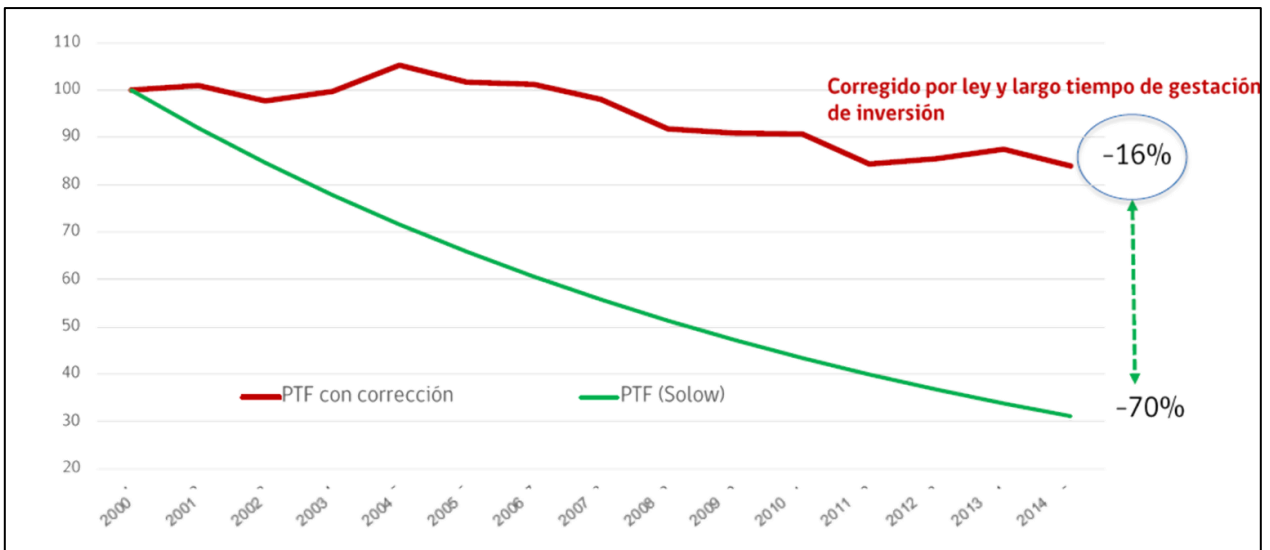
³ Informe final del estudio “Productividad en la Gran Minería del Cobre” de la CNP

1.6 INFORME DE LA CNP SOBRE PRODUCTIVIDAD EN LA INDUSTRIA MINERA DEL COBRE EN CHILE

El estudio llevado a cabo por la CNP, en realidad es un esfuerzo colaborativo entre la CNP, Ministerio de Minería, Comisión Chilena del Cobre, Consejo Minero, Fundación Chile y con el apoyo de la consultora Matrix. El estudio examina la situación de Chile, comparando 12 operaciones chilenas de la gran minería del cobre, con 10 minas que poseen mejores prácticas en países referentes y competidores en esta materia, tales como Australia, EE.UU., Canadá, Perú y Suecia (las operaciones consideradas en el estudio representan el 30% de la producción mundial de cobre).

En el ámbito local, el informe de la CNP indica que entre los años 2000 y 2014, Chile aumentó su producción de cobre fino en 19%, para lo cual se requirió mover 119% más de material, 178% más de equipos, 157% más mano de obra y 79% más de energía, entre otros aumentos en los insumos. Como consecuencia, la productividad total de factores en la Gran Minería de cobre en Chile cayó 70% durante dicho periodo, aunque si se corrige por ley del mineral y el largo tiempo de gestación de la inversión, la caída es de un 16%. Por otro lado, también se indica que desde el año 2000 ha habido una preocupante desaceleración en la Productividad Total de Factores en el país, pasando desde un crecimiento anual promedio de 2,3% a uno de 0.1%; esto fuertemente influido por el sector minero, ya que al no considerarlo, la cifra de crecimiento anual promedio aumenta de 0.1% a 1.4% (PTF sin minería).

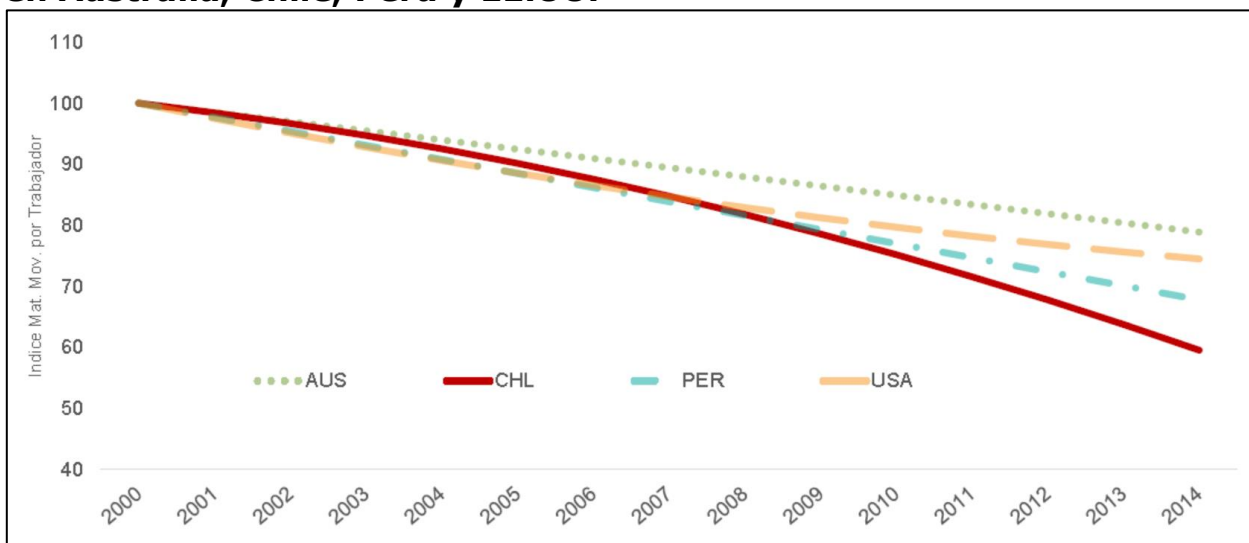
Figura 1.9. Evolución de la Productividad Total de Factores en la Gran Minería del cobre en Chile



Fuente: Comisión Nacional de Productividad

La tendencia negativa en los indicadores de productividad de la minería no es una característica nacional, ya que es posible observar un comportamiento similar en otros países; sin embargo, la caída es más abrupta en el caso de Chile que en el caso de otros países de referencia (a modo de ejemplo, ver la Figura 1.10 más abajo). De esta forma, las brechas en los indicadores de productividad de la industria minera nacional respecto a la internacional han ido aumentando, llegando el estudio a la conclusión que la mejor faena nacional es 139% menos eficiente que la mejor internacional y 44% menos eficiente que el promedio internacional, además de existir una alta variabilidad interna (la operación menos productiva requiere más del doble de horas hombre para mover la misma cantidad de rocas que la más eficiente en Chile).

Figura 1.10. Evolución del Índice de Material Movid por Trabajador en Australia, Chile, Perú y EE.UU.



Fuente: Comisión Nacional de Productividad

En base a los hallazgos realizados como parte del estudio, el informe identifica áreas de mejora y desarrolla 53 recomendaciones para aumentar la productividad, las cuales se clasifican en públicas (eficiencia de la gestión pública y regulatorio), sectoriales (colaboración y coordinación entre empresas del rubro, con sus contratistas, proveedores y con las comunidades) y privadas (gestión de las empresas según mejores prácticas internacionales). Respecto a las últimas, el informe incluye las siguientes 14 recomendaciones que son gestionables por las empresas para el aumento de la productividad:

1. Reducir rotación de altos ejecutivos.
2. Reducir las capas de jerarquía.

3. Cambiar la cultura "controlista" de gestión, que reduce iniciativa (corta las alas de los de abajo), diluye responsabilidad y eleva los costos.
4. Mayor énfasis en empoderamiento y *accountability*.
5. Demasiada supervisión es dedicada a tareas administrativas (llenar papeles y documentar trabajo) a expensas de mejor planificación y organización del trabajo.
6. Mejorar la adhesión y cumplimiento de planes.
7. Considerar el uso de flotas de equipos de modelos únicos para mejorar mantenimiento y reducir inventarios de piezas y partes.
8. Elevar la automatización y una mayor gestión de datos en tiempo real.
9. Instauration de una cultura meritocrática aumentando la movilidad profesional (de operarios a supervisores y de supervisores a la plana ejecutiva).
10. Generar incentivos vinculados a la productividad global de la operación y no a metas parciales por fase del proceso.
11. Considerar bono vinculado a utilidades (un % que haga que bono naturalmente fluctúe con márgenes).
12. Crear programas de capacitación y formación continua, tanto en lo técnico como en habilidades blandas, en línea con las competencias definidas en el Consejo de Competencia, y que sean certificables por el trabajador.
13. Aumentar el uso de trabajadores poli-funcionales, siempre que se certifique la poli-competencia, no se arriesgue la seguridad, y se remunere de acuerdo a ello.
14. Considerar el uso de turnos traslapados para lograr mayor continuidad en procesos.

2. JUSTIFICACIÓN, OBJETIVOS Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Al revisar las 14 recomendaciones de la CNP respecto a la gestión de las empresas según las mejores prácticas internacionales, es posible observar que todas son razonables, en el sentido que apuntan hacia una mayor productividad. Pero su descripción parece insuficiente si se considera lo que puede hacer una empresa específica con ellas. Es decir, ¿cómo, a partir de estas recomendaciones, es posible obtener incrementos concretos en los indicadores de productividad en una operación particular?

Para ejemplificar el desafío, puede considerarse la recomendación número 6 del listado anterior: “Mejorar la adhesión y cumplimiento de planes”. Tomando como supuesto un proceso de planificación correcto, es razonable pensar que si una operación mejora la adhesión y cumplimiento de sus planes, tendrá como resultado un aumento en sus indicadores de productividad. De hecho, no solo es razonable pensar esto, más bien parece ser un hecho que todo ejecutivo de la industria minera conoce y entiende; entonces ¿qué es lo que realmente nos quiere decir la comisión? No es secreto que todos los equipos gerenciales de las compañías mineras se esfuerzan por adherirse y cumplir, e incluso superar sus planes, pero ¿qué cosas se deben hacer diferente para lograrlo?, más aún ¿qué mejores prácticas internacionales fueron identificadas por la comisión que les permite tener mejores resultados que las operaciones mineras nacionales? ¿Cómo evaluar si una recomendación en particular representa una oportunidad real para una operación en específico, entendiendo que estas fueron hechas mirando el desempeño de la industria nacional en general? En definitiva, la recomendación “mejorar la adhesión y cumplimiento de planes”, desde la perspectiva de una empresa minera nacional, pareciera ser insuficiente para mejorar sus indicadores de productividad.

De esta manera, parece existir un “espacio” entre las recomendaciones de la CNP y la implementación de acciones concretas que resulten en un aumento de la productividad en la industria nacional. Más específicamente, las recomendaciones de la CNP proveen un diagnóstico acerca de las áreas donde existen oportunidades de mejora en la industria del cobre nacional, pero este no es suficiente para generar un aumento efectivo en los indicadores de productividad y permitir cerrar las brechas con las empresas internacionales de referencia. Así, en la presente tesis se investiga este

“espacio”, con el fin de generar una propuesta de gestión que facilite el uso del informe de la CNP, por parte de las empresas nacionales de la minería del cobre, y les permita, en última instancia, aumentar su productividad.

2.2 OBJETIVO GENERAL

Diseñar una metodología que permita desarrollar planes de acción concretos para aumentar la productividad, a partir de las recomendaciones del estudio de la CNP (clasificadas como gestionables por las empresas), para casos particulares de empresas mineras a nivel nacional.

Una vez diseñado el modelo, demostrar su utilidad a través del desarrollo de un caso real.

2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Entregar un conjunto de indicaciones y sugerencias para evaluar la pertinencia de las recomendaciones del estudio de la CNP
- Generar una propuesta metodológica para la identificación de iniciativas de mejora de productividad respecto a una recomendación en particular
- Desarrollar un procedimiento de planificación que permita convertir las ideas e iniciativas en planes de acción concretos
- Desarrollar una metodología pertinente para evaluar el caso real seleccionado y evaluar el beneficio potencial de su implementación

2.4 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

En general, en todas las metodologías de mejora de procesos, es posible identificar, con diferentes nombres y con mayor o menor disgregación, las siguientes etapas:

- Diagnóstico
- Evaluación y Planificación
- Implementación

Este trabajo de investigación se focaliza en la etapa de Evaluación y Planificación, y no serán parte del alcance del trabajo las etapas relacionadas al Diagnóstico e Implementación.

Respecto a la etapa de Diagnóstico, se supone que las recomendaciones incluidas en el informe final de la CNP son pertinentes y no se evaluará ni discutirá su validez. Respecto a la etapa de Implementación, corresponde a un proceso específico para cada operación minera, y su revisión requeriría una extensión mayor a la definida para el alcance de este trabajo de investigación. De cualquier forma, más adelante se entregan algunas recomendaciones generales sobre el ciclo completo del proceso, permitiendo asegurar la sustentabilidad de las mejoras en el tiempo, y sugerencias sobre cómo integrarlo a los procesos existentes de planificación.

Existe una amplia variedad de metodologías de mejora de procesos y vasta literatura al respecto, por lo que este trabajo de investigación no pretende proponer o inventar una nueva metodología, sino más bien que a partir de las metodologías existentes, identificar alguna (o una mezcla de algunas) que sea adecuada para los objetivos propuestos y que sea suficientemente general para permitir una aplicación a toda la industria de la minería del cobre nacional. De esta forma, los aspectos que se cubren con la metodología son: ¿qué información recopilar para evaluar si una recomendación es factible de hacer o no? ¿Qué se debe hacer para desarrollar un plan de acción y cerrar las brechas diagnosticadas? ¿Qué características y criterios considerar para identificar las más relevantes y desarrollar un plan de acción respecto a ellas?

3. MARCO CONCEPTUAL

3.1 PRODUCTIVIDAD

La productividad puede ser definida como la relación entre la cantidad de producto generado y los recursos utilizados en un sistema productivo. De esta forma, lo que se busca con las iniciativas de mejora de productividad, es aumentar la producción (manteniendo los recursos utilizados), reducir los recursos utilizados (manteniendo la producción) en un sistema productivo o generar ambos efectos al mismo tiempo. Desde el punto de vista económico, esto equivale a aumentar los ingresos (manteniendo constante los costos de producción), disminuir los costos de producción (manteniendo constante los ingresos) o aumentar los ingresos y disminuir los costos simultáneamente.

El enfoque tradicional de productividad, consiste en focalizarse en los recursos utilizados en el sistema productivo, buscando intervenirlos directamente con el objetivo de reducirlo. Si bien en la industria minera nacional, hablar de iniciativas de productividad es sinónimo de un plan para reducción de personal, los planes de ahorro de costos, internalización de servicios, renegociación de contratos, etcétera, tiene como fin último el aumentar la productividad de los procesos. Nótese que este tipo de iniciativas son bastante atractivas económicamente, ya que al no requerir inversión (o sea está bastante baja), generar una alta rentabilidad. La otra alternativa, aunque menos preferida, es realizar inversiones de capital para aumentar la capacidad productiva del sistema y que permitan, a través de rendimientos crecientes de escala, obtener mejoras en productividad.

La productividad entendida en un sentido amplio, no se restringe a mejorar lo existente, más bien busca la mejor forma de hacer las cosas. El foco está puesto en las actividades, metodologías, procedimientos, además de los recursos, con el objetivo no sólo de aumentar la productividad, sino que llevarla a otro nivel. Por otro lado, entendida en sentido amplio, la productividad no se limita a aspectos económicos, ya que existe una alta correlación entre mayor productividad con mayor calidad, no sólo respecto al producto final sino también a la estabilidad de sus procesos, resultando en mayor seguridad de las operaciones, menores riesgos e impactos medioambientales, mejor ambiente laboral, entre otros.

4. METODOLOGÍA

En base a los hallazgos y sugerencias de la CNP, se investiga cómo es posible pasar desde el diagnóstico a la implementación de acciones concretas en las empresas para aumentar los indicadores de productividad. Específicamente, se realiza la revisión de distintos modelos de mejoramiento de procesos, para determinar si existe alguno o una mezcla de ellos, que facilite este proceso. Una vez determinado lo anterior, se identifica, en términos generales, la información necesaria para evaluar la pertinencia de las recomendaciones específicas de la CNP. En el caso que una recomendación sea pertinente, se proponen metodologías para la identificación de iniciativas que busquen cerrar las brechas detectadas. Considerando que podrían identificarse varias iniciativas respecto a una problemática, se proponen también criterios que permitan priorizar las iniciativas seleccionadas con el fin de facilitar la gestión del portafolio de estas iniciativas. Finalmente, una vez ordenadas, se sugiere una manera ordenada para planificar las iniciativas y convertirlas en planes de acción.

Una vez propuesta la metodología que permita ir desde las recomendaciones de la CNP a los planes de acción, se aplica a un caso real que ejemplifique los beneficios de la propuesta. En el desarrollo del caso real, se evalúan también los beneficios potenciales de su implementación.

Por último, en base a los resultados y hallazgos obtenidos de la aplicación al caso real, se presentan las principales conclusiones y algunas recomendaciones para la metodología propuesta. Por otro lado, se realiza una recomendación general sobre cómo incorporar la discusión de productividad en el ciclo de planificación estratégica de las compañías mineras, con el objetivo que este proceso se sustente en el tiempo. Finalmente, si bien la implementación de las iniciativas no es parte del alcance de este trabajo, se mencionan algunos conceptos generales que deben ser considerados en dicha etapa para asegurar el éxito de todo el proceso.

5. PROPUESTA DE LA METODOLOGIA DAPA (DIAGNOSTICO A PLANES DE ACCIÓN)

5.1 PROPUESTA DE METODOLOGÍA DAPA

Actualmente, existe una muy extensa y variada bibliografía sobre modelos de gestión para mejora de procesos, priorización de proyectos, definición de planes de acción, entre otros temas, que sirven como referencia para el tema en cuestión. Al revisar algunos de estos modelos en detalle, es posible observar que resuelven en parte la problemática que se trata de resolver, pero ninguno de ellos cubre todo el proceso y se adapta completamente bien a la situación. Por esta razón, la metodología que se propone a continuación, corresponde a una integración de diferentes modelos existentes; si bien ninguno de los elementos de la metodología que se propone es original, no fue posible encontrar referencias a la integración propuesta, siendo así esta metodología integrada algo innovador.

La metodología propuesta se ha denominado DAPA, ya que se utiliza para avanzar desde el proceso de *Diagnóstico A los Planes de Acción*. La metodología tiene dos dimensiones, por un lado están los pasos que se deben seguir para el desarrollo de la metodología, y por otro lado están las denominadas "características", que corresponden a los aspectos que se deben considerar y cuidar en el desarrollo de la metodología para que esta sea exitosa.

A continuación, se enumeran los pasos y características de la metodología DAPA, junto a una breve descripción. En los apartados siguientes, se realiza una revisión más de detallada para cada uno de estos puntos.

Los cinco pasos de la metodología DAPA son:

1. Evaluación del Diagnóstico: consiste en verificar si la recomendación de la CNP para la industria en general aplica a la empresa en particular, midiendo la brecha existente y el beneficio potencial asociado.
2. Generación de Iniciativas: se refiere a la revisión del problema y explorar posibles soluciones, a través de la generación de ideas que permitan proponer iniciativas de mejora.

3. Evaluación de Iniciativas: corresponde a evaluar la factibilidad técnica, retorno económico y viabilidad política de la implementación de la iniciativa en cuestión.
4. Priorización de Iniciativas: consiste en ordenar, de acuerdo a criterios pre-establecidos, las iniciativas resultantes de la etapa anterior (es decir, aquellas que son factibles técnicamente de implementar, entregan retornos económicos y son viables políticamente) para facilitar el proceso de decisión respecto a cuáles deben ser implementadas considerando los recursos disponibles.
5. Definición del Plan de Acción: generación del plan de acción detallado que permita implementar la iniciativa, y que se subdivide a su vez en dos partes, a saber, el plan técnico de implementación y la planificación de la gestión del cambio relacionada a la iniciativa.

Por otro lado, las cinco características de la metodología DAPA son:

1. Integración a la compañía: las herramientas, criterios, modelos y sistemas utilizados en cada uno de los cinco pasos de la metodología DAPA, deben ser los propios de la compañía en la cual está siendo aplicada.
2. Patrocinio de ejecutivos: es fundamental contar con el apoyo y soporte de los ejecutivos de la compañía durante la aplicación de la metodología DAPA. Adicionalmente, es importante que se den las instancias de reconocimiento apropiadas para impulsar una alta participación.
3. Proceso cíclico: aumentar la productividad, por lo general, es un proceso de mejoramiento continuo, requiriendo que la metodología se aplique más de una vez para alcanzar el liderazgo de la industria.
4. Proceso escalonado: es importante estar consciente de la madurez de la organización respecto a estos temas para seleccionar adecuadamente las iniciativas a desarrollar; por ejemplo, en una organización inmadura se prefieren iniciativas simples, que prueben la utilidad de la metodología y generen confianza en los equipos.
5. Proceso focalizado: debido a la restricción de recursos, es importante focalizar los esfuerzos donde corresponda. Se le deben entregar a los diferentes equipos de trabajos iniciativas únicas, para que estas no compitan entre ellas y evitar confusión entre quienes las ejecutan.

5.2 REVISIÓN DETALLADA DE LOS PASOS DE LA METODOLOGÍA DAPA

Para una comprensión adecuada de la metodología DAPA, a continuación se detalla cada uno de los pasos expuestos anteriormente, junto con mencionar algunos focos de atención y herramientas específicas que pueden ser utilizadas como parte de su desarrollo.

1. Evaluación del Diagnóstico: en términos generales, esta etapa no se requiere cuando el proceso completo es realizado por una misma compañía (Diagnóstico, Evaluación, Planificación e Implementación), pero en este caso, dado que se comienza desde un diagnóstico general para la industria, es necesario evaluar si es apropiado o no para una empresa en específico; más aún, en caso que sea apropiado, interesa también medir la brecha existente al respecto, para cuantificar el potencial beneficio en caso de cerrar esta.

De esta forma, se debe considerar una a una las recomendaciones privadas que se indican en el informe de la CNP, para evaluar la situación actual en la empresa respecto a la situación potencial. Para la situación potencial, es posible utilizar distintas referencias, algunas de estas son: mejor resultado histórico alcanzado, mejor resultado sostenible demostrable (corresponde al mejor resultado histórico en un trimestre), estudios oficiales de *benchmark* de la industria nacionales (por ejemplo, Encare) o internacionales; cualquiera sea la referencia que se utilice, es fundamental normalizar el resultado para las condiciones actuales de la mina (por ejemplo, las regulaciones son diferentes entre países y a nivel nacional, no es lo mismo operar una mina en el desierto que en la zona central). Nótese que estas son únicamente referencias, y en ese sentido, es deseable contar con más de una, para entender los distintos niveles que es posible alcanzar.

Una vez que se tienen identificados los indicadores para la situación actual y las de referencias, es necesario evaluar cuál es el efecto en el resultado de las compañías de pasar desde la situación actual a las de referencia. Para realizar este tipo de evaluación, existen tanto métodos formales como informales. Respecto a los métodos formales, se recomienda utilizar las metodologías de evaluación económica existentes en la compañía respectiva, que pueden ser a través de modelos de flujo de caja descontados, valorización a través de modelos de árboles de valor, aplicación de teoría de restricciones, simulación de escenarios u otros. Respecto a los métodos informales, se recomienda realizar entrevistas a las partes interesadas y tomadores de decisiones, para conocer los puntos de vista respecto a las recomendaciones y entender si estas vienen a resolver alguna de las principales

preocupaciones de la administración. En caso que sea posible, se recomienda aplicar tanto métodos formales como informales de evaluación: las metodologías formales proveen los datos e información objetiva sobre la cual se basarán futuras discusiones al respecto, mientras que los métodos informales permiten formar una primera percepción sobre el interés, la factibilidad política y el nivel de resistencia respecto al cambio que se buscaría implementar.

Finalmente, basados en los resultados de las evaluaciones, es necesario decidir si la recomendación es aplicable a la compañía en específico; en términos generales, una recomendación será aplicable cuando tenga un alto beneficio potencial y se perciba interés en mejorar el área respectiva. Es fundamental destacar que si bien este es el primer paso de la metodología DAPA, es el filtro crítico y se debe asegurar una correcta ejecución, ya que desecha continuar con el proceso o gatilla el desarrollo de todos los próximos pasos, por lo que un error en este punto, además de dirigir a la administración hacia decisiones incorrectas y generar una gran cantidad de trabajo innecesaria, tendría como consecuencia crear desconfianza en toda la metodología.

2. Generación de Iniciativas: una vez que se ha definido que una recomendación es aplicable a la compañía, es necesario generar iniciativas específicas para llevarla a cabo, dado que existen múltiples formas de hacer esto. El proceso tradicional para generar iniciativas consiste en la identificación de oportunidades, levantamiento de ideas y, finalmente, generación de iniciativas a partir de estas ideas. Es posible hacer esto a través del desarrollo de talleres, reuniendo no solo a las personas involucradas del área, tanto administrativos como quienes realizan los trabajos específicos, sino que también a otras partes interesadas como líderes sindicales, posibles afectados y tomadores de decisiones, entre otros. Una buena recomendación para el desarrollo de talleres, con contar una persona experta que actúe de facilitador, idealmente que tenga vasta experiencia en esta labor y se dedique a esto. En particular, un método enfocado en la creatividad, que ha tomado bastante fuerza en el último tiempo y que sirve para el objetivo de este paso, es el *Design Thinking* (en realidad, esta herramienta va más allá de la generación de iniciativas, ya que su objetivo es evolucionar las ideas hasta llegar a la solución final, y si bien puede funcionar como un complemento a la metodología DAPA, aquí se indica acotando el alcance de las dos últimas etapas, con el fin de completar el proceso de la metodología DAPA). El método *Design Thinking* consiste en las siguientes etapas:

- i) Empatizar: consiste en entender a las partes interesadas e indagar en las necesidades, para así definir el problema de fondo e identificar los desafíos existentes.
- ii) Definir: se presenta la información recolectada y los análisis realizados, para desarrollar las conclusiones que definirán en mayor profundidad los problemas antes identificados y guiarán las etapas siguientes.
- iii) Idear: en esta etapa se fomenta el pensamiento libre, alternando entre el divergente y el convergente, con el objetivo de idear soluciones a los problemas ya definidos. Para esto, es necesaria la participación de un equipo multidisciplinario y donde todas las partes interesadas se vean representadas. Es posible aplicar técnicas de *brainstorming*, para luego seleccionar las mejores ideas.
- iv) Hacer un Prototipo: las ideas seleccionadas se desarrollan en algo más elaborado, como pueden ser prototipos o iniciativas para el caso particular que se está estudiando.
- v) Probar: consiste en realizar pruebas, para conocer la efectividad de la iniciativa y realizar los ajustes que corresponda (esta etapa del método está fuera del alcance de la metodología DAPA)

Como se mencionó anteriormente, el método *Design Thinking* viene a complementar la metodología DAPA y, en términos generales, no se recomienda su aplicación pura al proceso minero, debido a la carencia de una planificación detallada y los riesgos inherentes de la actividad minera (en términos de seguridad y efecto económico de falla en los procesos).

3. Evaluación de Iniciativas: una vez que se cuenta con un listado de iniciativas, es necesario evaluar la factibilidad técnica, retorno económico y viabilidad política de su implementación. Respecto a la factibilidad técnica, la recomendación es solicitar a los equipos técnicos o expertos en el área que emitan un juicio respecto a si es posible o no implementar lo que la iniciativa propone, qué tan complejo sería realizar esto y cuánto tiempo llevaría aproximadamente. En caso de recibir una respuesta negativa, se sugiere explorar, junto al equipo técnico o experto del área, que modificaciones o ajustes habría que hacer en la iniciativa para que esta sí fuese factible técnicamente, para no perder así el trabajo hecho en la etapa anterior. Por su parte, para evaluar el retorno económico, se sugiere solicitar al área de evaluación de proyectos, control de gestión o finanzas, que entregue una estimación del retorno económico que podría entregar la implementación de la iniciativa en cuestión. Cualquiera sea el resultado entregado por el área correspondiente, es importante revisar el detalle de la evaluación para entender la forma en que se está generando valor y cómo esta influye sobre los resultados finales; en ese sentido,

sería ideal contar adicionalmente con análisis de sensibilidad para comprender los beneficios que podrían obtenerse si se logran resultados mejores o menores a los esperados. Finalmente, para evaluar la viabilidad política, se deben revisar que la iniciativa en cuestión este alineadas a las políticas y estrategia de la compañía, cumple con el marco legal, se poseen los permisos requeridos (ambientales, sectoriales, municipales o cualquier otro que corresponda) y, idealmente, realizar una encuesta que considere a todas las partes interesadas respecto a su percepción y preocupaciones respecto a la iniciativa (un apoyo importante para esto puede ser el departamento de Recursos Humano, particularmente, el área de Relaciones Laborales si hubiese).

Nótese que la propuesta es que las evaluaciones respecto a la factibilidad técnica, retorno económico y viabilidad política, sea entregada por los responsables de cada área en la organización de la compañía, y no por quién lidera la iniciativa, ya que esto crea varios beneficios: se genera una difusión temprana del interés por aumentar la productividad y las iniciativas que se están ideando para esto, permite contar con un mayor respaldo de información, se disminuye el riesgo de recibir cuestionamientos posteriores por las áreas expertas en cada materia; en general, involucrar en una etapa temprana a las áreas claves para el éxito de las iniciativas tendrá más aspectos positivos que negativos (quizás el aspecto negativo más importante sea respecto al tiempo, ya que se requerirá explicar la iniciativa varias veces y probablemente realizar las evaluaciones no sea la primera prioridad de las áreas correspondientes, pero esto se verá compensado en etapas posteriores de validación y aprobación de la iniciativa).

4. Priorización de Iniciativas: al iniciar esta etapa, se cuenta con un listado, idealmente abundante, de iniciativas evaluadas y del cual ya han sido removidas todas aquellas iniciativas identificadas como no factibles técnicamente, sin retornos económicos o no viables políticamente. Así, lo que corresponde hacer ahora es ordenar el listado de iniciativas, para que posteriormente, considerando las restricciones de recursos, sea posible decidir cuáles serán llevadas a cabo. En primer lugar, es importante tener una definición respecto a qué criterios serán utilizados para definir las prioridades; algunos ejemplos comunes de criterios son: beneficio económico, plazo de implementación, dificultad de implementación, popularidad de la iniciativa, aumento en indicadores de productividad, entre muchos otros. Si bien es posible definir diferentes criterios para cada recomendación de la CNP, se sugiere tener criterios comunes y preestablecidos que faciliten la comunicación de los resultados. En caso de tener varios criterios, es importante contar también con la

importancia relativa o peso específico para cada uno de estos. Una vez que se tiene esta información, es posible aplicar la técnica de la matriz multicriterio para tabular la información y finalmente ordenar el listado de iniciativas de acuerdo al puntaje final resultante para cada una. En caso de definir pocos criterios, es posible utilizar otras técnicas que faciliten la presentación de los resultados. A modo de ejemplo, en muchos casos se utiliza el trio de criterios, beneficio económico, complejidad de implementación y tiempo de implementación, para lo cual es muy útil aplicar un gráfico de burbujas para ordenar todas las iniciativas. Es importante tener en cuenta que los criterios utilizados para priorizar iniciativas dependerán de varios factores, entre ellos, la situación económica de la empresa (foco en la rapidez de obtener los beneficios económicos rápidos), madurez del equipo de trabajo (preferencia por iniciativas de baja complejidad) u objetivos estratégicos (buscar un posicionamiento específico, prefiriendo iniciativas que tengan efecto en algún indicador por sobre otro). Por esta razón, es siempre recomendable validar los criterios de priorización de iniciativas con el equipo ejecutivo o quien corresponda en la compañía, antes de realizar el proceso, ya que estos varían en el tiempo. Por último, una vez que se tiene el listado priorizado de acuerdo a los criterios definidos, esta etapa concluye cuando se seleccionan las iniciativas que serán implementadas de acuerdo a la cantidad de recursos asignados para estos fines.

5. Definición del Plan de Acción: esta es el último paso en la metodología DAPA y consiste en la generación de planes de acción detallados que permitan implementar las iniciativas seleccionadas. En términos generales, para asegurar una implementación exitosa de una iniciativa, es importante realizar una planificación minuciosa en dos ámbitos, a saber, la planificación técnica que permita ejecutar la iniciativa y la planificación para la gestión del cambio. Respecto a la planificación técnica, es posible realizar esto utilizando las herramientas tradicionales de la planificación de proyectos, como por ejemplo, las cartas Gantt. En definitiva, se deben determinar las actividades específicas que requieren ser realizadas para la implementación de la iniciativa, el plazo, orden, secuencia e interdependencias de estas, se debe asignar para cada actividad una persona responsable, los recursos requeridos y el plan alternativo en caso que la actividad no se pueda realizar de acuerdo a las especificaciones o plazo. Como es sabido, es de particular interés en este paso, las actividades que forman la ruta crítica del proyecto, para poder gestionar adecuadamente la implementación y cumplir los plazos comprometidos.

En paralelo a la planificación técnica, se debe llevar a cabo la planificación de la gestión del cambio, ya que por lo general las iniciativas que buscan aumentar la productividad requieren de cambios importantes en la organización e introducen formas nuevas de hacer las cosas. En la industria minera, esto tiene particular importancia, principalmente por dos motivos: por un lado, debido a que es una industria muy tradicional, donde los procesos productivos están basados en métodos que tiene ya varias décadas, y que si bien han sido escalados en volumen y modernizados a través de instrumentación y otras tecnologías, no han cambiado significativamente, por lo que existe en términos general a nivel industria, una gran resistencia al cambio. Por otro lado, debido a las dimensiones de los equipos que se utilizan, existe una exposición importante a riesgos de seguridad, por lo que todos los cambios deben ser adecuadamente revisados, comunicados e implementados para evitar cualquier accidente. Para la planificación de la gestión del cambio, una sugerencia es aplicar el modelo de los 8 pasos de John Kotter, el cual consiste en los siguientes pasos:

- (1) Establecer sentido de urgencia
- (2) Formar una coalición
- (3) Desarrollar una visión clara
- (4) Comunicar la visión
- (5) Eliminar obstáculos
- (6) Asegurar triunfos de corto plazo
- (7) Construir sobre el mismo cambio
- (8) Anclar el cambio en la cultura de la empresa

No se desarrolla en este trabajo una explicación más detallada del modelo de Kotter, ya que existe una extensa cantidad de información al respecto en sitios de interés, además de su libro publicado en 1988 "Leading Change", donde se explica el modelo. De cualquier forma, respecto al punto 4, comunicar la visión, se sugiere complementar este paso con el Circulo Dorado de Simon Sinek, en el cual se propone estructurar la comunicación indicando el por qué (*why*), luego el cómo (*how*) y finalmente el qué (*what*), con el objetivo de inspirar a la audiencia y lograr su compromiso con las iniciativas que se plantean.

5.3 REVISIÓN DETALLADA DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA METODOLOGÍA DAPA

Las características de la metodología DAPA, buscan asegurar el éxito y sustentabilidad de los resultados, haciéndose cargo de algunos aspectos que se deben cuidar durante el desarrollo de esta. En cierta forma, las

características se relacionan a los principales riesgos de falla en la aplicación de la metodología DAPA, con el objetivo de evitarlos o al menos mitigarlos.

1. Integración a la compañía: si bien existen modelos, herramientas y criterios que aplican mejor que otros a la metodología DAPA, no se debe pretender ni buscar imponer esto a las compañías en las cuales se aplicará esta, ya que la metodología DAPA no lo requiere y, probablemente, esto solo dificultaría el proceso. En general, cada compañía tendrá sus propios modelos, herramientas y criterios, los cuales son conocidos y comprendidos a través de la organización, por lo que la idea es que la metodología DAPA sea suficientemente flexible para aprovechar este conocimiento, adaptándose a la cultura de cada empresa y facilitando el desarrollo de cada paso de la metodología.
2. Patrocinio de ejecutivos: uno de los mayores riesgos para la aplicación exitosa de la metodología es la resistencia al cambio, por lo que contar con el patrocinio e involucramiento de los ejecutivos de mayor jerarquía es fundamental. Este aspecto debe ir complementado con el desarrollo de una narrativa que permita generar alineamiento y motivación a través de la organización, creando interés en participar del proceso. Se sugiere, adicionalmente, que el patrocinio se acompañe de incentivos y reconocimientos para la colaboración, generación de ideas e iniciativas destacadas. En este sentido, una buena práctica es que se establezcan metas en los convenios de desempeño, asociados a los bonos de desempeño, con el objetivo de formalizarlos.
3. Proceso cíclico: difícilmente, será posible llevar la productividad a niveles de liderazgo en un primer intento, ya que a través de la aplicación de la metodología se obtienen importantes lecciones que podrán beneficiar procesos posteriores, y será más parecido a un proceso de mejoramiento continuo. Así, lo que se busca es que la aplicación de la metodología DAPA siga el círculo de Deming (también conocido como círculo PDCA), donde se planifica, ejecuta, revisa, actúa y se vuelve a planificar, incorporando los aprendizajes del proceso.
4. Proceso escalonado: distintas compañías tendrán diferentes niveles de madurez en cuanto a procesos de mejoramiento y aplicación de metodologías de este tipo. De esta forma, es necesario estar consciente de este hecho previo a la aplicación de la metodología DAPA, para seleccionar adecuadamente las iniciativas que se llevarán a cabo. Complementando la característica de proceso cíclico, el proceso escalonado permite generar un aprendizaje natural, postergando el desarrollo de iniciativas que pueden ser muy atractivas por otras que son más factibles y realistas. Así, el proceso escalonado permite ir

ganando madurez en forma creciente, para en aplicaciones siguientes llevar a cabo iniciativas complejas o innovadoras. De cualquier forma, se sugiere entender en profundidad si es el desarrollo de la iniciativa lo complejo o la meta que se busca; respecto a las metas, el proceso escalonado sugiere que primero se pretenda alcanzar los mejores resultados ya alcanzados por la compañía, para posteriormente plantear llegar a ser el líder de la industria a nivel nacional y, finalmente, buscar el liderazgo mundial.

5. Proceso focalizado: los recursos asignados para estos fines serán limitados y no permiten el desarrollo de todas las iniciativas, ni que toda la organización participe del proceso. Por otro lado, en los temas de aumento de productividad, no existen iniciativas “balas de plata” que logren acabar con todos los problemas y posicionar a las compañías en posiciones de liderazgo. Por lo tanto, es importante focalizar los esfuerzos en las áreas que rendirán los mayores beneficios, las cuales irán variando con cada aplicación de la metodología, focalizando los esfuerzos donde corresponda cada vez. De la misma forma, si bien es un área la que debe administrar la cartera de iniciativas, la sugerencia es entregar a los diferentes equipos que participen del proceso, iniciativas únicas, en las cuales puedan mantenerse concentrados, evitando confusión e interferencias, aumentando la probabilidad de éxito.

6. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DAPA A UN CASO REAL

Con el objetivo de demostrar la efectividad y utilidad de la propuesta, se realizó la aplicación de la metodología DAPA a un caso real. A continuación, se explica escuetamente el caso real seleccionado, junto con entregar algunos antecedentes de la empresa que permitirán comprender mejor la situación y el aporte de la metodología, para posteriormente describir los resultados y conclusiones obtenidos a través de esta.

Caso real seleccionado: Mejorar la adhesión y cumplimiento de los planes en la mina Resplandor

Resplandor es una mina de cobre, perteneciente a la compañía multinacional Cobre Global, que produce concentrado y cátodos de cobre, además de concentrado de molibdeno como subproducto. Se ubica en la zona central de Chile, a una altura de aproximadamente 3.500 metros sobre el nivel del mar.

Figura 6.1. Operación Resplandor (imagen referencial de Minera Los Pelambres).

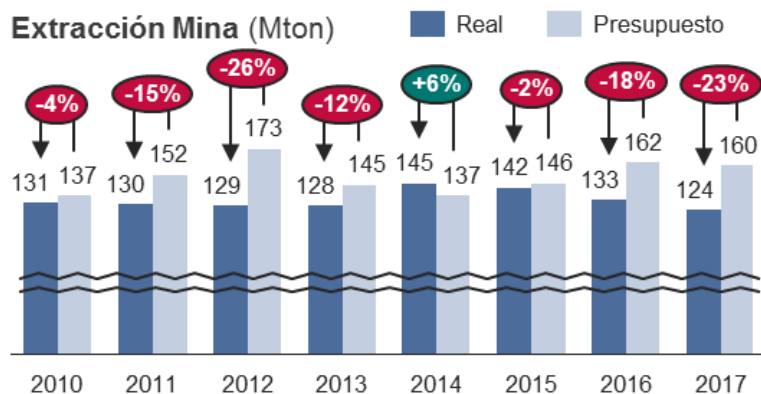


Fuente: Antofagasta Minerals S.A.

El yacimiento es explotado a rajo abierto y la mina cuenta con una flota de transporte de aproximadamente 70 camiones de alto tonelaje, con la cual se mueven más de 150 millones de toneladas de roca al año. Tiene una capacidad de tratamiento planta de 150 mil toneladas por día, luego de implementar un proyecto de expansión en el año 2011, que la posicionó en los años posteriores como la quinta mayor mina de cobre a nivel global.

Posterior a la puesta en marcha de la expansión, la operación Resplandor ha enfrentado dificultades para dar cumplimiento a sus planes de extracción y movimiento de roca en la mina; consecuentemente, afectando la alimentación a planta y no logrando cumplir los planes de producción.

Figura 6.2. Cumplimiento planes de extracción mina en Resplandor.



Fuente: Cobre Global

En particular, en el año 2017 la meta de extracción de roca bordeada fue 160 millones de toneladas, pero solo se alcanzó un resultado de 124 millones de toneladas. Este déficit de 36 millones de toneladas de extracción de roca impactó en forma negativa la alimentación de mineral a la planta, tanto en cantidad como en calidad. A causa de esto, los planes de producción de cobre y molibdeno no fueron alcanzados en el año 2017, pero además se generó un atraso en el desarrollo de las fases futuras de la mina, poniendo en riesgo los niveles de producción comprometidos en los planes para los periodos siguientes.

Una de las recomendaciones de la CNP, es mejorar la adhesión y cumplimiento de planes. En el caso particular de Resplandor, esta recomendación parece ajustarse a la situación de la mina. De esta forma, se seleccionó este caso para la aplicación de la metodología DAPA, con el objetivo de generar iniciativas que permitieran, a través de un aumento en la productividad de los indicadores mina, mejorar la adhesión y cumplimiento a los planes de extracción.

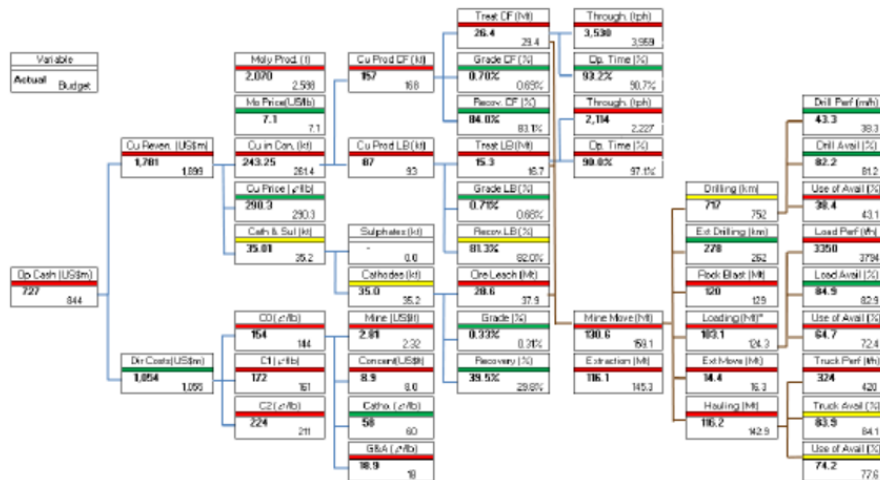
7. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN A UN CASO REAL

7.1 RESULTADOS DE LOS PASOS DE LA METODOLOGÍA DAPA

A continuación, para cada paso de la metodología DAPA, se mencionarán los principales resultados obtenidos en su aplicación al caso antes expuesto.

1. Evaluación del Diagnóstico: para verificar la aplicabilidad de la recomendación de la CNP, se realizaron tanto análisis numéricos como encuestas. Respecto a los análisis numéricos, se utilizó un modelo de árbol de valor, que permitió mostrar que la mayor desviación respecto al cumplimiento de planes, se originaba en la extracción mina.

Figura 7.1. Árbol de valor de Resplandor.



Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, esta herramienta logra presentar en forma sencilla, las áreas que generan el no cumplimiento mina, en este caso, los procesos unitarios de carguío y transporte, principalmente.

Para calcular la brecha existente, se consideró simplemente la diferencia entre los valores reales y los planificados, y se realizó un análisis de capacidad para validar que los valores planificados son alcanzables. Para una futura etapa, se sugirió realizar un análisis de capacidad, considerando la teoría de restricciones, para conocer la capacidad potencial de estos procesos y entender hasta qué nivel se

podía mejorar. Así, para el año 2017, la brecha identificada fue de 36 millones de toneladas.

Respecto al beneficio potencial de corregir esta situación, fue posible constatar que no resulta sencillo generar una estimación. Como se mencionó anteriormente, la baja adhesión y no cumplimiento de los planes de extracción tiene como consecuencia una menor producción de cobre y molibdeno, tanto para el periodo en ejercicio como para los futuros. Si bien es posible calcular el impacto económico de las menores producciones a causa del déficit en extracción de roca, no resulta sencillo estimar, en estos términos, el beneficio de disminuir parcialmente esta situación. Esto se debe a lo complejo del negocio minero y la cantidad de variables involucradas; a modo de ejemplo, un aumento en la extracción de roca puede darse en fases de desarrollo, donde únicamente hay material estéril, y no en fases de producción, donde están los minerales que se envían a planta, lo que beneficiaría la producción de los ejercicios futuros y en el periodo actual solo generaría los costos relacionados a esta extracción; por otro lado, en las fases de producción, un aumento en la extracción no tendría efectos directos en la producción de cobre, sino que de acuerdo a la razón lastre-mineral de la fase; también está la variable de la ley, que en caso de ser muy baja, los mineral adicionales irían a un stock de mineral en vez de planta; finalmente, se tiene la variable de ley de corte, que puede ser modificada dependiendo los ritmos de extracción y precio del metal. En definitiva, desarrollar una estimación certera de los beneficios de disminuir el déficit de extracción mina en términos de producción es complejo y sobrepasa el alcance de este trabajo. Un método más simple y directo para estimar el beneficio potencial, consiste en considerar cuál sería el costo que tendría entregar el servicio a un tercero; es decir, si para mejorar la adhesión y cumplimiento de los planes, en vez de aumentar la productividad, se realizara un contrato de movimiento de roca para cubrir el déficit; así, el beneficio potencial de aumentar la productividad y realizarlo por cuenta propia, sería el ahorro de dicho contrato. De esta forma, el déficit de extracción de roca para el año 2017 asciende a 36 millones de toneladas, y por su parte, un contrato de movimiento de roca para este tipo de labores, tiene un costo aproximado de US\$2 por tonelada, por tanto, el beneficio potencial estimado asciende a US\$72 millones en el año 2017. Es importante destacar que si bien esta forma de estimar el beneficio potencial es más simple y directa, tiene la desventaja de subestimar el valor económico del beneficio potencial, ya que el impacto económico de una menor producción es significativamente mayor.

Finalmente, para comprender la percepción del problema, se realizó una encuesta, donde la gran mayoría de las respuestas apuntaba al no

cumplimiento de la extracción mina como el principal causante de los niveles de producción menores a los planificados.

Todo lo anterior, generó los argumentos suficientes para afirmar que la recomendación de la CNP es apropiada para este caso, y en ese sentido, se justifica continuar con el paso siguiente de la metodología DAPA.

2. Generación de Iniciativas: con el objetivo de explorar posibles soluciones y generar ideas, se desarrolló un taller de media mañana, donde se siguieron los tres primeros pasos del método *Design Thinking*. Es necesario indicar que, desafortunadamente, no se pudo contar con representantes de todas las partes interesadas en el taller, por restricciones de espacio y agenda; por ejemplo, no hubo representantes por parte del sindicato de trabajadores de la mina. De cualquier forma, el proceso se llevó a cabo con interesantes resultados. En la primera etapa, Empatizar, fue posible observar una rivalidad entre los equipos de operación mina y planificación mina, acusándose entre un grupo y otro de ser los responsables de la situación (es decir, operaciones mina indicaba que el problema era que se definían planes que no eran alcanzables, mientras que planificación indicaba que operaciones no ejecutaba los planes definidos). Por tanto, uno de los focos en esta etapa fue el de crear unidad, destacando el hecho que a ninguno de los dos equipos esta situación les convenía y debía resolverse juntos. Posteriormente, en la etapa Definir, se presentaron los análisis de brechas y beneficios potenciales, y si bien todos estaban al tanto del problema, no existía una consciencia generalizada del impacto que esto causaba. Finalmente, en la etapa Idear, se llevó a cabo un *brainstorming* en mesas de trabajo, en la cuales cada una incorporaba personas de diferentes áreas, y del cual se obtuvo una extensa lista de ideas de mejora (47 ideas específicamente). La última parte del taller consistió en filtrar (algunas ideas eran muy similares) y seleccionar las 10 mejores ideas, para discutir las en mayor profundidad y convertirlas en iniciativas preliminares (en ese sentido, la idea era básicamente el qué, mientras que la iniciativa incluía el cómo).

Figura 7.2. Taller de *Brainstorming*.



Fuente: Cobre Global

3. Evaluación de Iniciativas: para la evaluación de las 10 iniciativas resultantes del taller, se procedió a enviar el listado, junto con una breve descripción de cada una, a los departamentos de control de gestión (para la evaluación de los ingresos y costos) y área técnica mina (para evaluar la factibilidad técnica de cada una). Adicionalmente, el Gerente Mina o Gerente de Planificación, dependiendo a qué área se relacionaba más la iniciativa, se encargaron de evaluar la viabilidad política de las iniciativas con las otras áreas interesadas. Como resultado de este paso, la lista se redujo a seis iniciativas, donde una de las principales razones para descartar iniciativas fue la de tener potenciales conflictos con los sindicatos. Otro tema que es relevante destacar, es la interrelación de las diferentes iniciativas planteadas; dicho de otra forma, es diferente la evaluación independiente de cada iniciativa a que si realiza un conjunto integrado (en este último, los beneficios de las iniciativas que se implementan más tarde se ven disminuidos): una forma clara de reflejar esto, es considerar un proceso con una eficiencia de un 90% donde se buscan iniciativas para aumentar dicha eficiencia; si bien es posible plantear 10 iniciativas diferentes que aumenten en un 2% la eficiencia (por decir algún número), no será posible alcanzar una eficiencia por sobre el 100%.
4. Priorización de Iniciativas: para priorizar y seleccionar las iniciativas que continuarían al paso siguiente, se presentaron las seis iniciativas en un gráfico de burbuja, donde el eje vertical representaba la complejidad de implementación, el eje horizontal el tiempo de implementación y el tamaño de la burbuja, de acuerdo a los procedimientos de la empresa. El objetivo de hacer esto, era identificar en forma simple, las iniciativas que siendo fáciles y rápidas de implementar, entregan un alto beneficio. De acuerdo a este criterio, se seleccionaron dos iniciativas: "Construcción rotonda en intersección

Inf5/Cas2” y “Evaluación estocástica de riesgo de las metas”. La primera consiste en la construcción de una rotonda en el lugar donde se cruzan cuatro caminos críticos de la mina (una rampa de acceso a una fase de producción, una rampa de acceso a una fase en desarrollo, camino hacia el botadero y camino hacia chancado primario) con el objetivo de disminuir la congestión que se genera en dicho cruce. Por su parte, la segunda iniciativa corresponde a una evaluación estadística cuantitativa, basada en los rendimientos y resultados históricos, del riesgo (o probabilidad de éxito) asociado a las metas de los planes, con el objetivo de asegurar un balance adecuado en las metas en cuanto a alcanzable y desafiante.

Figura 7.3. Selección y priorización de iniciativas.

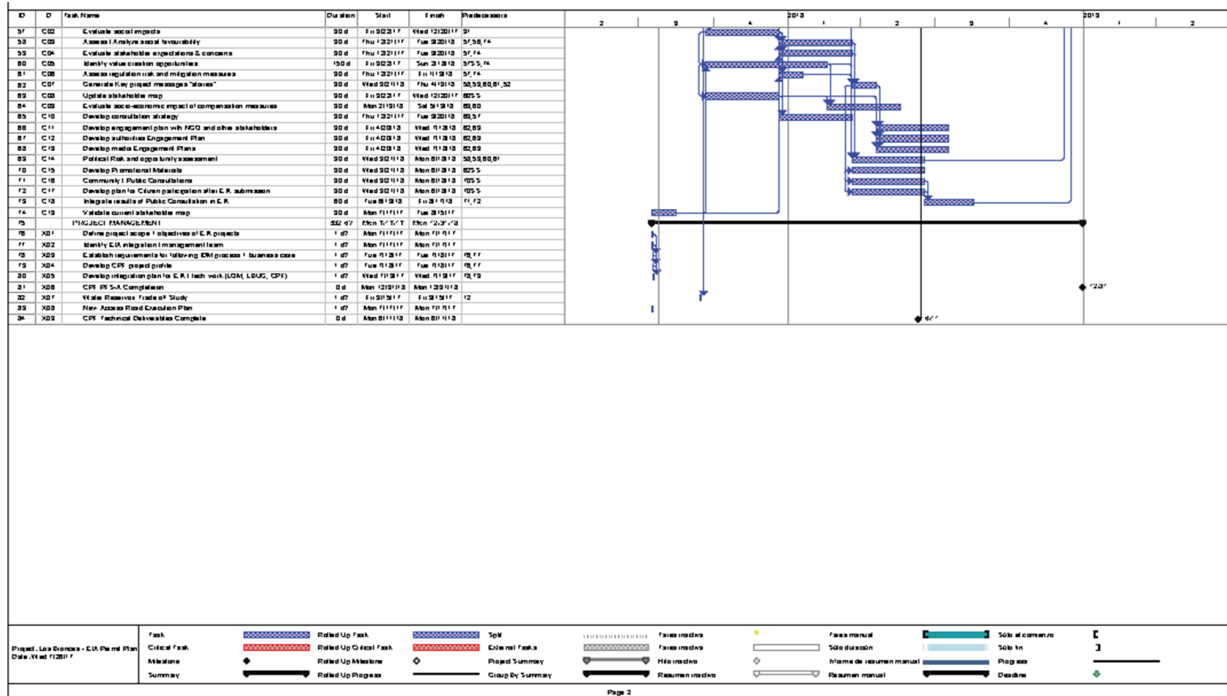


Fuente: imagen referencia American

5. Definición del Plan de Acción: para cada una de las iniciativas se desarrolló un plan detallado, el cual consiste en un listado de todas las actividades necesarias para implementar en forma segura, efectiva y eficiente, la iniciativa propuesta, y para cada una de estas actividades, se indica el responsable, duración, fechas de inicio y término, recursos asociados, dependencia con otras actividades y contingencia en los

plazos para convertirse en ruta crítica (las actividades que son parte de la ruta crítica tienen contingencia cero).

Figura 7.4. Plan de acción de detalle para iniciativas.



Fuente: Cobre Global

7.2 RESULTADOS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA METODOLOGÍA DAPA

A continuación, para cada característica de la metodología DAPA, se mencionará cómo fue considerada en la aplicación del caso.

1. Integración a la compañía: todas las herramientas de evaluación, criterios de priorización y selección, utilizados en la aplicación del caso, corresponden a los métodos utilizados por la empresa para todos sus proyectos. En ese sentido, todos los involucrados en el proceso, no tuvieron dificultades en comprender el desarrollo de la metodología, aunque es necesario mencionar que en algunos casos, las personas trataron de influir en los resultados para favorecer sus iniciativas preferidas.
2. Patrocinio de ejecutivos: antes de iniciar el proceso, este fue presentado al comité ejecutivo de la compañía, compuesto por el presidente y

vicepresidentes de las distintas áreas. Si bien todos se mostraron a favor y comprometidos con aplicar la metodología, solo un vicepresidente acompañó de manera cercana todo el proceso. En gran parte, gracias a su apoyo, se logró completar el proceso, pero se estima que este hubiese sido mucho más fluido y eficiente si se hubiese contado con una mayor participación de todo el comité.

3. Proceso cíclico: en este caso, debido al tiempo acotado de este trabajo y al largo periodo que se requiere para la implementación de iniciativas en la industria minera, la metodología se aplicó una sola vez, por lo que no se cumplió con la característica cíclica de la metodología DAPA. De cualquier forma, con esta primera aplicación fue posible identificar algunas cosas que se podrían haber hecho mejor, como por ejemplo el mapeo de las partes interesadas, además de dar a conocer la metodología DAPA y sus componentes al equipo de trabajo.
4. Proceso escalonado: debido al criterio de priorización y selección, resultó natural la elección de iniciativas relativamente sencillas y rápidas de implementar, cumpliendo así la característica de proceso escalonado. Es importante destacar, que esto ayudó a aumentar la confianza y madurez del equipo de trabajo en estos temas, ya que generalmente los conflictos que se enfrentaron, fueron relativamente fáciles de resolver.
5. Proceso focalizado: se seleccionaron dos iniciativas, ya que la primera está netamente relacionada al equipo de operaciones mina y la segunda al equipo de planificación mina; así, se cumple con la característica de proceso focalizado, asignando a cada equipo no más de una iniciativa.

7.3 ESTIMACIÓN DE LOS BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN

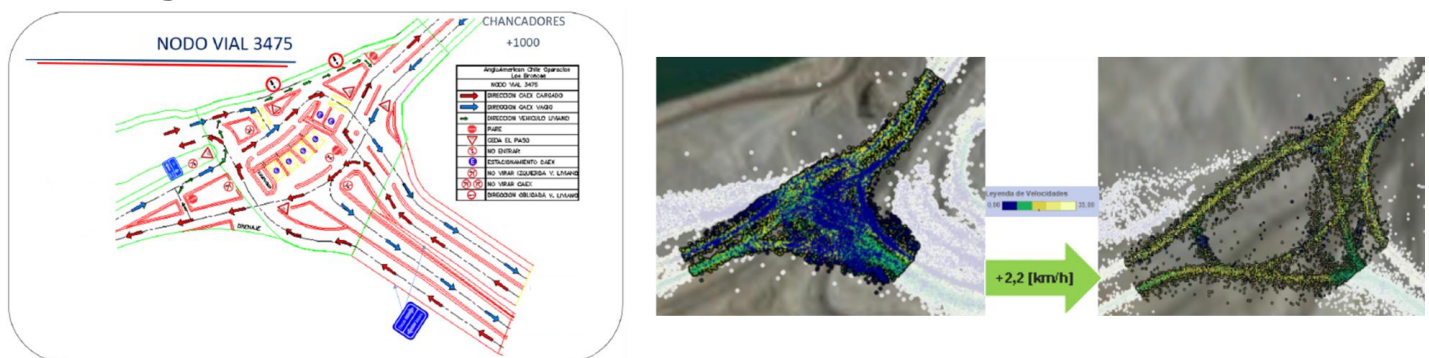
La evaluación del diagnóstico, basado en la brecha existente para el año 2018, indicó que existe un beneficio potencial de seguir la recomendación de la CNP de US\$72m. Este valor se obtiene considerando la diferencia de 36 millones de toneladas, entre el resultado real 2017 y el presupuesto, y el costo aproximado que tiene un contrato de movimiento de roca para este tipo de labores, el cual se estima en US\$2 por tonelada. Es importante mencionar nuevamente, que si bien esta metodología es simple, ya que requiere de muy pocos supuestos, y directa, en el sentido que los cálculos son sencillos, adolece en que tiende a subestimar los beneficios potenciales de cerrar la brecha identificada; es decir, el beneficio potencial es

significativamente mayor al estimar los impactos en los planes de producción por incumplimiento de las tasas de extracción, pero estimar adecuadamente estos efectos, requiere hacer importantes supuestos en variables difíciles de predecir, como por ejemplo, precio futuro del cobre, la ley de mineral, razón estéril/mineral, perfil de distancias de la mina, durezas del mineral, entre otras.

Si bien se indica que existe un beneficio potencial de US\$72m, es importante destacar que las iniciativas seleccionadas, a saber, Construcción rotonda en intersección Inf5/Cas2 y Evaluación estocástica de riesgo de las metas, no logran cerrar por completo la brecha identificada, siendo así el beneficio de esta solo una porción del potencial.

En particular, a través de una simulación del proceso de transporte, se estima que la construcción de la rotonda en la intersección de Inf5 con Cas2, permitirá disminuir la congestión actual en las rampas de la mina, aumentando la velocidad promedio total de transporte en 2 km/h y reduciendo de esta manera los tiempos de ciclo en 4 minutos, lo que tiene como consecuencia un aumento en el rendimiento de los camiones de un 10%. Esto suponiendo que no cambia la curva de rimpull de los camiones, que se mantiene el estándar de mantención de los equipos y caminos, que la rotonda no introduce algún problema de fluidez (como por ejemplo, baja visibilidad en alguna entrada) y que el nivel de destreza de los conductores de camiones no se modifica. En términos anuales, esto significaría una mayor extracción de aproximadamente 13 millones de toneladas, lo que implica un beneficio de US\$26 millones, utilizando los mismos supuestos considerados para estimar el beneficio potencial.

Figura 7.5. Simulación iniciativa Rotonda Inf5/Cas2.



Fuente: Cobre Global

Por su parte, la evaluación estocástica de riesgo de las metas, permite tener a priori una evaluación cuantitativa de la extracción en riesgo para el año, lo que permite gestionar de mejor manera las operaciones e implementar medidas de control y mitigación que los disminuyan. Si bien en la etapa de priorización de iniciativas, se utilizó la opinión de expertos para evaluar de los beneficios esperados de esta iniciativa, el equipo de control de gestión no se mostró de acuerdo en mantener dicha estimación para informar posteriormente los beneficios esperados. Por esta razón, no se atribuirán beneficios económicos a esta iniciativa, y más bien se argumenta que es importante en el sentido que complementa la iniciativa anterior, entregando mayor probabilidad de éxito y confianza en el beneficio informado de US\$26 millones.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 PRINCIPALES CONCLUSIONES RESPECTO A LA METODOLOGÍA DAPA

En primer lugar, es importante destacar que a través de la aplicación al caso real, la metodología DAPA demostró ser efectiva: seguir sus pasos y cuidando las características, se logró pasar desde una recomendación de la CNP a planes de acción concretos para aumentar la productividad. En este sentido, uno de los primeros hallazgos obtenidos a través de la aplicación de la metodología DAPA, es la importancia de contar con una persona responsable, claramente identificada, del proceso completo. Si bien este tipo de proyectos generalmente produce gran entusiasmo en la organización, sobretodo en el comienzo, no avanzan por sí solos y es necesario que una persona se preocupe de mantener la inercia; en caso contrario, las labores y contingencias diarias tendrán como consecuencia que el proceso quedará rápidamente estancado.

Una de las características de la metodología DAPA es el patrocinio de los ejecutivos, y durante la aplicación al caso real, se pudo comprobar que tanto el liderazgo de los ejecutivos involucrados en el proceso como los incentivos definidos, son aspectos relevantes en el resultado de la metodología. En particular, se recomiendan incentivos tangibles (e.g., premios a las mejores ideas; una muy buena alternativa son *gift cards* para cobrar por servicios de pareja o familiares) y en el caso de ser intangibles, asegurar que se pueden cumplir (por ejemplo, no se deben hacer promesas en las cuales no se puede asegurar que ocurran, respecto al desarrollo u otros temas futuros).

Una particularidad que llamó la atención durante la aplicación del caso real, y que no fue anticipada, es que algunas áreas de soporte tenían una predisposición negativa frente a la implementación de cambios, principalmente al enfrentar la discusión de la viabilidad política, parecieran más dispuestas a mencionar los riesgos y dificultades de la implementación, que a encontrar soluciones o diferentes maneras de aproximarse al problema. Esto fue inesperado porque de quienes se hubiese esperado mayor resistencia, es de las personas relacionadas directamente al proceso, ya que las iniciativas tienen efectos principalmente sobre ellos; por otro lado, el rol de las áreas de soporte es justamente entregar un buen servicio y facilitar la labor de las áreas de operaciones, por lo que era esperable (o al menos así se anticipaba) una predisposición positiva y activa frente a estas iniciativas. Otro factor observado respecto al comportamiento de los equipos

de trabajo, es que generalmente se sobreestima la madurez de la organización para llevar a cabo este tipo de proyectos, seleccionando iniciativas con una complejidad de implementación mayor a la capacidad de ejecución del equipo.

Otro hallazgo realizado durante la aplicación de la metodología DAPA, es que algunas herramientas pueden ser mal utilizadas para tratar de justificar lo que se quiere hacer en vez de tratar de realmente determinar lo que se debe hacer. Es particularmente interesante que, dado que la mayoría de los participantes tienen un buen manejo de las herramientas adoptadas por la metodología, dada la característica de integración con la compañía, pueden utilizarse con maestría en forma equivocada. Un ejemplo muy claro está relacionado a la etapa de priorización de iniciativas o en los métodos con valuaciones subjetivas (por ejemplo, la ponderación de una variable en una matriz multicriterio); las personas intentaron influir para que sus favoritas queden mejor posicionadas. También relacionado a las herramientas y pasos de la metodología DAPA, se debe nuevamente destacar lo fundamental que resulta realizar un buen mapeo de las partes interesadas, para encontrar posteriormente la menor resistencia y el mayor apoyo posible; en este sentido, a veces vale la pena postergar reuniones o sesiones de trabajo, si los representantes críticos de las distintas partes interesadas no podrán participar. Por otro lado, es muy importante que todas las veces que corresponda, se expliquen los supuestos y consideraciones tras las evaluaciones, para que el equipo de trabajo pueda entender el contexto y las bases sobre las cuales se está trabajando, como así también entender la promesa de valor de cada iniciativa y, más aún, su relación con otras iniciativas.

Todos los puntos anteriores están relacionados a la metodología en sí, pero existen también factores exógenos que influyen en su correcto funcionamiento. En particular, es necesario destacar la influencia del precio del cobre en este tipo de procesos. La idea de este trabajo comenzó a gestarse en la segunda mitad del año 2016, cuando el precio del cobre apenas superaba los US\$2 la libra y las expectativas generales eran que se mantuviese en esos niveles durante un tiempo. En ese momento, importantes empresas productoras de cobre estaban teniendo pérdidas, o en el mejor de los casos, utilidades muy bajas, por lo que este trabajo fue recibido con gran interés y atención, y se consideraba como algo fundamental y completamente necesario para la industria del cobre. A partir de ese momento, el precio del cobre ha ido al alza, alcanzando el nivel actual de US\$3,2 la libra (es decir, casi un 60% de aumento en poco más de un año), con lo que la gran mayoría de las empresas mineras del cobre han

vuelto a obtener resultados atractivos. A consecuencia de esto, si bien el interés no se ha perdido del todo, claramente ha bajado la intensidad o prioridad de estos temas. En ese sentido, existe un riesgo significativo que, en caso que el precio del cobre mantenga su tendencia al alza, el tema de la productividad deje de ser prioritario y las cifras a nivel país se sigan deteriorando. Lo anterior, sería una situación muy desafortunada, tanto por la riqueza que se perdería en forma de ineficiencias, como por la pérdida de competitividad que sufriría la industria nacional, poniéndola en riesgo de supervivencia ante futuras caídas del precio.

8.2 INCORPORACIÓN DEL PROCESO EN LA PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA

Una de las preocupaciones más importantes respecto a la metodología DAPA es como asegurar que tanto el proceso como los resultados se mantengan en el tiempo. En general, los procesos de mejora continua ponen el foco en un área específica del proceso productivo, enfocando y alineando a la organización hacia un objetivo específico. Una vez que las mejoras son alcanzadas, se le traspasa la responsabilidad de mantener dichos resultados a los responsables del área; pero ahora, sin el foco y alineamiento de la organización, es difícil mantener el mismo rendimiento y por lo general este cae. Por esta razón, como ya se planteó, existe una preocupación respecto a cómo asegurar la sustentabilidad de los resultados. Tanto las cinco características de la metodología DAPA, como las recomendaciones indicadas en las conclusiones del apartado anterior buscan en cierta forma entregar una continuidad en los resultados y logros obtenidos, pero la mejor forma de asegurar esto es incluir este proceso como parte del ciclo de planificación estratégica de la compañía.

Respecto al ciclo de planificación estratégica, una recomendación es utilizar el modelo *Execution Premium* propuesto por Kaplan y Norton, ya que ha sido probado en varias industrias entregando buenos resultados y, debido a su estructura, la metodología DAPA se acopla en forma muy natural a este (en particular, en el paso 4 del modelo *Execution Premium* se puede utilizar completamente y tal cual fue definida, la metodología DAPA).

Al integrar la metodología DAPA a una herramienta tan poderosa, en términos de gestión, como el ciclo de planificación estratégica, permite entregarle sustentabilidad y mantenerla vigente a través del tiempo, otorgarle una alta visibilidad a nivel ejecutivo e ir adaptándola cada vez más a la cultura organizacional propia de la empresa.

9. GLOSARIO

LEY DE COBRE: corresponde al contenido en masa de cobre puro en un material, generalmente una roca, y que habitualmente se expresa en porcentaje; así, una ley de cobre del 1% en una roca, significa que por cada tonelada de roca hay 10 kilogramos de cobre puro.

MINERAL: en términos mineros, corresponde a las rocas que contienen mineralización de cobre y es posible explotarlo obteniendo beneficios económicos. De esta forma, el mineral se diferencia principalmente del estéril (o lastre), que corresponde a las rocas que si bien contienen mineralización de cobre, esta no es suficiente para permitir una explotación económica del recurso.

10. BIBLIOGRAFÍA

- 1.- COMISIÓN NACIONAL DE PRODUCTIVIDAD, 2017. Productividad en la Gran Minería del Cobre [en línea]. Santiago, Chile.
<http://www.comisiondeproductividad.cl/wp-content/uploads/2017/09/Productividad-_cobre_14_09_2017.pdf> [consulta: 10 agosto, 2017]

- 2.- VALENZUELA, C., 2017. Presidenta recibe estudio sobre productividad en la Gran Minería del cobre [en línea]. Pulso en internet. 23 de mayo, 2017.
<<http://www.pulso.cl/empresas-mercados/presidenta-recibe-estudio-productividad-la-gran-mineria-del-cobre/>> [consulta: 25 mayo, 2017]

- 3.- SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGIA Y MINERIA, 2017. Cierre de Faenas Mineras [en línea]. Santiago, Chile.
<<http://www.sernageomin.cl/ambiental-cierre.php>> [consulta: 9 julio 2017]

- 4.- CODELCO, 2017. Codelco Educa [en línea]. Santiago, Chile.
<www.codelcoeduca.cl> [consulta: 20 septiembre, 2017]

- 5.- S&P GLOBAL MARKET INTELLIGENCE, 2017. SNL Platform, Commodity Profile: Copper [en línea]. Nueva York, EE.UU.
< <https://www.snl.com/>> [consulta: 24 octubre, 2017]

- 6.- CODELCO, 2016. Codelco inaugura su división más productiva [en línea]. Prensa de Codelco en internet. 5 enero 2016.
<https://www.codelco.com/codelco-inaugura-su-division-mas-productiva/prontus_codelco/2016-01-05/132454.html> [consulta: 1 julio, 2017]

- 7.- SOLMINIHAC, H., et al, 2016. Análisis de la Productividad Minera en Chile hasta 2016 [en línea]. Centro Latinoamericano de Políticas Económicas y Sociales, CLAPES UC.
<http://www.clapesuc.cl/assets/uploads/2017/09/04-09-17-informe_productividad_industria_mineria.pdf> [consulta: 20 agosto, 2017]

8.- COMISION CHILENA DEL COBRE, 2017. Anuario [en línea]. Santiago, Chile.

<<https://www.cochilco.cl/Paginas/Estadisticas/Publicaciones/Anuario.aspx>>
[consulta: 24 octubre, 2017]

9.- CANTALLOPTS, J., 2016. Una mirada desde los costos [en línea]. Comisión Chilena del Cobre. 21 noviembre 2016.

<<https://www.cochilco.cl/Presentaciones/PPT%20Cochilco%20Costos.pdf>>
[consulta: 24 octubre, 2017]

10.- ARELLANO, J. P., 2012. Productividad en la minería chilena, productividad agregada y competitividad país [en línea]. Corporación de estudios para Latinoamérica, CIEPLAN. Octubre, 2012.

<http://www.cieplan.org/media/publicaciones/archivos/310/Notas_de_Estudio.pdf> [consulta: 20 agosto, 2017]

11.- COMISION NACIONAL DE PRODUCTIVIDAD, 2017. Presentación y Organización [en línea]. Santiago, Chile.

<<http://www.comisiondeproductividad.cl/>> [consulta: 28 octubre, 2017]

12.- VALENZUELA, C., 2017. Presidenta recibe estudio sobre productividad en la Gran Minería del cobre [en línea]. Revista Minería Chilena en internet. 23 de mayo, 2017.

<<http://www.mch.cl/2017/05/23/presidenta-recibe-estudio-productividad-la-gran-mineria-del-cobre/>> [consulta: 25 mayo, 2017]

13.- RAMOS, J., 2017. Entrega del Informe sobre Productividad en la industria minera del cobre en Chile [en línea]. Comisión Nacional de Productividad. 22 junio, 2017.

<<http://www.comisiondeproductividad.cl/wp-content/uploads/2017/06/PPT-Informe-Productividad-de-la-Gran-Mineria-del-Cobre-Joseph-Ramos-22-de-junio-de-2017.pdf>> [consulta: 28 octubre, 2017]

14.- ULLOA, A., 2017. Productividad en la industria minera del cobre en Chile [en línea]. Comisión Nacional de Productividad. 3 abril, 2017.

<<http://www.comisiondeproductividad.cl/wp-content/uploads/2017/04/CESCO-Final-AAUU.pdf>> [consulta: 28 octubre, 2017]

15.- MATRIX CONSULTING, 2017. Desafíos de productividad para la Minería Chilena [en línea]. 3 abril, 2017.
<<http://www.comisiondeproductividad.cl/wp-content/uploads/2017/04/MatrixConsulting-Presentacion-CESCO2017-version-pagina-web-vs13042017.pdf>> [consulta: 28 octubre, 2017]

16.- KOTTER, J. P. 1996. Leading Change. Boston, Harvard Business School Press.

17.- KAPLAN, R. S. y NORTON, D. P. 2008. The Execution Premium: Linking Strategy to Operations for Competitive Advantage. Boston, Harvard Business School Press.