



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ESTRATEGIA CORPORATIVA PARA LA GESTIÓN DE LA CATEGORÍA EXPLOSIVOS DE CODELCO CHILE

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

ALEJANDRO JAVIER CARLOS MALUENDA

PROFESOR GUÍA:

IVAN BRAGA CALDERÓN

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

MANUEL ROJAS VALENZUELA

GERARDO DÍAZ RODENAS

SANTIAGO DE CHILE

2018

RESUMEN

Resumen de la memoria para optar al grado de: Magister en Gestión y Dirección de Empresas.

Por: Alejandro Javier Carlos Maluenda.

Profesor Guía: Ivan Braga Calderón.

Co-guía: Manuel Rojas Valenzuela.

ESTRATEGIA CORPORATIVA PARA LA GESTIÓN DE LA CATEGORÍA EXPLOSIVOS DE CODELCO CHILE

La competitividad global de la industria productora de cobre se basa en las ventajas competitivas que cada empresa pueda desarrollar para maximizar su productividad al menor costo posible.

El análisis del negocio de explosivos con la metodología de gestión de categoría, permitió definir la estrategia con la cual se administrará los recursos de servicios y suministros requeridos para Codelco, para así optimizar los costos operacionales en forma sustentable, mantener la continuidad operacional y que permita gestionar las optimizaciones que requiere la dinámica del negocio minero.

La problemática analizada se debe a que el mercado ha formado a través del tiempo, un segmento oligopólico capaz de suministrar el Nitrato de Amonio, explosivos, detonadores, prestar el servicio integral de tronadura y administrar los polvorines, generando un alto grado de dependencia, altas barreras de entrada a la competencia y concentración en las dos principales empresas proveedoras.

Al menos el 75% del costo total del servicio integral corresponde al suministro de Nitrato de Amonio y accesorios, por lo que es necesario generar competencia en la oferta para optimizar los costos.

El análisis definió el modelo de negocio corporativo, con indicadores de riesgo y desempeño y se definió una única forma de operar en Codelco. Se establecieron las líneas de negocios a ser adjudicadas a distintos proveedores, siendo estos:

- Suministro de nitrato de amonio
- Suministro de altos explosivos y accesorios
- Servicio de fabricación y carguío de explosivos a granel
- Servicio de administración de polvorines
- Servicio de asistencia técnica

Como resultado, la estrategia definida generó competencia en cada uno de las líneas de negocio obteniendo precios internacionales de los suministros, manteniendo una constante competencia del mercado (14% ahorro) y permitió estandarizar la operación con servicios flexibles incorporando nuevos proveedores internacionales, disponer de acceso a productos, tecnologías y recursos que permiten optimizar el proceso productivo conforme a los desafíos operacionales.

DEDICATORIA

Dedicado a mi familia y en forma especial a mis hijos...

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a la vida la oportunidades que me ha dado de enriquecer mi alma y espíritu en este pasar. A mis abuelitos Lucho y Wense por haberme mostrado los frutos del trabajo y perseverancia y con la sabiduría de seguir soñando con ambición y materializando proyectos incluso a tan altas edades. A mis abuelitas que nos acompañan, protegen y guían desde el alma. A mis padres que siempre caminan juntos por esta vida, irradiando cariño y bondad por donde pasan, con gran sabiduría, empatía, profesionalismo y mucho amor, por enseñarme su filosofía austera de la vida y por su capacidad de disfrutar las cosas nobles del día a día. A mis queridos hermanos que han sido mis amigos y cómplices desde mis primeros recuerdos, quienes me abrieron camino en el pasto largo del campo y de los cuales sigo aprendiendo de sus aciertos y sus errores simplemente por seguir sus pasos, con quienes encuentro la plena confianza, a quienes veo reflejados en mis hijos, con quienes he compartido los mejores 43 años de mi vida, con quienes puedo descansar y sentirme nuevamente acogido en casa. A mi linda amiga, compañera y musa inspiradora... María Paz, que me robó el corazón de por vida y que me ha hecho una mejor persona, padre y compañero y con quien hemos emprendido la aventura familiar con tres lindos y maravillosos hijos, Antonia, Sebastián y Manuela. A ellos, que me hacen sentir la mejor persona del mundo, un padre orgulloso, por entregarme su amor tierno de hijos, por enseñarme a ser su guía, por apoyarme, corregirme, motivarme e impulsan a seguir materializando sueños y que me llenan el alma por completo de pura felicidad. A mis queridos amigos y compañeros de trabajo que me apoyaron día a día para que pueda realizar este MBA y principalmente por generar un equipo de alto desempeño, apoyo y fraternidad y con quienes aportamos nuestro grano de arena a este lindo país. A mis amigos y compañeros del MBA con quienes vivimos este "reality" de la mejor forma y con quienes generamos un grupo muy cohesionado, de colaboración y fraternos con quienes espero mantengamos el grupo (todos) en el tiempo y a los profesores, administrativos y colaboradores del MBA, quienes nos compartieron sus conocimientos, estudios, pasión, colaboración, incentivo, espíritu, apoyo, amistad y guía durante todo el proceso... A todos, muchas gracias.-

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
TABLA DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	vii
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	6
CAPITULO III. METODOLOGÍA.....	37
CAPITULO IV. GESTIÓN DE CATEGORÍA EXPLOSIVOS	42
4.1. Etapa 1, Análisis de la Situación Actual	42
4.1.1. Etapa 1.1.- Estrategia Actual.....	42
4.1.2. Etapa 1.2.- Análisis Spend o Análisis del Gasto	45
4.1.3. Etapa 1.3.- Especificación.....	48
4.1.4. Etapa 1.4.- Contratos	50
4.1.5. Etapa 1.5.- Proveedores	53
4.1.6. Etapa 1.6.- Benchmark Interno	54
4.2. Etapa 2, Análisis Técnico y de Mercado.....	56
4.2.1. Etapa 2.1.- Análisis Técnico.....	56
4.2.2. Etapa 2.2.- Prácticas de Mercado	59
4.2.3. Etapa 2.3.- Análisis Macroeconómico	61
4.2.4. Etapa 2.4.- Análisis de la Competencia.....	65
4.2.5. Etapa 2.5.- Análisis de Sinergias Entre Categorías	67
4.2.6. Etapa 2.6.- Análisis de Proveedores Potenciales.....	68
4.3. Etapa 3, Definición de la Estrategia para la Categoría	71
4.3.1. Etapa 3.1.- Generación de Escenarios.....	71
4.3.2. Etapa 3.2.- Evaluación de los Escenarios	73
4.3.3. Etapa 3.3.- Validación de la Estrategia	75

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
CAPITULO VI. BIBLIOGRAFÍA	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Minería a rajo abierto y Minería subterránea	18
Tabla 2: Diferencias proceso de quemado y detonación.....	31
Tabla 3: Explosivos comercializados.....	36
Tabla 4 Formas físicas de los explosivos	36
Tabla 5: Consumo anual estimado de explosivos por División	67
Tabla 6: Análisis FODA empresas Dyno Nobel, AEL, Enaex y Exponum	69
Tabla 7: Análisis FODA empresas Exsa, Famesa, Hanwha y Maxam	69
Tabla 8: Análisis FODA empresa Orica.....	70
Tabla 9: Factores que inciden en los escenarios y sus variaciones	72
Tabla 10: Escenarios probables	72
Tabla 11: Criterios de evaluación y ponderación de escenarios	74
Tabla 12: Evaluación y priorización de escenarios.....	75

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1: Esquema del Marco Teórico	6
Figura 2: Modelo de las Cinco Fuerzas de Porter	12
Figura 3: Esquema métodos de Minería Subterránea.....	18
Figura 4: Resumen sistemas mecánicos de perforación.....	23
Figura 5: Disposición espacial de los parámetros	25
Figura 6: Parámetros metodológicos tronadura en minería subterránea	26
Figura 7: Detonación.....	29
Figura 8: Propagación.....	29
Figura 9: Expansión del gas.....	29
Figura 10: Movimiento del material	30
Figura 11: Fases de detonación simultáneas.....	30
Figura 12: Detonadores.....	33
Figura 13: Detonadores no eléctricos.....	33
Figura 14: Emulsiones explosivas	34
Figura 15: Emulsiones a granel.....	34
Figura 16: Emulsiones encartuchadas	34
Figura 17: ANFO y ANFO pesado.....	35
Figura 18: Gestión de Categorías Codelco	37
Figura 19: Etapa 1, Análisis de la situación actual	39
Figura 20: Etapa 2, Análisis técnico y de mercado.....	40
Figura 21: Etapa 3, Definición de la Estrategia	41
Figura 22: Resumen de la Etapa 1.1 Estrategia actual	45

Figura 23: Distribución del Gasto por División, Proveedores, Suministros y Servicios	46
Figura 24: Distribución del Gasto por tipo de Suministro	47
Figura 25: Distribución del Gasto por División y Proveedor	47
Figura 26: Características técnicas de PyT	49
Figura 27: Análisis de contratos por alcance, monto y duración	51
Figura 28: Análisis de contratos por familia, consumo y vencimiento	52
Figura 29: Análisis del consumo histórico y por División	52
Figura 30: Modelo de negocio actual	57
Figura 31: Características técnicas Rajo	58
Figura 32: Características técnicas Subterránea.....	59
Figura 33: Consumo de Cobre por región	62
Figura 34: Producción de Cobre por región	63
Figura 35: Producción mundial de Cobre y Productores	64
Figura 36: Variación del precio del Cobre, 2010-2017	65
Figura 37: Resultados del análisis de la Competencia	66
Figura 38: Proveedores internacionales de Nitrato de Amonio	70
Figura 39: Modelo de negocio de P&T para minería rajo estandarizado.....	76

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presenta el contexto, escenario y los factores que han motivado la aplicación de la metodología de gestión de abastecimiento por categorías en una de las categorías estratégicas de la industria minera, con el objetivo de definir la estrategia de largo plazo que desarrollará el negocio en los próximos 5 años, para lo cual se considera la aplicación de dos etapas de investigación y análisis de la situación actual, análisis técnico y de mercado para así definir las estrategias que permitirán optimizar el negocio y aportar valor a la minera.

Al final del capítulo, se presenta la organización general de la investigación completa.

1.1. Marco Contextual

El costo de producción del Cobre ha tenido una fase expansiva a partir del 2000, manejado por el alza de precio del mismo, para satisfacer la vertiginosa demanda, privilegiando el aumento de producción y llegando a triplicar los costos productivos al 2012. A esto se suma el envejecimiento de los yacimientos y su baja de las leyes.

A partir del 2011 el precio del cobre ha tenido una caída pronunciada tendiendo al precio promedio histórico de US\$ 2/ton, lo que ha obligado a las empresas mineras a ajustar sus costos productivos para mantenerse competitivos en la industria y así aumentar su productividad, provocando el cierre de algunas operaciones, recortes de producción, venta de activos menos rentables, detención y revisión de proyectos poco rentables y diversificación de portafolio de activos.

A fines del 2016 la baja de precios se interrumpió y revirtió como resultado de una mejor expectativa de demanda y el ajuste de la producción, dando una mejor perspectiva en el mediano plazo.

En este contexto la industria minera nacional e internacional, enfrenta diversos desafíos entre los cuales es posible mencionar:

- Operacionales:
 - Menores leyes de los minerales.
 - Yacimientos más profundos.
 - Mayor contenido de impurezas.
- Medioambientales:
 - Seguridad, medio ambiente, salud, derechos humanos.
 - Regulaciones más exigentes.
 - Empoderamiento de comunidades e impacto en los territorios.
 - Procesos participativos.

- Disponibilidad de recursos críticos:
 - Agua.
 - Energía.
 - Personas calificadas.
- Inversiones:
 - Escalamiento de inversiones.
 - Financiamiento.
- Mercado:
 - Incertidumbre del precio.

En este escenario, la productividad, excelencia operacional y la responsabilidad financiera son claves para asegurar la sustentabilidad del negocio por lo que Codelco ha definido una agenda de productividad y costos con 8 ejes estratégicos:

1. Excelencia operacional “Lean Management”
2. Mantenimiento proactivo.
3. Servicio de terceros de alta competitividad.
4. Gestión de adquisiciones “Low Cost”
5. Sinergias y buenas prácticas.
6. Gestión de activos.
7. Innovación y tecnología aplicada.
8. Capital de trabajo.

En este marco estratégico, la Gerencia Corporativa de Abastecimiento ha definido 8 dimensiones de transformación para hacerse cargo de los ejes N° 3 y 4, el desarrollo y consolidación de mercados alternativos y la implementación de Gestión por Categorías para la contratación de servicios y suministros considerando el impacto global en el negocio con objetivos claros y medidos.

La categoría Explosivos corresponde a una de las categorías estratégicas debido a que incide directamente en el proceso productivo de Perforación y Tronadura del proceso de extracción Mina, con un gasto significativo y afectando directamente en el costo operacional. Considera todos los suministros y servicios adquiridos contratados para las operaciones de rajo abierto y subterráneo de Codelco.

1.2. Planteamiento del Problema

Dentro de las categorías estratégicas del proceso mina, los “Explosivos” tienen un gasto anual de más de US\$ 100M, concentrando el 99% de las contrataciones en los 2 principales proveedores del mercado local con gran dependencia a lo largo del proceso productivo de Perforación y Tronadura (PyT) de la Corporación.

En este contexto se hace necesario revisar el modelo estratégico de abastecimientos para el proceso de perforación y tronadura Corporativo para así alcanzar los compromisos de productividad y costos que aseguren la continuidad operacional y sustentabilidad del negocio en el largo plazo.

En la actualidad en Chile, el modelo de abastecimiento de explosivos de la industria minera, ha tendido a generar un servicio integral de tronadura con un único proveedor por operación, que considera la fabricación in situ de explosivos a granel y carguío de éste explosivo en el pozo, o tiro para el caso de la minería subterránea, con camiones fábrica que sensibilizan matrices o bien mezclan las matrices con ANFO que corresponde a una combinación de combustible y nitrato de amonio.

Este servicio por lo general considera también el suministro de los Altos Explosivos correspondientes a todos los explosivos terminados como son los APD, pentolitas, dinamitas, emulsiones encartuchadas, entre otros y los Accesorios como son detonadores de todos sus tipos, cables de detonación, cordón detonante, booster, entre otros, los cuales por su clasificación deben ser manipulados, controlados y almacenados en polvorines conforme a la normativa vigente. Dado esto, la industria ha optado por contratar la administración de los polvorines y el suministro de estos productos con el proveedor de servicio de tronadura, entregando parte principal de la responsabilidad del manejo de los explosivos ante la Dirección General de Movilización Nacional (DGMN) que es responsable de controlar, normar y autorizar el uso de explosivos y ante la Autoridad Fiscalizadora (AF) que fiscaliza el cumplimiento de los procesos.

En complemento, dado que los sistemas de detonación electrónica, que es la mayormente utilizada en gran minería de rajo abierto, revisten un manejo específico de herramientas electrónicas para la programación de la secuencia de detonación, también se ha tendido a contratar en el mismo servicio de tronadura, concentrando la responsabilidad y éxito de la tronadura en el Proveedor.

De la misma forma, el afán de aumentar la productividad ha determinado optimizar la dotación, lo que en algunas operaciones ha resultado en tercerizar, en mayor o menor medida, la ingeniería de tronadura considerando el monitoreo de vibraciones, el diseño de mayas la definición del tipo y cantidad de explosivo a cargar y hasta el nivel de fracturación de la roca requerido para el proceso productivo aguas abajo.

Por otra parte, la necesidad de la industria minera a destinar sus recursos a las inversiones de los proyectos mineros intensivos en capital, ha desincentivado la inversión en infraestructura de tronadura robusta para este fin, fomentando a solicitar al proveedor de explosivos que haga la inversión y desarrolle la infraestructura con cargo al costo operacional.

De éste modo, el proveedor ha ido integrando su modelo de negocios de fabricante de nitrato de amonio y productor de explosivos (suministros) a prestador de servicio integral de tronadura, considerando una amplia especialidad de los factores que determinan el resultado del mineral tronado hasta involucrarse en el negocio minero, determinando hasta la optimización de la recuperación de mineral en el proceso de planta, su incidencia en el mantenimiento y costo operacional de los activos, los que son competencias diferenciadoras y claves de toda compañía minera. Con esto, el proveedor tiende a ser partícipe de las utilidades del negocio minero por sobre el suministro de insumos o prestador de un servicio y al haber un mercado oligopólico, se crea una alta dependencia del proveedor, restringiendo el poder de negociación de la compañía minera.

Lo anterior sería algo positivo si hubiese un mercado desarrollado con mayor oferta y alta competencia, el cual permitiera optimizar los costos del servicio.

1.3. Objetivos

Objetivo General

Analizar y diseñar una estrategia de abastecimiento Corporativo en la gestión de Explosivos, con el interés de optimizar los costos de operación de las Divisiones de Codelco con una mirada en los próximos 5 años.

Objetivos Específicos

- Revisar el modelo del negocio de explosivos para todas las Divisiones de Codelco, identificar las buenas prácticas internas y de la industria para así proponer un nuevo modelo de negocio corporativo estandarizado, con visión sistémica del proceso productivo.
- Documentar la aplicación de la metodología de análisis por categoría aplicada a un negocio estratégico de la industria minera.

1.4. Supuesto de la Investigación

Las empresas que convierten el abastecimiento en una función estratégica central pueden tomar decisiones de manera sistemática e integral que les permite mantenerse competitivas en una economía global, obteniendo el pleno potencial de la tercerización, abandonando así la visión periférica y táctica.

La aplicación de la metodología de abastecimiento estratégico por categoría, permitirá analizar profundamente el negocio para así definir la estrategia de largo plazo para así obtener resultados competitivos y sustentables en el tiempo.

1.5. Justificación de la Investigación

El proyecto 2020 de Codelco considera la implementación de la metodología de abastecimiento estratégico por categorías y la Categoría de explosivos requiere definir la estrategia con la cual se debe contratar los próximos 5 años de servicios y suministros para la corporación, con el fin de bajar los costos y maximizar la producción.

Por las razones expuestas, la categoría Explosivos es crítica para el proceso productivo de la industria minera mundial y en particular para Codelco, concentrándose en pocos proveedores, aumentando las barreras de entrada de nuevos actores al mercado y generando una alta dependencia. Las herramientas de gestión por categorías permitirán analizar los aspectos determinantes del negocio de explosivos en el contexto de la Corporación para así identificar las palancas que permitan definir la estrategia del negocio, para así potenciar la competencia del mercado, robustecer la capacidad de gestión del negocio minero y así contribuir a optimizar los costos operacionales en forma sistémica.

1.6. Contexto de la investigación

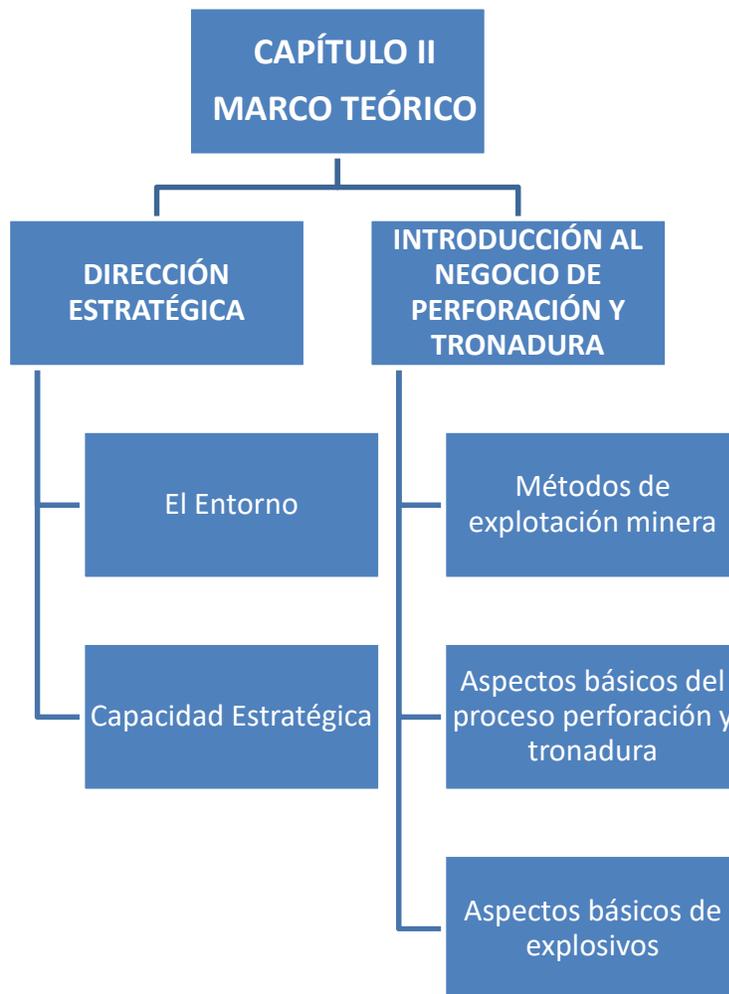
Este trabajo está enfocado en la Categoría Explosivos que considera todos los suministros y servicios demandados por las distintas Divisiones de Codelco, considerando las operaciones mineras de Rajo y Subterránea, en el proceso de extracción mina para la reducción de mineral y estéril, así como el desarrollo de infraestructura minera como son el avance de túneles en minería subterránea, la construcción de proyectos estructurales y la disponibilidad de áreas para explotación.

La aplicación de la metodología considera las 3 primeras etapas que consisten en el análisis profundo de la categoría, del mercado, la industria, el estado del arte de los servicios y suministros, identificar los factores claves del negocio, para luego definir criterios, escenarios y finalmente proponer una estrategia de gestión del negocio.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presenta la fundamentación teórica, técnica y conceptual en la que se sustentará esta investigación. Para ello, se expondrán dos temáticas principales, correspondientes a la Dirección Estratégica que corresponde al concepto base que determina la orientación y aplicación de la herramienta de Gestión por Categorías. Asimismo, se revisarán los conceptos claves que sustentan el negocio de Perforación y Tronadura (PyT), como son los Métodos de Explotación Minera, sus características y particularidades, los Aspectos Básicos del Proceso de Perforación y Tronadura y finalmente los Aspectos Básicos de Explosivos, sus propiedades y clasificaciones que ayudan a entender los distintos tipos de productos y su utilización.

Figura 1: Esquema del Marco Teórico



2.1. Dirección Estratégica (Tema 1)

Gerry Johnson, catedrático de la Universidad de Lancaster, en conjunto con Kevin Scholes, catedrático de la universidad de Sheffield y Richard Whittington, académico de la Universidad de Oxford, son autores del manual de *Dirección Estratégica* (2006), en el que realizan un *análisis sobre la perspectiva tradicional del diseño de la estrategia, analizando el surgimiento de éstas a partir de la experiencia y cultura, y cómo pueden ser producto de ideas que emergen del complejo mundo de la organizaciones y su entorno.* (Johnson, G., Scholes, K. y Whittington, R., 2006pp. 18). Aunque se tomarán diversas definiciones y se realizará una discusión bibliográfica, esta séptima edición se perfila como un libro esclarecedor y, por sobre todo, ejemplificador sobre lo relativo a la dirección estratégica, por tanto funcionará como la base teórica de la presente investigación.

En los años 70s ya se estudiaba sobre la estrategia. Universidades como Harvard implementaban cursos con relación a ésta, principalmente basados en experiencias prácticas de directivos y su toma de decisiones empresariales. A su vez, se estaban desarrollando manuales sobre la planificación estratégica, que pretendían analizar las condiciones externas e internas que influían sobre el bienestar de la organización, principalmente con el objetivo de prever las amenazas o posibles oportunidades.

En relación a esto Johnson, Scholes y Whittington (2006) mencionan:

“Se adoptaba la forma de planteamientos muy sistematizados de la planificación: incorporando técnicas y conceptos de la investigación operativa. Este planteamiento analítico es una herencia dominante en el estudio de la materia. Supone que los directivos pueden, y deben comprender todo lo que les sea posible sobre el mundo de su organización; y que, al hacerlo, sabrán tomar decisiones óptimas sobre el futuro de la misma.” (Johnson, G., Scholes, K. y Whittington, R., 2006, pp. 21).

Si bien se generaron duras críticas a partir de este *modelo*, esto permitió abrir paso a una discusión sobre la forma en que se debían gestar las teorías con respecto a la estrategia –o dirección-. El nuevo paradigma se preocupaba de la manera que, en tanto alumnos como directivos, debían estudiar y abordar la temática y posteriormente llevarla a la práctica.

Analizando el rendimiento financiero y las estrategias aplicadas por las organizaciones permitió evaluar, sobre la experiencia empírica, el funcionamiento de determinadas estrategias, lo que nuevamente concluyó en la importancia de la experiencia.

El supuesto constante era, evidentemente, que las decisiones estratégicas debían partir del análisis y la evaluación para poder resultar óptimas, pero que la acumulación de las conclusiones de la investigación podría ofrecer también evidencia para tomar dichas decisiones. (Johnson, G., Scholes, K. y Whittington, R., 2006, pp. 21).

James Brain Quinn, académico de la Universidad de McGill y Henry Mintzberg, académico del College de Darmouth, en su libro, *El Proceso Estratégico* (1988), hacen hincapié en la importancia de considerar el mundo como complejo, es decir, con las dificultades que esto conlleva, concluyendo que es imposible analizarlo todo y, mucho menos, tener la capacidad de predecir el futuro, por tanto, es inútil buscar decisiones óptimas.

En su libro mencionan:

“La estrategia no sólo comprende lo impredecible, sino también lo desconocido. Para las estrategias fundamentales, ningún analista podría predecir, de manera precisa, cómo las fuerzas que se contraponen actúan entre sí, o cómo serán distorsionadas o cambiadas por la naturaleza humana o las emociones, o modificadas por la imaginación y lo determinante de los contraataques de los contrincantes hábiles.” (Mintzberg, H., Quinn, J., 1988, pp.11).

Dicho esto, la labor de los directivos, a su parecer, debía ser desde la experiencia individual y colectiva y las políticas de la organización, así como la historia y la cultura, para finalmente considerar a la estrategia.

“Señalaban la naturaleza adaptativa de cómo se desarrollaban las estrategias en las organización. Afirmaban que sería útil pasar más tiempo intentando comprender los procesos directivos para la toma de decisiones dada la complejidad de la dirección estratégica en la realidad de su contexto social, político y cultural. La visión ortodoxa afirma que estas restricciones sociales, políticas y culturales de los directivos dan lugar a decisiones subóptimas, a inercias, y tal vez, a un menor rendimiento.” (Johnson, G., Scholes, K. y Whittington R., 2006, pp. 21).

Michael Porter (1980), Economista, Ingeniero Eléctrico y Aeroespacial, y académico de la Universidad de Harvard, basa su teoría en los recursos disponibles, e incorpora la importancia de considerar a la competencia dentro de las decisiones estratégicas, permitiendo la construcción de marcos conceptuales claves para la estrategia.

Ralph Stacey (1993), académico de la Universidad de Hertforshire, Shona L. Brown y Kathleen Eisenhardt, co-autoras del libro *Strategy as Structured Chaos* (1998), critican este planteamiento haciendo un análisis comparativo entre las organizaciones y los organismos vivos. Consideran que la estrategia no sólo debe basarse en la planificación y análisis, sino que debe experimentar e interpretar, en tanto la diversidad y variedad permiten reaccionar a entorno cambiantes mediante la innovación y el cambio. Este planteamiento genera una explicación más efectiva con relación a organizaciones que se adaptan a medios cambiantes y complejos de manera innovadora, y en consecuencia, sus transformaciones estratégicas suelen ser más significativas (Johnson, G., Scholes, K. y Whittington, R., 2006).

Dirección estratégica (2006), intenta, desde una perspectiva holística, aunar todos estos modelos con el objetivo de generar una visión de estrategia cabal. El principal cuestionamiento que aborda es la definición de estrategia, y por consecuencia, dirección estratégica. En él, se define la estrategia como: *la dirección y el alcance de una organización a largo plazo que permite lograr una ventaja en un entorno cambiante mediante la configuración de sus recursos y competencias, con el fin de satisfacer las expectativas de las partes interesadas.* (Johnson, G., Scholes, K. y Whittington, R., 2006, pp. 10).

Este recorrido deja plasmado las diversas corrientes y la importancia que significa el estudio de la dirección estratégica para las organizaciones, pero aún no define a cabalidad el concepto.

Michael Porter, en *Estrategia competitiva* (1980), ya logra una completa definición, y no muy alejada de lo que se considera en la actualidad, sobre la dirección estratégica,

señalando que son los modelos de decisiones de una empresa que determina y revela sus objetivos, propósitos o metas, que define las principales políticas y planes para lograr esos objetivos y define el tipo de negocios que la empresa va a perseguir, la clase de la organización económica y humana que es o intenta ser, y la naturaleza de la contribución económica y no económica que intenta aportar a sus accionistas, trabajadores, clientes y la comunidad. (Porter, M., 1980)

Por otra parte, Hax y Majluf, en *Strategic Management* (1984), con una perspectiva más organizacional, es decir, preocupándose particularmente de lo que sucede dentro de la organización, y del entorno, agregan que:

“La dirección estratégica tiene, como objetivo, el desarrollo de los valores corporativos y las capacidades directivas, las responsabilidades organizativas y los sistemas administrativos que relacionan la toma de decisiones estratégica y operativa de todos los niveles jerárquicos y de todas las líneas de autoridad de negocio y funcionales de una empresa.” (Hax, A., y Majluf, N., 1984, pp. 72).

Por contraparte, y desde una perspectiva mercantil, Teece (1990) lo define como la formulación, implementación y evaluación de las acciones directivas que permiten aumentar el valor de la empresa, o maximizar la diferencia entre su valor de mercado y el capital aportado por los propietarios (Teece, D., 1990)

Mientras que, Héctor Felipe Álvarez, en su libro *Fundamentos de Dirección Estratégica* (2000) define a la estrategia –en términos generales– *como un proceso que trata de las tareas empresariales de una organización, del crecimiento y de la renovación organización y más específicamente del desarrollo y la utilización de la estrategia que deberá guiar a la operación de la organización.* (Álvarez, H., 2000, pp.20)

Jeffrey y Caron, quienes son, en su libro *Fundamentos de la Dirección Estratégica*, incorporan a la definición, la importante consideración de los stakeholders –o partes interesadas–. Respecto a ello mencionan:

“La dirección estratégica es el procedimiento a través del cual las organizaciones analizan y aprenden de sus entornos interno y externo, dictan la dirección estratégica, crean estrategias destinadas a la consecución de objetivos establecidos y ejecutan dichas estrategias, todo ello destinado a satisfacer las exigencias de una parte clave de la organización: los stakeholder o también llamados grupos de interés.” (Harrison, J., y Caron, J., 2002, pp. 2).

En consideración con el entorno, y la importancia que tiene este sobre las organizaciones y que no se ha abarcado, Draft, ¿Quién es? en su libro *La experiencia del Liderazgo* (2006), define a la dirección estratégica *como el conjunto de decisiones y actos usados para formular e implementar estrategias específicas que conseguirán que la organización se adapte a su entorno de forma competitivamente superior, para poder alcanzar las metas de la organización* (Draft L., 2006, p. 540).

Finalmente, y Johnson, Scholes y Whittington consideran que la dirección estratégica *se ocupa de la complejidad que surge de situaciones ambiguas no rutinarias y con consecuencias que afectan a toda la organización y no a un determinada operación. El directivo que aspire a dirigir o influir sobre la estrategia tiene que desarrollar la capacidad para adoptar un planteamiento general, concebir a la organización como un todo.*

(Johnson, G., Scholes, K. y Whittington, R., 2006, pp.16). Y consideran que hay tres elementos fundamentales que la componen, a saber; (1) La comprensión de la posición estratégica de una organización, (2) las elecciones estratégica a futuro, y (3) convertir la estrategia en acción. Es importante considerar que dichos elementos no necesariamente deben ser consecutivos, sino que se interrelacionan e influyen.

En conjunción, y para la presente investigación, se construye una definición de dirección estratégica como: el conjunto de decisiones en momentos de incertidumbre que, a través de recursos administrados, pretende poner en ventaja a determinada organización con el objetivo de satisfacer a las *partes interesadas* y en consideración de un entorno complejo y cambiante.

2.1.1. El Entorno

Para tomar decisiones estratégicas, los directivos deben tener la capacidad de observar lo que denominamos el entorno. Analizar el entorno es una tarea compleja debido a tres razones fundamentales: Es *diverso*, ya que en éste radican diversas influencias que dificultan su análisis. En segundo lugar, es complejo, en tanto existen muchos agentes independientes del entorno empresarial que se relacionan entre sí, y *muchos directivos consideran que el ritmo de cambio tecnológico y la velocidad de las comunicaciones globales implican cambios más rápidos y más numerosos que nunca antes* (Johnson, G., Scholes, K. y Whittington, R., 2006, pp.64) es decir; existe una *velocidad de cambio*.

El entorno puede ser entendido a partir de tres capas: (1) Macroentorno, (2) Industria (o sector) y (3) Competidores y los Mercados.

El Macroentorno

El macroentorno es la capa más general y considera factores generales del entorno que pueden o no afectar a la organización. Para determinarlos existen tres modelos: (1) Marco PESTEL, (2) El diamante de Porter, y (3) Creación de escenarios.

Según el marco o análisis PESTEL, Análisis de factores Políticos, Económicos, Sociales y Tecnológicos desarrollado, existen seis grandes categorías, a saber: *política, social, económica, tecnológica, ecológica (medioambiental) y legal*, que influyen en la organización. Estas categorías se interrelacionan constantemente permitiendo identificar los *principales motores de cambio* –fuerzas combinadas que afectarán estructuralmente a la industria, sector o mercado- y que serán considerados en futuros escenarios. Según Johnson. Scholes y Wittington:

“A medida que cualquiera de estos factores cambia, afecta al entorno competitivo en el que se mueven las organizaciones... Los directivos tienen que comprender cuáles son los motores clave del cambio y también el impacto diferencial de estas influencias externas en determinadas industrias, mercados y en las organizaciones individuales... Aunque habrá muchos cambios en el macroentorno de la mayoría de las organizaciones, será sólo el efecto combinada de algunos de estos factores

independientes lo que resultará importante, y no todos los factores por separado (Johnson, G., Scholes, K. y Whittington, R., 2006, pp.65-68).

Michael Porter, en *The Competitive Advantage of Nations* (1990), explicita que hay naciones que son más competitivas que otras, y por tanto, hay industrias –o sectores– dentro de naciones que son más competitivas que otras, por tanto, considera como factor fundamental el país de origen de una organización pudiendo crear las siguientes ventajas a nivel global. Este modelo se denomina diamante de Porter y se ha utilizado tanto gubernamentalmente como industrialmente.

“En esencia, es que las características nacionales de la competencia deberían ofrecer ventajas a escala más amplia, la consecuencia es que se debe fomentar la competencia en el país, en vez de proteger a las industrias de la competencia externa.” (Johnson, G., Scholes, K. y Whittington, R., 2006, pp.65-73).

Dicho todo esto, hay que considerar que existen situaciones en que hay un elevado grado de incertidumbre en el entorno empresarial, debido a complejidades o cambios rápidos, resultando imposible aplicar cualquiera de los dos modelos anteriores. Para estos casos se hace necesaria la creación de escenarios.

Los escenarios son *descripciones detalladas sobre posibles* entornos empresariales a futuro, en consideración de influencias clave y posibles motores de cambio del entorno empresarial. Si bien existen un sinnúmero de cuestiones sobre el entorno que deben ser consideradas, se determina como las más importantes: la disponibilidad de materias primas, tecnologías de transmisión y almacenaje y posibles precios y demandas. Siendo imposible prever con precisión dichos factores, es posible la planificación de un escenario, que pretende considerar múltiples futuros. Respecto a ello se menciona

“Cuando se comparten y se debaten estos escenarios se logra mejorar el aprendizaje de la organización, obligando a que los directivos sean más receptivos a estas fuerzas en el entorno empresarial y más conscientes de lo que realmente es importante. Los directivos también deberían evaluar y desarrollar estrategias (o planes de contingencia) para cada escenario. También deben hacer un seguimiento del entorno para ver cómo se está desarrollando de hecho y ajustar sus estrategias y planes en función de dicho desarrollo.” (Johnson, G., Scholes, K. y Whittington, R., 2006, pp. 76).

En resumen, los escenarios resultan útiles para proyecciones a largo plazo -al menos 5 años-, cuando hay incertidumbre sobre las influencias que determinan el éxito de una organización.

La Industria o sector

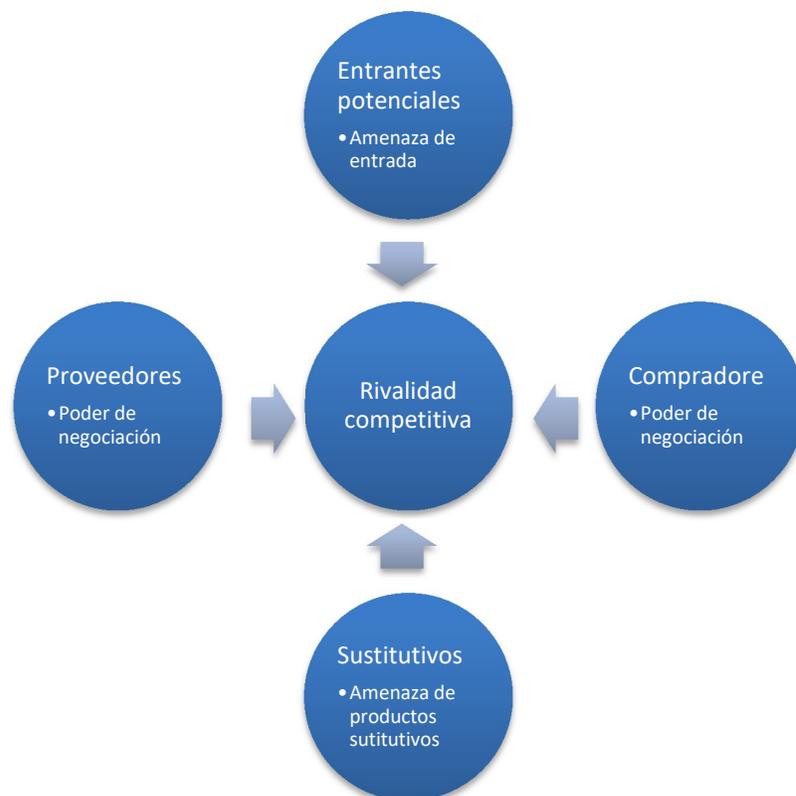
En la Industria, o sector, consideramos a grupos de organizaciones que se dedican a rubros similares, es decir; ofrecen los mismos servicios o productos. Según la teoría económica es *un grupo de empresas que fabrica el mismo producto principal* o, de forma más general, *un grupo de empresas que fabrica productos que son sustitutos cercanos entre sí* (Johnson, G., Scholes, K. y Whittington, R., 2006, pp. 77). A su vez, cuando nos referimos a servicios públicos se utiliza el concepto de sector. Dicho esto, el papel de los

directivos es comprender las fuerzas competitivas imperantes sobre y entre las organizaciones en una industria o sector determinado, en tanto establecerá el atractivo de éste y su forma de competir.

A su vez, es importante considerar que los límites de una industria cambian, posiblemente por la *convergencia* de industrias que anteriormente estaban separadas. Este fenómeno, denominado convergencia, acontece cuando la industrias independientes, en ocasiones, puede solaparse en cuanto a sus actividades, tecnologías, productos y consumidores.

En estrechez con la estrategia se encuentra lo relativo a la competencia. La competencia es la capacidad de lograr aventajarse por sobre los competidores, Michael Porter (1979), elabora un modelo de análisis sobre el potencial de distintas industrias o sectores, que nombra Modelo de las Cinco Fuerzas, éste analiza el nivel de competencia dentro de una industria, para desarrollar una estrategia de negocio. Se basa en el análisis de cinco fuerzas determinantes en la competencia y rivalidad de una industria, y por tanto, sus potenciales oportunidades.

Figura 2: Modelo de las Cinco Fuerzas de Porter



A pesar de que este modelo se generó pensando en empresas privadas, tiene validez para la mayoría de las organizaciones.

Es importante considerar que este modelo se debe aplicar en el ámbito de unidades estratégicas y no en toda la organización, debido que puede tener diversas operaciones y actuar en distintos mercados. A su vez, para su aplicación, debe comprenderse las relaciones entre las fuerzas competitivas y los motores claves en el macroentorno, así como que las cinco fuerzas no son independientes entre sí, es un proceso dinámico que altera las fuentes de la competencia.

Como se observa en la figura N° 2, la amenaza de entrada –o barreras- son factores que deben ser superados por los nuevos entrantes si desean competir con éxito. Según Porter, las barreras típicas son: (1) Las economías de escala deben ser viables, (2) capital de entrada, (3) acceso a canales de abastecimiento o distribución, (4) lealtad de los consumidores o proveedores, (4) experiencia, (5) represalias esperadas, (6) legislación o acciones gubernamentales, y (7) diferenciación.

Por otra parte, la amenaza de los sustitutos es reducir la demanda de un determinado tipo de productos o servicios, ya que los consumidores cambian entre cada alternativa –siempre en búsqueda de una mejor-, hasta que algunos productos o servicios quedan obsoletos. La sustitución se puede dar de las siguientes formas: (1) Sustitución producto por producto, (2) Sustitución por necesidad de un nuevo producto, y (3) Sustitución general, cuando los productos o servicios compiten por la renta disponible.

Los compradores y proveedores constituyen una red valórica que determina una organización. El poder de los proveedores es elevado cuando: Hay una concentración de proveedores, el coste de cambiar de proveedores es elevado y existe una posibilidad de que los proveedores compitan directamente con sus compradores y se logran precios y calidades satisfactorias.

Finalmente, los rivales competitivos son *organizaciones con productos y servicios parecidos que quieren atender al mismo grupo de consumidores* El grado de rivalidad competitiva se determina por varios factores: (1) Es importante que el grupo de competidores esté equilibrado, ya que cuando son todos de un tamaño similar un competidor puede intentar predominar a los demás (2) La tasa de crecimiento de la industria afecta a su rivalidad, *la idea de ciclo de vida sugiere que la etapa de desarrollo de una industria o sector es importante para el comportamiento competitivo* (3) Los costes fijos de una industria puede generar guerra de precios y márgenes reducidos, (4) Cuando existen elevadas barreras de entrada a una industria, es probable que exista exceso de capacidad y, por consiguiente, una mayor competencia, y (5) La diferenciación es un factor clave en la rivalidad. (Johnson, G., Scholes, K. y Whittington, R., 2006, pp. 90).

Competidores y mercado

En ocasiones, una industria o sector no comprende en detalle la competencia, debido que existen muchas empresas y cada una posee distintas capacidades que compiten en función de distintas variables, a esto denominaremos *grupos* estratégicos. Según Johnson, Scholes y Whittington, *los grupos estratégicos son organizaciones dentro de una industria o sector con características estratégicas parecidas, que aplican estrategias parecidas o que compiten utilizando las mismas variables* (Johnson, G., Scholes, K. y Whittington, R., 2006, pp. 90). Pueden existir muchas características que diferencian a

los distintos grupos estratégicos pero existen dos grandes categorías: Primero, a partir del alcance de sus actividades, y segundo, el compromiso sobre los recursos. Las características especialmente relevantes para cada industria dependerá de su historia, desarrollo y de las fuerzas que están actuando en su entorno. El concepto de grupos estratégicos es especialmente útil, en tanto ayuda a entender quiénes son los competidores más directos de una organización en particular, y a su vez, plantea la cuestión de la movilidad entre un grupo estratégico y otro, ayudando a identificar las oportunidades y amenazas potenciales de las organizaciones, y por consecuencia.

El éxito o fracaso de una organización depende de cuan bien se comprendan las necesidades de los consumidores y la capacidad de satisfacerlas. Los grupos estratégicos ayudan a una comprensión del mercado en que se sitúa una organización, mientras que los segmentos de mercado resultan útiles para identificar los parecidos y diferencias entre los grupos de consumidores y/o usuarios de un servicio.

Un segmento de mercado es un grupo de consumidores que tiene necesidades parecidas, distintas a las necesidades de los consumidores de otras partes del mercado (Johnson, G., Scholes, K. y Whittington, R., 2006, pp. 91).

Los directivos, deben ser capaces de entender y prever varias cuestiones con respecto a esto: Las necesidades de los consumidores pueden variar, así como la cuota respecto a la de los competidores es un segmento de mercado importante, las organizaciones que han logrado una mayor experiencia atendiendo a determinado segmento de mercado no sólo deben generar menos costes para atenderlo, sino que tendrían que haber construido relaciones difíciles de atender, y los métodos con que se puede identificar atender a los segmentos del mercado depende de una serie de tendencias en el entorno empresarial.

Otro elemento importante dentro del análisis de consumidor y de la capacidad de satisfacer sus necesidades, es la identificación del consumidor estratégico.

Existen dos tipos de consumidores; a saber, tiendas y el consumidor de las tiendas, el **consumidor estratégico** es aquel a quien la organización quiere apuntar. Según Johnson, Scholes y Whittington es *la(s) persona(s) a quien se dirige fundamentalmente la estrategia porque es quien más influencia tiene en la elección de los bienes o servicios que se adquieren*. Es necesario comprender qué es lo que valora el consumidor estratégico como punto de partida para determinar la estrategia. En el sector público, el consumidor estratégico suele ser el organismo que controla los fondos o autoriza la utilización, y no el usuario del servicio. (Johnson, G., Scholes, K. y Whittington, R., 2006, pp. 94-96).

Existen características que el consumidor valora particularmente, y que es el espacio en donde la organización debe guardar especial cuidado para poder superar a su competencia, Johnson, Scholes y Whittington lo denominan factores críticos de éxito (FCE), y lo califican como un método sencillo para comparar las diferencias entre los consumidores con las diferencias entre los proveedores.

Todas estas consideraciones nos permiten entender el entorno en que se sitúa una organización, que, gracias a las decisiones estratégicas, conllevará necesariamente, su éxito o fracaso. Durante la persecución de estos objetivos, los directivos deben tener la capacidad de vislumbrar a lo que se llama **vacío estratégico**. El vacío estratégico es una

oportunidad que no está completamente explotada por los competidores, por tanto se puede lograr una ventaja a partir de las siguientes maneras:

- Las organizaciones tienen que competir con industrias que fabrican productos sustitutos –como vimos con anterioridad- pero esta situación también ofrece oportunidades, en tanto permite realizar una valoración realista de los méritos relativos de los productos o servicios desde la perspectiva del consumidor.
- Por otra parte, es posible identificar oportunidades teniendo en consideración a los distintos grupos estratégicos, especialmente si los cambios del macroentorno hacen que los nuevos espacios de mercado sean económicamente viables.
- La oportunidad dentro de la cadena de compradores hace alusión a que el usuario es una de las partes interesadas, pero es posible que no haya comprado el producto por sí mismo, es decir, puede haber otros agentes que influyen en la decisión de compra. Es importante desatar que cada una de estas partes puede valorar distintas facetas del producto o servicio. De ahí se determina qué eslabón de la cadena es el que interesa.
- Las oportunidades de productos o servicios complementarios tienen relación con el valor potencial de los productos y servicios complementarios, es decir, la experiencia de compra o satisfacer necesidades específicas aunque no tenga relación con el propósito del producto o servicio adquirido.
- La oportunidad en nuevos segmentos del mercado indica el ofrecimiento de oportunidades, pero es posible que haya que cambiar características del producto o servicio.
- Finalmente, las oportunidades a lo largo del tiempo tienen relación con el impacto de los cambios en el macroentorno o entorno competitivo que puede o no afectar al consumidor (Johnson, G., Scholes, K. y Whittington, R., 2006, pp. 98-101).

2.1.2. Capacidad Estratégica

Las estrategias del éxito dependen de que la organización tenga la capacidad estratégica interna necesaria para supervivencia y éxito, que será lo tratado a continuación.

La capacidad estratégica se puede definir como la adecuación y ajuste de los recursos y competencias de una organización para que pueda sobrevivir y prosperar.

Para entender a la capacidad estratégica es necesario que entendamos ciertos conceptos fundamentales:

- Recursos y competencias:

Los recursos tangibles son los activos físicos de una organización, como la fábrica, mano de obra y su financiación. Mientras que los recursos intangibles son los

activos inmateriales, como la información, reputación y el conocimiento. Lo recursos de una organización se agrupan en cuatro categorías:

- a. Recursos físicos: Número de bienes materiales.
- b. Recursos financieros: Capital, tesorería, deudores y acreedores y los accionistas.
- c. Recursos humanos: Número y composición del personal de una organización. También como recurso intangible, se sitúan en esta categoría sus habilidades y conocimiento.
- d. Capital intelectual: Patentes, marcas, sistemas de negocio y bases de datos de clientes. No debe existir la menor duda de que estos recursos tienen valor, ya que cuando se vende un producto, parte del valor es el fondo de comercio. Una economía depende en gran medida de los conocimientos, por tanto el capital intelectual de una organización resulta de carácter fundamental.

Si bien los recursos son importantísimos dentro de una organización, sus acciones, es decir como utiliza y organiza dichos recursos, resulta igual de importantes. La eficiencia y eficacia de los recursos financieros, o del personal de una organización, no depende únicamente de su existencia sino de cómo se gestionen.

Las competencias, por su parte, se utilizan para hacer referencia a las actividades y procesos por los que una organización estructura sus recursos de forma eficaz.

- Capacidades umbral

La búsqueda de una ventaja competitiva se puede realizar entre las capacidades que constituyen un nivel umbral y aquello que pueden ayudar a la organización. Las capacidades umbral son aquellas capacidades esenciales para que la organización sea capaz de competir en determinados mercados. De hecho, sin estas capacidades, la organización no será capaz de sobrevivir en el mercado.

- Recursos únicos y competencias nucleares

Los recursos únicos son aquellos recursos que sostienen de forma crítica la ventaja competitiva y que los demás no pueden imitar u obtener.

Las competencias nucleares son las actividades y los procesos que se utilizan para organizar recursos de forma que se logra una ventaja competitiva que los demás no pueden imitar u obtener.

Es decir, en ambos casos se busca una diferenciación frente a los competidores.

2.2. Introducción al negocio de perforación y tronadura (Tema 2)

Para entender el alcance del negocio de Perforación y Tronadura, su importancia en el proceso productivo y el potencial sistémico de la cadena de valor, se requiere manejar algunos conceptos técnicos básicos como son los métodos de explotación de minería a rajo abierto y de minería subterránea, el proceso de perforación y tronadura y los aspectos básicos de los explosivos.

2.2.1. Métodos de Explotación Minera

La selección del método de explotación de un yacimiento, definido como la estrategia global que permite la excavación y extracción de un cuerpo mineralizado de modo eficiente en sus aspectos técnicos y económicos, es fundamental para la fase de planificación ya que define los principios generales según los que se ejecutan las operaciones unitarias y los criterios con respecto al tratamiento de las cavidades que deja la extracción.

La primera clasificación se define de acuerdo al modo de explotación del yacimiento, de acuerdo a si la explotación se realiza en la superficie (minería a cielo/rajo abierto) o mediante labores subterráneas (minería subterránea). La elección del método está determinada según sean yacimientos de baja, mediana o alta ley y se debe tener en cuenta factores como el ritmo de producción y su selectividad. Además, cada método plantea ciertos desafíos en el diseño a considerar.

La minería a rajo abierto es aplicada a yacimientos superficiales de baja ley. Se caracteriza por un ritmo de producción menos a 20.000 toneladas por día, por tener un bajo costo y por ser moderadamente selectivo, ya que posee la facilidad de vaciar el estéril en botaderos. Además, presenta una baja dilución y alta recuperación. Los desafíos que este método plantea al diseño, se relacionan con el manejo de la razón estéril/mineral y su evolución en el tiempo, la ubicación de las rampas de acceso y producción, el diseño de las flotas de equipo y la estabilidad de las paredes del rajo.

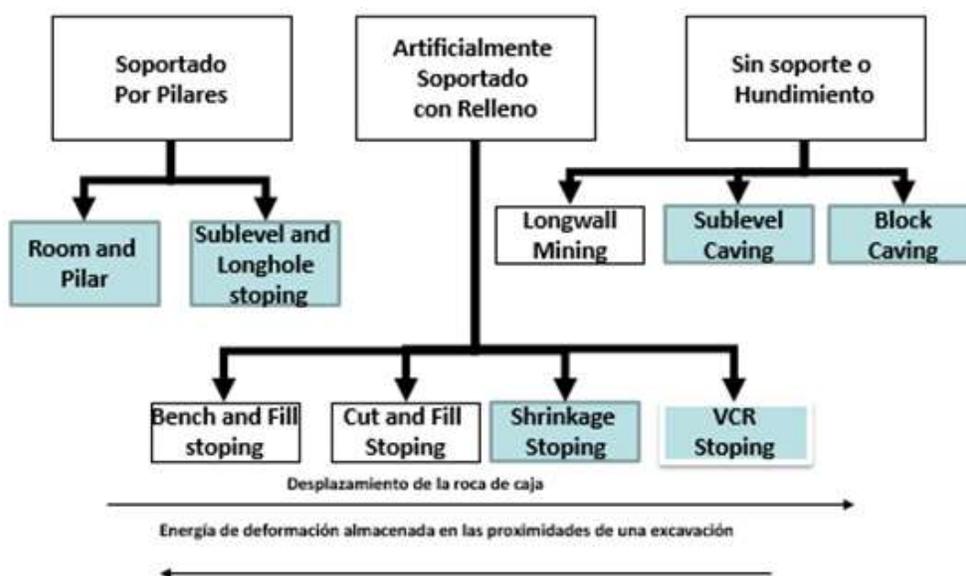
Dentro de los métodos de explotación de superficie, se pueden identificar el método a rajo abierto, rajo abierto o tajo abierto (Open Pit), cantera (Quarry), lavaderos o placeres y otros como la disolución y la minería costa afuera.

La minería subterránea se aplica a yacimientos de mediana y alta ley. Se caracteriza por un ritmo de producción entre 500 y 50.000 toneladas por día, una recuperación que va desde el 75% a casi 100% dependiendo del método, y una dilución entre 5% y 30%. Su selectividad depende del método de excavación subterráneo pudiendo ir desde baja a alta, o bien, no presentar selectividad. Con respecto a los costos también son bajos, a excepción del método Cut and Fill cuyo costo es alto. Los desafíos que este método plantea en el diseño se relacionan con la geometría de la mina subterránea, la estabilidad y el soporte, la ubicación de los accesos y la logística para el transporte y el movimiento de mineral subterráneo.

Los métodos de minería subterránea son variados y se clasifican en tres tipos según el tratamiento que hagan de la cavidad: autosoportados, soportados y de hundimiento.

- Métodos autosoportados o soportados por pilares: Room and Pillar, Stope and Pillar, Shrinkage Stopping, Sublevel Stopping, Vertical Crater Retreat.
- Métodos soportados o artificialmente soportado con relleno: Cut and Fill Stopping, Excavation Techniques, Backfilling Methods.
- Métodos de hundimiento o sin soporte: Longwall Mining, Sublevel Caving y Block / Panel Caving. Este último es el método de explotación utilizado en todas las operaciones subterráneas de Codelco, debido a los niveles de explotación masiva de sus yacimientos.

Figura 3: Esquema métodos de Minería Subterránea



En la tabla n° 1 podemos encontrar un resumen de las principales características mencionadas para cada minería.

Tabla 1: Minería a rajo abierto y Minería subterránea.

	Minería a rajo abierto	Minería subterránea
Aplicación	Yacimientos de baja ley y superficiales	Yacimientos de mediana y alta ley.

Ritmo de producción	>20.000 tpd	Entre 500 y 50.000 tpd
Selectividad	Moderada	Depende del método puede ser baja (Block Caving y Sublevel Caving), sin selectividad (Sublevel Stoping) o alta (Room and Pilar, Cut y Fill)
Costos	Bajo	Bajo
Dilución	Baja	Entre 5% y 30 %
Recuperación	Alta	Desde 75% a cercana al 100%
Desafíos para el diseño	<ul style="list-style-type: none"> -Manejo de la razón estéril/mineral y su evolución en el tiempo. -Ubicación de las rampas de acceso y producción -Diseño de las flotas de equipos. -Estabilidad de las paredes del rajo 	<ul style="list-style-type: none"> -Geometría de la mina subterránea. -Estabilidad y soporte. -Ubicación de los accesos. -Logística para el transporte y el movimiento de mineral subterráneo.
Métodos	<ul style="list-style-type: none"> -Rajo abierto, rajo abierto o tajo abierto (Open Pit) -Cantera (Quarry) -Lavaderos o placeres -Otras, como la disolución y la minería costa afuera. 	<ul style="list-style-type: none"> -Autosoportados -Soportados -De hundimiento

Fuente: Elaboración propia

Para la selección de un método de explotación es necesario tener en cuenta una serie de criterios, estos son: condición espacial, geológica, geotécnica, económica, tecnológica y medio ambiental

- Condición espacial: Referida a si el método de explotación corresponde a minería a rajo abierto o subterránea. Considera el tamaño (ancho y alto), la forma del yacimiento, si es masivo, irregular o tabular, la disposición –su inclinación y

manteo- y la profundidad media, extrema y la razón de sobrecarga. Este criterio afecta aspectos como la tasa de producción, el manejo de material, el diseño, entre otros.

- Condición geológica: Se mide a través del análisis de roca caja y mineral, lo que determinará la selectividad del método a utilizar. Para esto se debe considerar el requerimiento de drenaje o bombeo, la mineralogía, la composición química, la estructura del depósito (discontinuidades, fallas, pliegues), planos de debilidad, uniformidad, alteración, presencia de agua entre otros.
- Condición geotécnica: Determina el método a partir del soporte requerido según las condiciones de propiedades elásticas, comportamiento plástico o visco elástico, la condición de esfuerzos y las propiedades físicas en general.
- Condición económica: Se deben tener en cuenta las reservas, tasa de producción, vida de la mina y productividad. Este criterio es fundamental a la hora de evaluar el éxito de un proyecto, ya que afecta directamente la inversión, los flujos de caja, el retorno y los beneficios.
- Condiciones tecnológicas: Referida al porcentaje de recuperación, dilución, selectividad, concentración o dispersión de frentes de trabajo, capital, mano de obra y mecanización, entre otros, se deben combinar de la mejor manera con el método.
- Condición medioambiental: Considera los aspectos económicos, políticos y sociales del lugar donde se realizará el proyecto, así como los efectos del mismo en los alrededores. Otras variables a considerar son la subsidencia y efectos de superficie, el control atmosférico sobre la ventilación, calidad de aire, calor y humedad, y el control de la fuerza laboral en cuanto a contratos, seguridad social, calidad de vida e incentivos.

2.2.2. Aspectos básicos del proceso Perforación y Tronadura

Perforación

El proceso de perforación es una operación que cumple con varios propósitos a lo largo de la vida de un proyecto minero. Estos propósitos incluyen la exploración y reconocimiento de depósitos minerales, estudios geotécnicos, colocación de elementos de refuerzo y la generación de huecos en la roca destinados a contener cargas explosivas, cuya detonación provoca su fragmentación y posterior remoción desde la corteza terrestre.

Según el principio físico utilizado para aplicar la energía requerida para lograr el horadado del sólido, encontramos diferentes métodos clasificados en:

- **Mecánicos:** Percusión, rotación o una combinación de ambos.
- **Calóricos:** Fusión del sólido con chorros de gases a alta temperatura.
- **Hidráulicos:** Erosión mediante chorros de agua a alta presión.
- **Vibratorios:** Ondas sonoras de alta presencia, ondas luminosas.

De los 4 métodos mencionados, en la minería actual encontramos principalmente la aplicación de sistemas mecánicos de perforación. A continuación se detallará este último referenciando qué es percusión y rotación, sus sistemas de funcionamiento, la energía utilizada y el orden de sus componentes.

Percusión

El sistema de perforación por percusión se compone básicamente de tres elementos funcionales:

- **Máquina perforadora**, genera las fuerzas de penetración convirtiendo la energía desde su forma original en energía mecánica de impacto.
- **Barra o columna de barras**, transmite la energía de impacto desde la máquina perforadora al macizo rocoso.
- **Herramienta de perforación**, es el elemento o componente que aplica energía a la roca. En la terminología minera es llamada BROCA o BIT.

La herramienta perfora la roca dado el efecto de los impactos sucesivos de alta frecuencia y gran energía. Estos impactos son combinados con un giro o rotación entre golpe y golpe de modo que la roca vaya presentando siempre una superficie nueva al impacto y evitar así que la herramienta se entierre o atasque.

Según la energía utilizada y el orden en que se acoplan los componentes antes mencionados podemos identificar dos sistemas de perforación por percusión:

- **Sistemas de percusión neumáticos:** Para accionar, la máquina perforadora utiliza como fuente de energía el aire. Existen dos sistemas según el orden de acoplamiento de sus componentes esenciales:
 - Sistema Convencional o TOP HAMMER: Es la modalidad más antigua. Sus componentes se distribuyen y acoplan en el orden siguiente: Máquina perforadora - Columna de barras – Herramienta.
 - Sistema Down The Hole o DTH: En este sistema la máquina perforadora penetra junto con la herramienta al interior de la perforación. Sus componentes se distribuyen y acoplan en el orden siguiente: Unidad de rotación - Columna de barras - Máquina perforadora o martillo - Herramienta.
- **Sistema de percusión hidráulico:** Para accionar, la máquina perforadora utiliza como fuente de energía un fluido hidráulico. Su modalidad funcional es del tipo Convencional o Top Hammer. Algunos autores lo llaman sistema de

Rotopercusión en tanto combina el efecto de los impactos con un torque de rotación más enérgico.

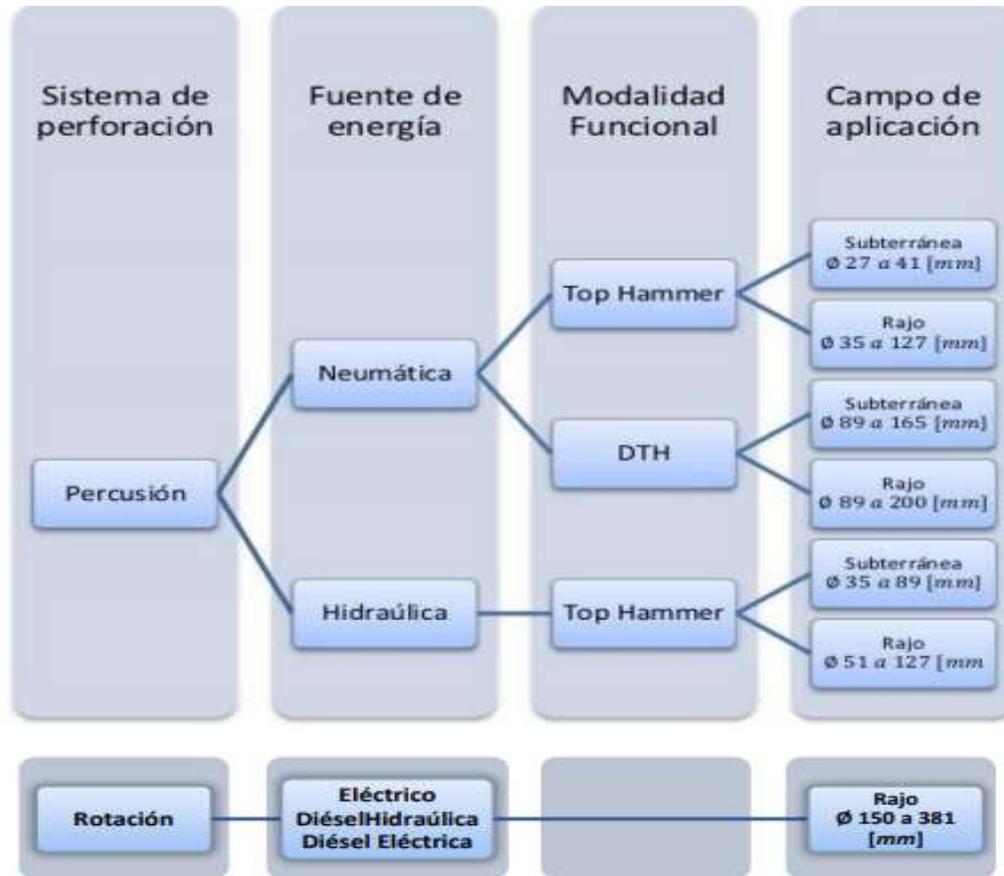
Rotación

En este proceso la herramienta penetra la roca debido a la acción conjunta de un alto torque de rotación sumada a la fuerza de empuje aplicada sobre la superficie rocosa.

Cabe destacar que los sistemas de perforación rotativos no cuentan con una máquina perforadora propiamente tal, sino que utilizan directamente energía eléctrica (motores) o combinaciones electro-hidráulicas para accionar los diferentes mecanismos que intervienen en el proceso. Es frecuente el uso de un motor diésel como unidad de potencia tanto en combinaciones de diésel-hidráulico como de diésel-eléctrico. El campo de aplicación del sistema de Rotación es a Rajo.

El siguiente cuadro nos muestra como cada uno de los sistemas mecánicos de perforación mencionados son aplicados en ciertos rangos de diámetros, diferenciándose también entre minería subterránea y minería a rajo abierto.

Figura 4: Resumen sistemas mecánicos de perforación



Tronadura

El proceso de tronadura o voladura busca la fragmentación de la roca con fines de excavación. Este proceso está relacionado tanto con operaciones mineras como también con obras civiles.

Para lograr la fragmentación es necesario aplicar energía, la cual es obtenida a partir de la detonación que consiste en hacer detonar cargas explosivas insertas en un macizo rocoso. Esto es lo que se denomina Tronadura o Voladura.

En efecto, la energía o cantidad de materia explosiva necesaria para una determinada tronadura, depende de las propiedades geomecánicas de la roca y de la granulometría del producto que se desea obtener.

La energía de una detonación cubre los procesos de creación de nuevas superficies o fragmentación, deformaciones plásticas y/o fricción entre superficies, desplazamiento y proyección del material fragmentado así como también deformaciones elásticas u ondas sísmicas que se propagan por el medio rocoso.

En tanto proceso productivo, en la tronadura se busca optimizar la energía liberada por el explosivo en relación a la obtención de un grado de fragmentación (granulometría)

esperado. Para lograr tal optimización es necesario comprender los mecanismos de transferencia de la energía liberada por el explosivo, las propiedades de la roca y los efectos que se producen en el medio circundante.

A la configuración de las perforaciones mediante tronaduras se le llama diagrama de disparo. El diseño de un diagrama de disparo debe basarse primeramente en el objetivo de la excavación que se está creando y debe considerar la estructura de los fragmentos resultantes post-tronadura, o sea la granulometría.

En general las excavaciones pueden ser clasificadas como: de acceso, de traspaso y de producción.

- **Accesos y Traspaso:** Es el tipo de excavación que permite llegar al sitio de interés, es decir, al cuerpo mineralizado. En minería subterránea serán galerías o excavaciones verticales, llamados piques o chimeneas. Por estos conductos se realiza el transporte del mineral al exterior y el ingreso de los trabajadores al yacimiento.
- **Producción:** Es el tipo de excavación que se realiza sobre el cuerpo mineralizado que es necesario extraer. Su forma dependerá del método de explotación que se esté aplicando.

Es necesario recalcar que la perforación tiene más que ver con el explosivo a utilizar que con la disposición de los orificios.

Independiente del diseño de tronadura que se utilice, se tienen los siguientes términos o parámetros: *Diámetro de perforación* (\emptyset), *Burden* (B) denota el espacio que tiene el explosivo para detonar, *Espaciamiento* (E) da cuenta de la distancia entre perforaciones contiguas de una misma hilera, *Longitud de tiros* (L) se refiere a la longitud de la perforación que se realizará y, por último, *Longitud de tacos* que corresponde a la longitud de la perforación que no es llenada con el material detonante.

Evidentemente la distribución de los parámetros dependerá del diseño de malla a utilizar en cada proceso particular.

A partir de los años 50 se han propuesto diversas formas y/o metodologías para el diseño de estas tronaduras pero el que más destaca es el método de Ash. Este se basa en la observación y registro exhaustivo de los parámetros geométricos aplicados en las tronaduras de un gran número de faenas mineras a rajo abierto en el mundo. A partir del procesamiento o análisis estadístico de estos antecedentes, se obtiene una fórmula donde se relaciona el burden (B) con el diámetro de perforación (\emptyset), en función de la dureza de la roca y de la densidad del explosivo utilizado. Dada su simpleza, esta metodología es muy popular pero solo es aplicable al diseño de tronaduras en minas a rajo abierto.

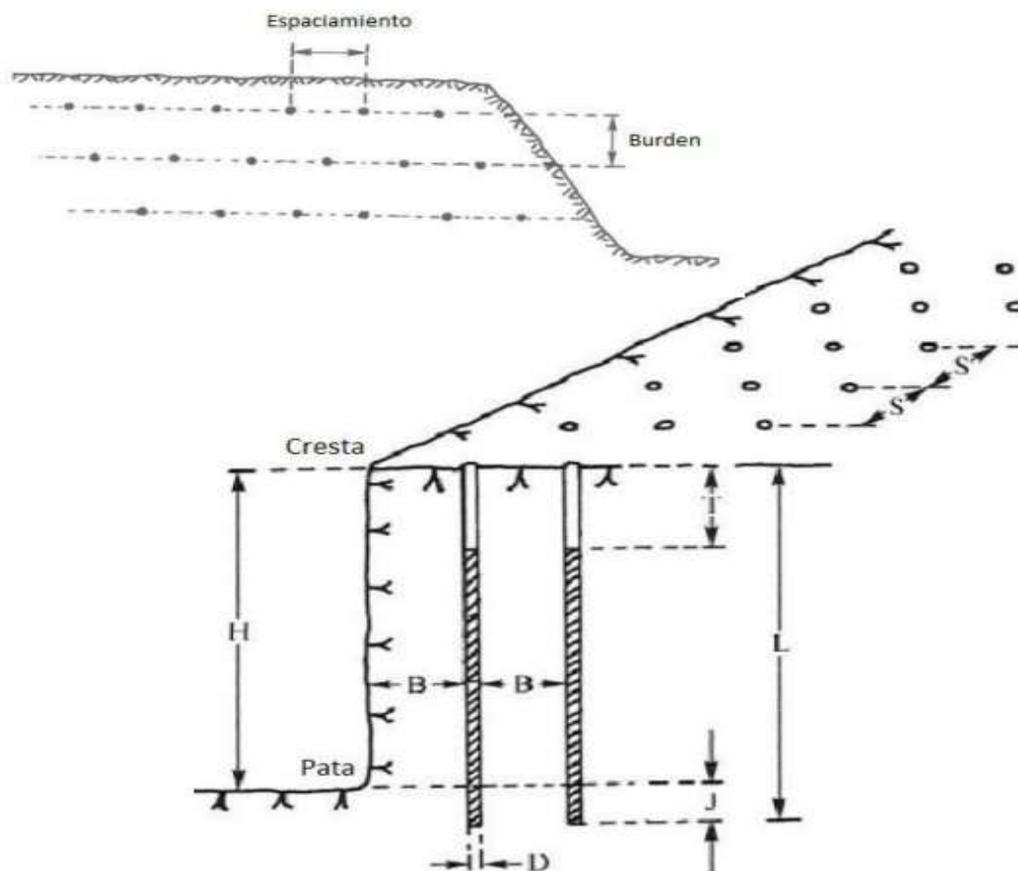
Tronadura tipo banco

Podemos decir que el modelo madre para la realización de la tronadura es el utilizado en minas a rajo abierto llamado del *Tipo Banco* y que es definido como aquel donde la carga explosiva interactúa con respecto a dos caras libres. La situación convencional se da con

los bancos dispuestos en una posición normal, una carga geométrica cilíndrica y con un punto singular en el pie del banco que se denomina empotramiento. Cabe destacar, que en minería subterránea también se presentan situaciones con bancos horizontales o invertidos, como también bancos sin empotramiento.

La disposición espacial de los parámetros en un diagrama de tipo banco, es de la siguiente forma:

Figura 5: Disposición espacial de los parámetros



Tronadura en Minería Subterránea

Se han desarrollado diversas metodologías orientadas al mejor diseño de la voladura, sin embargo, la teoría y los modelos no son suficientes para respaldar el diseño de una tronadura subterránea, es por esto que se recurre a metodologías empíricas o semi-empíricas.

Generalmente la metodología escogida será aquella que se estime conveniente en función de los parámetros principales resumidos en el diagrama que podemos ver a continuación:

Figura 6: Parámetros metodológicos tronadura en minería subterránea



En este sentido, una tronadura está directamente ligada a los costos de las operaciones mineras (fragmentación), así como también a la generación de dilución de las reservas mineras y al posible daño de la infraestructura aledaña.

Si bien es cierto que la mayor parte de los modelos de diseño de tronadura fueron realizados en faenas a rajo abierto bajo la geometría de banco, existen en minería subterránea algunos métodos de extracción que presentan geometrías similares al tipo banco tales como: Sub Level Stopping con tiros paralelos, Frentes de producción en Overhand Cut and Fill, Bancos en Room and Pillar (horizontal y vertical) y Tronadura VCR (Vertical Crater Retreat) o tronadura por cráteres.

2.1.3. Aspectos básicos de Explosivos

Los explosivos son utilizados en distintos ámbitos como la industria minera, militar (principalmente en armas explosivas) y obras de construcción. El uso más común se da en la minería, utilizado tanto en minería subterránea y a rajo abierto con el fin de fragmentar la roca para luego removerla de su lugar de origen.

Los explosivos se definen como una mezcla de compuestos químicos sólidos y/o líquidos que al ser iniciados se convierten rápida y violentamente en gases a altas temperaturas y presiones, proceso que se denomina detonación. Para que una sustancia sea considerada explosiva debe poder auto-abastecerse de oxígeno, producir luz, gases y calor.

A continuación se describirán las principales propiedades de los explosivos.

La *densidad* - masa de un explosivo por unidad de volumen- afectará directamente el método de carga de un explosivo. Por ejemplo, si la carga de densidad es muy alta se puede reducir la sensibilidad, haciendo la masa más resistente a la fricción interna. En el caso de voladuras o requerimiento de una fragmentación fina se suelen utilizar explosivos de alta densidad, para casos en donde no se requiera la fragmentación fina, o bien, la roca es de fácil fragmentación se utilizan explosivos de baja densidad. También se debe

considerar su relación con las condiciones de humedad, por ejemplo, un explosivo con una gravedad específica menor a 1,00 puede flotar sobre el agua.

La *volatilidad*, entendida como a la facilidad de una sustancia a vaporizarse, afectará la composición química del explosivo, pudiendo llegar a afectar incluso su estabilidad aumentando el peligro en las maniobras de transporte.

La *toxicidad*, dada por los elementos presentes en los explosivos, hace que ciertos explosivos bajo ciertas condiciones sean tóxicos, en algunos casos llegando a ser cancerígenos. Un ejemplo, es el óxido nítrico del TNT, metal pesado presente en los iniciadores.

La *resistencia al agua*, medida como la capacidad de exposición del explosivo al agua sin que sufra deterioro o pierda la sensibilidad. Este método de medición se llama higroscopia (capacidad de las sustancias de absorber humedad del medio circulante). La exposición al agua no es algo deseado, dado que reducirá su sensibilidad, fuerza y velocidad de detonación.

Los explosivos basados en nitrato de amonio tienen muy poca o nula resistencia al agua, en cambio, los que contienen nitroglicerina poseen en mayor grado resistencia. Las emulsiones ofrecen mayor resistencia de agua. Los explosivos de alta densidad tienen muy buena resistencia de agua, en cambio, los de baja densidad y agentes de voladura tienen poca o nula.

La *estabilidad*, se refiere a la capacidad del explosivo a ser almacenado sin sufrir deterioro. Esta propiedad puede verse afectada por la composición química, exposición a la luz solar, temperatura de almacenamiento (a mayor temperatura de almacenamiento, mayor velocidad de descomposición), y descargas eléctricas.

La *sensibilidad*, se entiende como la facilidad de un explosivo para encenderse o ser detonado. Comúnmente se utilizan 3 test para medir la sensibilidad:

- **Fricción:** La sensibilidad es expresada en términos de lo que ocurre cuando un péndulo previamente pesado pasa por el material (romper, trizar, encender y/o explotar).
- **Calor:** La sensibilidad es expresada en términos de la temperatura a la cual la explosión del material ocurre.
- **Impacto:** La sensibilidad es expresada en términos de la distancia a la que debe ser lanzado un peso determinado sobre el material para que explote.

La *velocidad de detonación (VOD)*, se puede expresar como un valor confinado, es decir, la velocidad con la que la onda de detonación viaja a través de una columna de explosivo en un pozo de perforación u otro lugar confinado, o no confinado, en tanto la velocidad con que el explosivo es detonado en un lugar abierto.

La *potencia en peso*, puede ser vista como una potencia absoluta o relativa. La potencia absoluta (AWS) se define como la energía calórica absoluta basada en los ingredientes del explosivo y corresponde a una energía calculada por Termodinámica (ideal y no-ideal), usualmente medida en MJ/kg de explosivo donde la eficiencia del explosivo varía de 35% a 90% de la máxima energía. La potencia relativa (RWS) se refiere a la energía

de una unidad de peso de explosivo comparada con una cantidad igual de peso de ANFO, y se puede obtener mediante la siguiente fórmula:

$$RWS_{\text{explosivo}} = \frac{AWS_{\text{explosivo}}}{AWS_{\text{ANFO}}} [\%]$$

La *potencia en volumen*, al igual que la potencia en peso se puede identificar como potencia absoluta o relativa. La potencia absoluta (ABS) se puede definir como la energía disponible en una unidad de volumen de explosivo y se puede obtener por la siguiente fórmula:

$$ABS_{\text{explosivo}} = AWS_{\text{explosivo}} * \rho_{\text{explosivo}}$$

La potencia relativa en volumen (RBS) es la energía disponible en un volumen dado de explosivo, comparado con un volumen igual de ANFO. Se puede obtener mediante la siguiente relación:

$$RWS_{\text{explosivo}} = \frac{ABS_{\text{explosivo}}}{ABS_{\text{ANFO}}} [\%]$$

Ya vistas las propiedades de los explosivos, se pueden detallar sus formas de clasificación. Los explosivos se clasifican principalmente en explosivos bajos y explosivos altos.

Los *explosivos bajos* son aquellos que arden a velocidades de centímetros por segundo. Sufren deflagración más rápido que detonación. Normalmente poseen un poco de resistencia al agua, son extremadamente inflamables y no fragmentan la roca sobre la que actúan. Un ejemplo de este tipo de explosivo es la pólvora.

Los *explosivos altos* son aquellos que detonan a una velocidad típica entre 3-9 km/s. Estos explosivos sufren la detonación, lo que significa que la onda expansiva de choque pasa a través del material a una velocidad supersónica. Un ejemplo de este tipo de explosivo es el TNT. Pueden ser divididos en 3 clases según su sensibilidad:

- Explosivos primarios: Son extremadamente sensibles a estímulos, como impacto, calor, electricidad estática o radiación electromagnética, r quemándose rápido o detonando. Requieren una pequeña cantidad de energía para la iniciación. Normalmente son utilizados como detonadores de los explosivos secundarios. Ejemplo: nitroglicerina, azida de plomo.
- Explosivos secundarios: También llamados explosivos bases, son relativamente insensibles al impacto, fricción y calor. Requieren una sustancia más energética para iniciarse, normalmente un explosivo primario. Ejemplo: TNT, RDX, PENT.
- Explosivos terciarios o agentes de voladura: Son insensibles al impacto y para ser detonados requieren un explosivo detonante o explosivo secundario. Principalmente en esta clasificación se encuentran los explosivos pertenecientes a la familia de los ANFO's.

Con respecto al proceso de detonación, se señala que debe ser llevado a cabo en balance de oxígeno para cumplir con las normas de ventilación vigentes. Este proceso se realiza en 4 etapas:

1. Detonación: Corresponde a la Fase inicial de un proceso de fragmentación, donde los ingredientes básicos de un explosivo se convierten en gases de altas presiones y temperaturas. La detonación es de las reacciones químicas más rápidas que existen. Las presiones detrás del frente de detonación son del orden de 2000 MPa a 27500 MPa, las cuales dependen principalmente de la densidad y del VOD del explosivo.

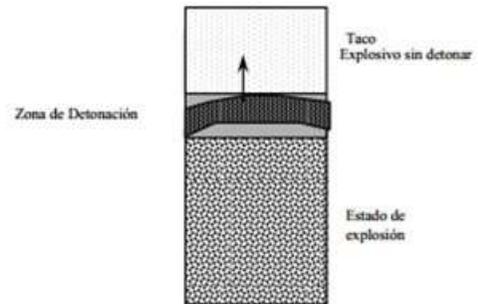


Figura 7: Detonación

2. Propagación: Luego de la detonación se produce la propagación de las ondas de choque y de esfuerzo a través del macizo rocoso, resultado de la rápida expansión del gas y las altas presiones. La geometría de la dispersión depende de varios factores, tales como, la ubicación del punto de iniciación, VOD y velocidad de la onda de choque en la roca.

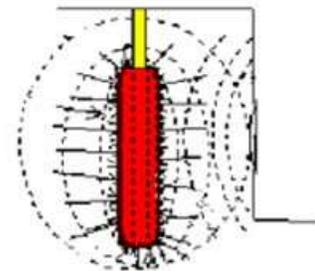


Figura 8: Propagación

3. Expansión del gas: Durante y/o después de la propagación de la onda de esfuerzo, los gases a alta temperatura y presión producen un campo de esfuerzo alrededor del pozo que puede expandir el pozo original, extendiendo grietas radiales y penetrando en cualquier discontinuidad.

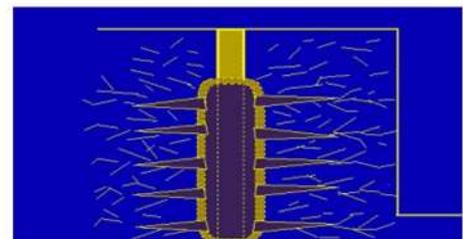


Figura 9: Expansión del gas

4. Movimiento del material: Corresponde a la última etapa en el proceso de tronadura, la mayor parte de la fragmentación ya se ha completado a través de ondas compresionales y de tensión, de la presurización del gas o una combinación de ambos. Sin embargo, algún grado de fragmentación ocurre a través de colisiones en el aire y cuando el material impacta el suelo.

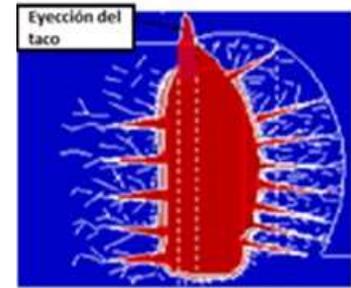
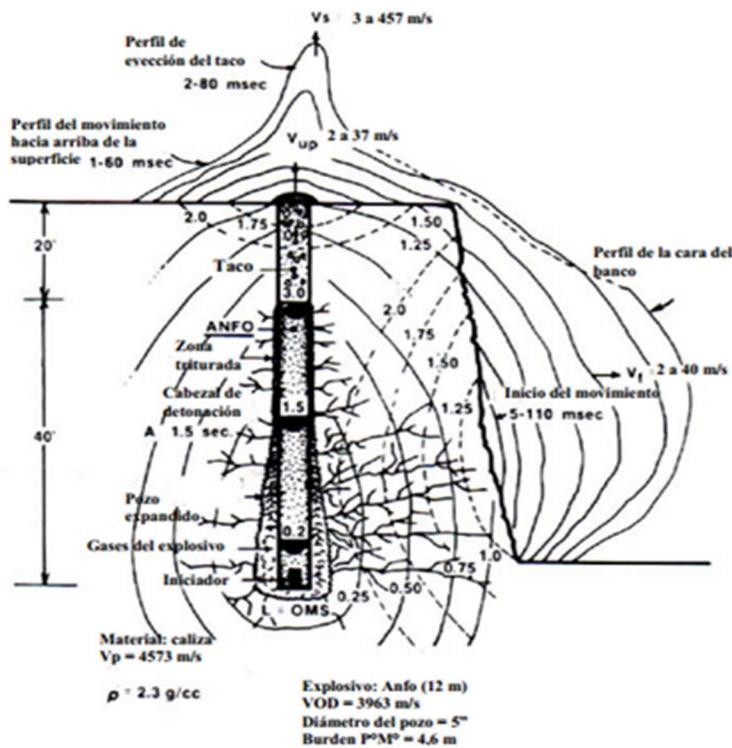


Figura 10: Movimiento del material

Las etapas 4 etapas de la detonación se muestran en la siguiente figura ocurridas en simultáneo:

Figura 11: Fases de detonación simultáneas



Cabe señalar que existe también el proceso llamado “quemado”, definido como la propagación de la combustión por medio de un proceso superficial, donde se define a la combustión como una reacción exotérmica que produce flama, chispa, o humo. El oxidante puede ser parte del material (explosivo) y se obtiene desde la atmósfera (fuego).

El proceso de detonación y quemado son similares en cuanto a que el calor generado es el mismo y la cantidad molar de los respectivos gases desarrollados será prácticamente la misma para ambos procesos, aun cuando la reacción pueda diferir. Sin embargo, se diferencian en algunos aspectos detallados en la tabla a continuación:

Tabla 2: Diferencias proceso de quemado y detonación

Quemado	Detonación
Todos los explosivos se queman inicialmente, cuando son iniciados por calor.	La mayoría de los explosivos son capaces de detonar con un adecuado estímulo.
El Quemado es lento comparado con la detonación (0,001 – 500 m/s)	La Detonación es más rápida que el Quemado (1800 – 9000 m/s)
El quemado es una reacción superficial. Debido a la baja tasa lineal y a factores de conductividad y reactividad, a menudo la tendencia es que la llama se propague a lo largo de superficies sin quemar más rápidamente la masa del explosivo.	La detonación es un mecanismo de onda de choque. La onda de choque se propaga radialmente desde el punto de iniciación en el explosivo. La superficie es normalmente alcanzada por la onda desde el interior del explosivo, y es meramente el borde en el cual la onda deja de ser auto-soportante.
La tasa de quemado (r) se incrementa con la presión ambiental (P). $r = \beta P^\alpha$	La VOD tiene un valor límite para un explosivo dado, virtualmente independiente de la presión atmosférica.
La tasa de quemado en un contenedor depende de la presión acumulada en él, la cual depende del grado y frecuencia de la ventilación. La tasa de quemado no se afecta con la resistencia del contenedor.	Cuando la detonación ocurre en un contenedor (confinado), la VOD (para cargas pequeñas) es afectada por la resistencia del contenedor.
El daño provocado por el quemado a superficies inertes se limita a distorsión o explosión.	La detonación daña superficies inertes mediante distorsión, perforación, rompimiento, abolladuras, erosión profunda, es decir presenta presión extrema y repentina.
La tasa de quemado no depende del tamaño de la muestra.	La VOD depende del diámetro de la muestra (cargas pequeñas) y falla bajo un cierto diámetro crítico.

El quemado es (normalmente) iniciado por calor directo o llama. El Quemado puede convertirse en detonación si las condiciones son favorables.	La detonación es iniciada por choque o transmisión desde quemado. No es usual la situación inversa.
En el quemado los explosivos granulares húmedos no pueden ser iniciados.	En la detonación los explosivos granulares húmedos pueden ser iniciados con un adecuado choque.
El quemado no produce intrínsecamente fenómenos de ruido o choque, pero puede ocurrir cuando la acumulación de sobre-presión es liberada.	La detonación crea fenómenos de ruido y choque debido a la onda de choque que emerge desde el explosivo en el medio que lo rodea.

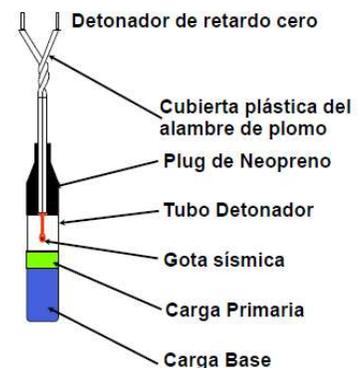
Además, para llevar a cabo la fragmentación de la roca se utilizan un conjunto de elementos, artefactos o dispositivos conocidos como accesorios de voladura, que cumplen las funciones de iniciación de la detonación, conexión de los tiros entre sí para propagación de la detonación, secuencia u orden de disparo y activación o encendido del proceso de detonación del conjunto de cargas explosivas.

Entre estos accesorios encontramos la *guía corriente o mecha de seguridad*. Consiste en un cordón con núcleo de pólvora negra revestida con una envoltura de fibra textil y/o plástica. Transmite una combustión a una velocidad del orden de 0,75 [cm/s]. Cumple solamente con la función de activación o encendido a fuego.

Otro accesorio de voladura es la *guía conectora o mecha de ignición rápida*, cordón más delgado que el anterior con un núcleo de pólvora negra que transmite una combustión a una velocidad entre 1,5 a 10 [cm/s] según el producto y se utiliza exclusivamente para propagar el encendido a un conjunto de guías corrientes. Sus funciones corresponden a las de activación, conexión y secuencia.

También encontramos la *guía detonante*. Se trata de un cordón de núcleo de un explosivo detonante secundario (PETN) recubierto por fibras sintéticas y una superficie exterior de plástico. Transmite una detonación a una velocidad de 6.000 a 7.000 [m/s], según la cantidad de explosivo por unidad de longitud (1 a 40 [g/m]). Cumple con las funciones de conexión e iniciación.

Finalmente los *detonadores*, consisten en un cilindro o cápsula metálica (aluminio o cobre) de unos pocos centímetros de largo, que contiene en el fondo una pequeña carga (1 a 2 [g] aproximadamente) compuesta por un explosivo primario (Azida de Plomo) más un explosivo secundario (PETN). Cumplen solo la función de iniciación, y se activan exclusivamente mediante una guía corriente. Se



pueden clasificar en detonadores eléctricos y no eléctricos.

Figura 12: Detonadores

Los detonadores eléctricos se clasifican a su vez, en detonadores de retardo (largo o corto) que cumplen funciones de iniciación, conexión, y secuencia.

Los detonadores no eléctricos son de reciente invención y su desarrollo obedece a razones de seguridad. De esta forma, tienen el objetivo de eliminar los riesgos inherentes al sistema de activación eléctrica. Son similares a los detonadores eléctricos, pero difieren en la modalidad de activación. En este caso el detonador se activa mediante un tubo de plástico que contiene una mezcla explosiva que transmite una detonación de bajo poder por el interior del tubo, que no trasciende al exterior, de modo de evitar así la iniciación anticipada del explosivo circundante.

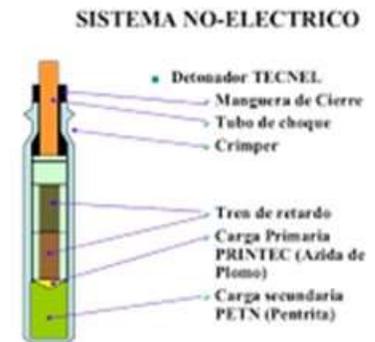


Figura 13: Detonadores no eléctricos

También se distinguen entre retardo largo y corto. El N° 0 corresponde al que se denomina instantáneo, que no incluye elemento retardador.

Estos detonadores cumplen solo las funciones de iniciación y secuencia. Para conectarlos entre sí, se utiliza guía detonante normal de baja cantidad de explosivo por unidad de longitud.

La selección del explosivo a utilizar para tronadora debe considerar una serie de variables que se detallan a continuación:

- La naturaleza del pozo, principalmente si es húmedo. En caso de estar presente el agua es recomendado el uso de emulsiones, ANFO empaquetado, o hidrogeles.
- La naturaleza del terreno caliente o reactivo. Esto se relaciona con el tipo de roca a tronar (roca reactiva o no), existiendo explosivos específicos para cada tipo.
- Los requerimientos de fragmentación se relacionan con la velocidad. Se recomienda que la velocidad de detonación se encuentre cerca de la velocidad sónica de la roca.
- El daño por voladura.
- Movimiento del Muckpile y su manejo. Si se desea tener un mejor movimiento y manejo del material, es decir, se desean fragmentos grandes como resultado de la tronadura, la velocidad de detonación deberá ser notablemente más baja de la velocidad sónica de la roca.
- Calidad de gases, principalmente al trabajar en minas con baja calidad de ventilación lo mejor es utilizar explosivos con buena calidad de aire (Clase I).
- Sensibilidad: Se relaciona con el diámetro de perforación. Si se utilizan diámetros pequeños, se necesitan productos sensibles como emulsiones o explosivos en gel.

En cambio, al utilizar diámetros de mayor tamaño (mayor a 4") es recomendable el uso de ANFO.

Los explosivos se dividen en 4 categorías, que se deben considerar al momento de selección:

1. Dinamitas: Granulares y en gelatina. El uso de este producto se encuentra prohibido, excepto casos con condiciones muy específicas.
2. Hidrogeles, Emulsiones y Geles: A granel y en cartuchos. Los explosivos a granel comercializados son en base a nitrato de amonio, el cual se produce por la reacción entre amonio y ácido cítrico. Una parte del producto es utilizada para la fabricación del explosivo, y el resto se evapora y convierte en Prills de Nitrato de amonio cuya calidad es determinada directamente por la velocidad de secado.

Las emulsiones explosivas son una solución de gotas oxidantes suspendidas en una fase continua de combustible con emulsificantes para darle estabilidad. Se sensibiliza por gasificado con sensibilizadores sólidos (micro-balones). Las mezclas con ANFO poseen un mayor costo en comparación al ANFO.

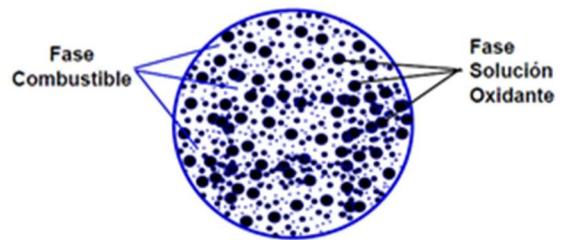


Figura 14: Emulsiones explosivas

Poseen mayor sensibilidad y energía de choque que ANFO, alta resistencia al agua y tiene una velocidad de detonación mayor (4500-6000 m/s) dependiendo de la densidad y el sensibilizador utilizado. Existen 2 tipos de emulsiones:

- A Granel: Excelente resistencia al agua, sensibles a Boosters. Sensibilizadas con gasificación o GMB. Pueden ser mezclados con ANFO.



Figura 15: Emulsiones a granel

- Encartuchadas: Excelente resistencia al agua, se adiciona cera la cual incrementa la rigidez y aluminio el que incrementa la energía. Es usado como prima (cebado) en tiros de pequeños diámetros y en pozos húmedos.



Figura 16: Emulsiones encartuchadas

El ANFO y las emulsiones son los principales tipos de explosivos a granel utilizados en la gran minería mundial.

3. Agentes de voladuras secos: ANFO a granel, aluminizado, densificado y empaquetado (resistente al agua). Se componen por prills de nitrato de amonio (96%) y combustible (6%) y se caracterizan por una baja velocidad de detonación (2500-4500 m/s). El rango varía según el tamaño del pozo, el tipo de combustible, contenido de agua, densidad, aluminio (mayor al 15% aumenta la velocidad y energía liberada) y uso de aserrín o cartucho molido (reduce la velocidad y favorece la energía de gases). Posee una alta energía de gases, baja energía de choque, nula resistencia al agua y una baja densidad (0,62-0,85 g/cc). Tiene derivados de baja potencia, como el ANFO-PS, al que se le incorpora polietileno, y SANFOLD, mezcla de ANFO-PS con un pequeño % de emulsión que mejora su capacidad de mantenerse en tiros ascendentes, limitar la profundidad de bombeado y poseer mayor resistencia al agua.

4. Explosivos binarios: Productos de 2 componentes mezclados para formar un explosivo. Este tipo de explosivos es el más utilizado porque presenta menor riesgo de transporte.

Otro explosivo que cabe destacar es el ANFO pesado, mezcla entre emulsiones y ANFO. La emulsión llena los intersticios entre los prills, aumentando así su resistencia al agua. Posee una densidad de 0,95-1,35 g/cc y una baja sensibilidad.

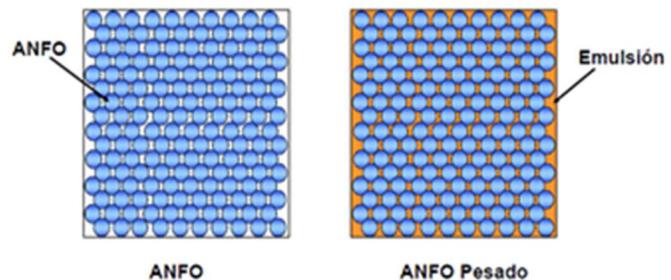


Figura 17: ANFO y ANFO pesado

No se requiere de la adición de sensibilizantes hasta la presencia de un 60% de emulsión. El precio, la velocidad de detonación y la potencia varían respecto al contenido de ANFO presente. Se utiliza urea como inhibidor de la reacción con pirita que puede generar una detonación incontrolada.

Otros productos comercializados a gran escala son las primas, usadas para iniciar explosivos no sensibles a cápsulas detonantes. Esto se debe hacer mediante detonadores o un cordón detonante, así proveer el suficiente choque para comenzar la detonación en explosivos a granel. Son más sensibles que los productos a granel.

La selección sobre qué prima utilizar se basa en la composición, el modelo (diámetro cercano al diámetro del pozo) y el tipo de explosivo principal usado. La prima de seguridad es usada para largas columnas de carga (>10 m.).

A continuación, se muestran dos tablas que sintetizan los principales explosivos utilizados en la industria minera. La primera se refiere a los explosivos con sus nombres comercializados y la segunda a las formas físicas de los explosivos:

Tabla 3: Explosivos comercializados

Tipo explosivo	Resistencia agua	Diámetro mínimo, mm	Densidad	Características
ANFO	Nula	50	0.8	AN + 6% FO
ALANFO	Nula	150	0.85-0.95	AN + < 15% AL
Expl. Acuoso o Hidrogeles	Excelente	125	0.85-1.45	AN + FO + AS + AG AS= agentes sensitizantes AG: gel
Emulsiones	Excelente	100	0.9-1.36	Similar que un explosivo acuoso pero con resist. Agua debido a emulsificación del AN con FO en vez de agentes tipo geles
ANFO pesado	Varia	150-250	1.0-1.36	Matriz de emulsión contiene AN para formar un explosivo energético, de alta densidad y bajo costo

Tabla 4 Formas físicas de los explosivos

Explosivo	Oxidante	Combustible	Sensitivizante	Tamaño oxidante	Forma ox.	VOD (km/s)
DINAMITA	SOLIDO Sales nitrosas	SOLIDO	LIQUIDO Nitroglicerina Espacios/Burbujas/Fricción	0,2	SOLIDO	4,0
ANFO	SOLIDO Sales nitratos	LIQUIDO petróleo	Espacios en los granulos/ fricción	2,0	SOLIDO	3,2
HIDROGELES (slurries)	SOLIDO/LIQUIDO Soluciones sales Sales-nitratos	SOLIDO/LIQUIDO Aluminio carbonatos	SOLIDO/LIQUIDO TNT, aluminio fino Burbujas	0,2	SOLIDO/LIQUIDO	3,3
EMULSIONES	LIQUIDO Soluciones sales	LIQUIDO Aceites/ ceras	Burbujas (30-150 um)	0,001	LIQUIDO	5,0-6,0

CAPITULO III. METODOLOGÍA

El proyecto considera la aplicación de la metodología de Gestión de Abastecimiento por Categorías de Porsche Consulting. Esta metodología permite tomar un rol estratégico experto con conocimientos claves del negocio que pueden ayudar a la organización en la definición de la necesidad y la estrategia de la categoría que generen valor para Codelco, para luego diseñar procesos que minimicen el impacto en tiempo mediante estandarización de prácticas y documentación.

Esta metodología considera 6 etapas de análisis, de los cuales, las dos primeras consideran el análisis profundo de la categoría, la tercera define la estrategia y las restantes etapas 4, 5 y 6 corresponden a la ejecución de dicha estrategia:

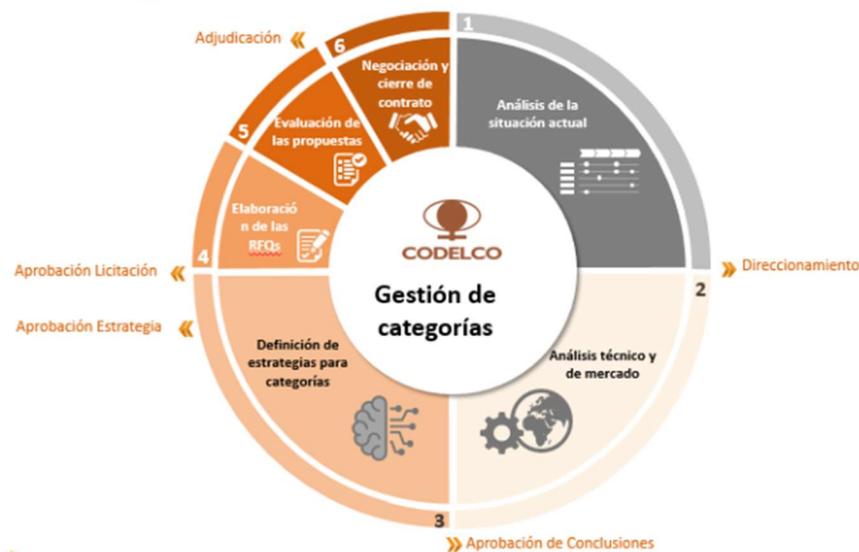
- Etapa 1: Análisis de la situación actual
- Etapa 2: Análisis técnico y de mercado
- Etapa 3: Definición de estrategias
- Etapa 4: Elaboración de las solicitudes de cotización (RFQ)
- Etapa 5: Evaluación de las propuestas
- Etapa 6: Negociación y cierre de contrato

El presente trabajo se focaliza en desarrollar las tres primeras etapas de una categoría estratégica de la industria minera como son los Explosivos, que nos permitirán conocer en detalle los factores determinantes del negocio, los factores técnicos y operacionales, los factores internos de la compañía, de la industria, del mercado, con una visión crítica y global y que son la base de la Gestión por Categoría.

Figura 18: Gestión de Categorías Codelco

La metodología de gestión de categorías se ejecuta en 6 principales etapas, desde el análisis de la situación actual hasta el cierre del contrato

Gestión de categorías: Hitos Mínimos de Control



Gestión de Categorías

La Gestión de Categorías corresponde a una metodología desarrollada para optimizar la cadena de abastecimiento agrupando servicios y suministros relacionados, semejantes o complementarios que satisfacen necesidades comunes al consumidor, los cuales pueden ser administrados como una unidad de negocios, con el fin de maximizar el valor agregado al negocio. Las principales empresas globales productoras y de servicios que se desempeñan en mercados desarrollados y de alta competitividad, como son la aeronáutica, fabricantes de automóviles, productos tecnológicos, entre otros, han aplicado esta metodología para incrementar su productividad, optimizar costos operacionales e inversiones, mejorar su rentabilidad y así mantenerse competitivos en un mercado global.

La metodología aplicada en Codelco considera 6 etapas principales de las cuales, el presente trabajo desarrolla las 3 primeras que revisten mayor importancia debido a que desarrollan paso a paso el conocimiento necesario para gestionar la unidad de negocio “Explosivos” en el proceso productivo de Codelco, con una visión dominante del mercado y la industria, lo que permite desarrollar una estrategia robusta y sustentable que entregue valor a la Corporación.

Las Etapas 1 y 2 desarrollan diversos análisis de los alcances de la categoría, a través de la aplicación de la herramienta, primero entendiendo en profundidad los aspectos internos del negocio como son el alcance, el gasto, los aspectos técnicos, el proceso productivo, el modelo de negocio, la incidencia e implicancias en el negocio minero de Codelco. Posteriormente se analiza el contexto macroeconómico, la industria global, el mercado global, se determinan las fortalezas y oportunidades, así como las palancas del negocio, lo cual permite llegar a la Etapa 3 para la definición de la estrategia de la categoría y así posteriormente salir al mercado a ejecutar dicha estrategia y buscar contratar los servicios y suministros requeridos, con los proveedores idóneos para alcanzar los objetivos del modelo de negocios de Codelco.

Etapas 1, Análisis de la Situación Actual:

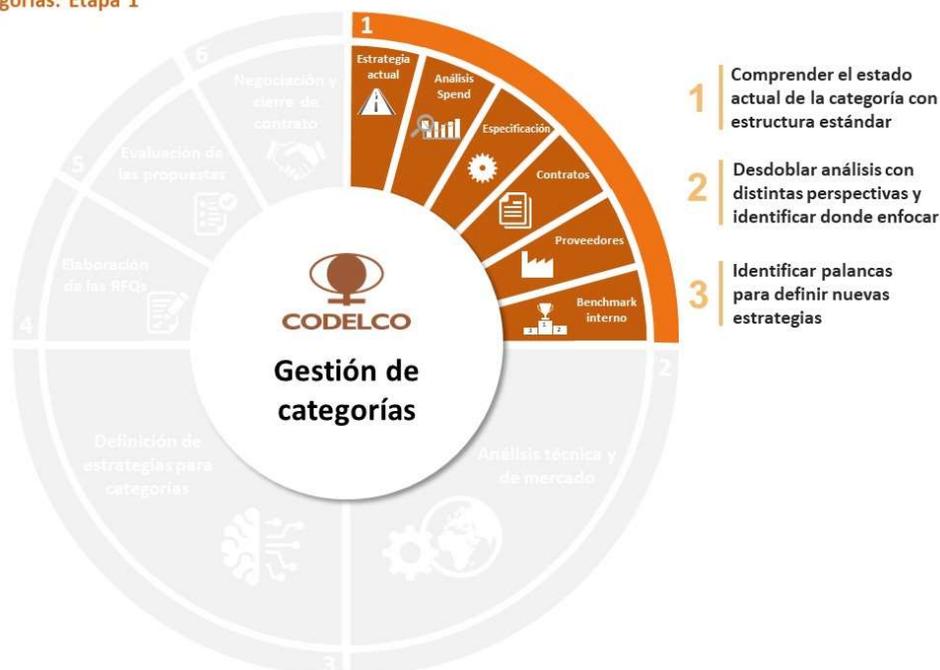
El Análisis de la Situación Actual considera 6 sub etapas cuyo objetivo es comprender la situación actual de la categoría con una estructura estándar, desdoblar el análisis desde distintas perspectivas, identificar puntos relevantes de la categoría (Servicio y/o Suministro) dónde enfocarse para definir nuevas estrategias:

- 1.1.- Estrategia Actual: Se analizan los aspectos principales de la categoría como son el gasto anual, cantidad de contratos, proveedores, alcance y operaciones/clientes.
- 1.2.- Análisis Spend: Se analiza el gasto histórico en detalle.
- 1.3.- Especificación: Se identifican y analizan las especificaciones de los servicios y suministros de la categoría.
- 1.4.- Contratos: Se analizan los modelos y tipos de contratos, duración, monto, consumo, entre otros.
- 1.5.- Proveedores: Se analiza la participación y rendimiento de los proveedores.

1.6.- Benchmark Interno: Se compara los rendimientos entre las operaciones/clientes.

Figura 19: Etapa 1, Análisis de la situación actual

Gestión de categorías: Etapa 1



Etapa 2: Análisis Técnico y de Mercado:

El Análisis Técnico y de Mercado también considera 6 sub etapas que tienen como objetivo definir límites de operación del negocio, identificando sinergias entre divisiones y otras categorías, identificando oportunidades en modelos de gestión de otras mineras, tendencias del mercado y analizando potenciales proveedores.

2.1.- Análisis técnico: Se identifican las prácticas a mantener en los futuros contratos e identifican sinergias entre operaciones y categorías.

2.2.- Prácticas del mercado: Se analiza el comportamiento de la industria minera y otras industrias y se identifican las tendencias de los proveedores.

2.3.- Macroeconomía: Se analiza la industria minera en costos y resultados, así como la categoría analizada.

2.4.- Competencia: Se analiza las prácticas de la industria minera y de los proveedores.

2.5.- Sinergia entre categorías: Se revisan las potenciales sinergias con otras categorías.

2.6.- Proveedores potenciales: Se levanta la mayor cantidad de proveedores posibles y se identifica en detalle sus potenciales.

Figura 20: Etapa 2, Análisis técnico y de mercado

Gestión de categorías: Etapa 2



Etapa 3: Definición de Estrategia para Categoría:

La Definición de la Estrategia para la Categoría considera 3 sub etapas que tienen como objetivo principal generar el mejor negocio posible que permita obtener ahorros para la categoría, para lo cual se debe definir los criterios para evaluación de escenarios, crear los diferentes escenarios y sus impactos financieros para así evaluar y seleccionar los escenarios potenciales.

3.1.- Generación escenarios: Se identifican los factores claves y sus variaciones para finalmente definir los escenarios posibles.

3.2.- Evaluación de los escenarios: Se definen y cuantifican los criterios para evaluar los escenarios.

3.3.- Validación de la estrategia Codelco: Se definen los factores claves y variaciones posibles, se generan los distintos escenarios para la estrategia.

Figura 21: Etapa 3, Definición de la Estrategia

Gestión de categorías: Etapa 3



CAPITULO IV. GESTIÓN DE CATEGORÍA EXPLOSIVOS

4.1. Etapa 1, Análisis de la Situación Actual

4.1.1. Etapa 1.1.- Estrategia Actual

El objetivo de esta etapa del análisis es comprender cuales son las estrategias actuales de la categoría. Es el punto de partida del análisis para lo cual es necesario la comprensión general del negocio, identificar la(s) estrategia(s) actual(es), los principales drivers, riesgos e impactos.

La categoría Explosivos considera todos los suministros y servicios adquiridos contratados para las operaciones de rajo abierto y subterránea de Codelco, los que se individualizan en cada operación de la siguiente forma:

- Contratos de suministro de explosivos Corporativos: Codelco cuenta con contratos de suministro de Altos Explosivos y a Accesorios, correspondientes a productos terminados, con tres (3) proveedores locales Enaex, Orica, Exsa y Dino Nobel, a través de los cuales se abastece a todas las operaciones mineras de la Corporación. En particular, éstos contratos están individualizados para cada División debido a que los polvorines están inscritos ante la DGMN, a nombre del proveedor del servicio de tronadura de cada División, con excepción de las minas subterráneas de DET dónde los polvorines son de Codelco, por lo que éste solo suministra los productos que comercializa ya que la propiedad de éstos explosivos pasa a Codelco una vez que éstos están puestos en el pozo/tiro, para así cumplir la normativa vigente.

En las operaciones en las que las actividades de tronadura son realizadas por personal de Codelco y el polvorín está a nombre del Proveedor de los suministros, como son las operaciones de minería subterránea de DSA y DAN, la transferencia de propiedad del suministro sucede una vez que el suministro se rebaja del inventario del polvorín.

- División Chuquicamata operación a rajo abierto, en adelante DCH rajo: La operación cuenta con un (1) contrato de suministro de materias primas, servicio de fabricación y carguío de explosivo a granel in situ, responsable por la administración de polvorines ante la DGMN, con suministro de altos explosivos en consignación, arriendo de infraestructura y servicio de asistencia técnica en la que se desarrolla en mayor o menor medida la ingeniería de tronadura, modelamiento de las mayas de perforación con software de tronadura y sistemas de instrumentación medición, todo contratado actualmente con la empresa Enaex.

Por otra parte, cuenta con un contrato de suministro de detonadores y servicio de instalación, primado, amarre, modelamiento de secuencia de tronadura y

programación de los detonadores, todo contratado actualmente con la empresa Orica.

- División Chuquicamata operación subterránea, en adelante DCH subte: La operación cuenta con un (1) contrato de servicio de administración de polvorines con suministro de altos explosivos en consignación, suministro de infraestructura, todo contratado con la empresa Enaex.

Por otra parte, dado que la mina subterránea se encuentra en construcción por empresas contratistas, éstas tienen un contrato de suministro de materias primas, servicio de fabricación in situ y carguío de explosivo a granel, también con la empresa Enaex, cuyas condiciones comerciales fueron negociadas por Codelco y transferidas a los contratistas de construcción, lo que no es parte del análisis de la presente tesis.

- División Radomiro Tomic, en adelante DRT: La operación cuenta con contratos de servicios y suministros similares a los de DCH rajo, contratados con los mismos proveedores, con alcance menor de la asistencia técnica.
- División Ministro Hales, en adelante DMH: La operación cuenta con contratos de servicios y suministros similares a los de DCH rajo, contratados con los mismos proveedores, con alcance menor de asistencia técnica.

Las operaciones de DCH rajo, DRT y DMH compartían los servicios cuando estas operaciones conformaron la División Codelco Norte y que posteriormente fueron disgregadas en Divisiones independientes, generando así contratos independientes.

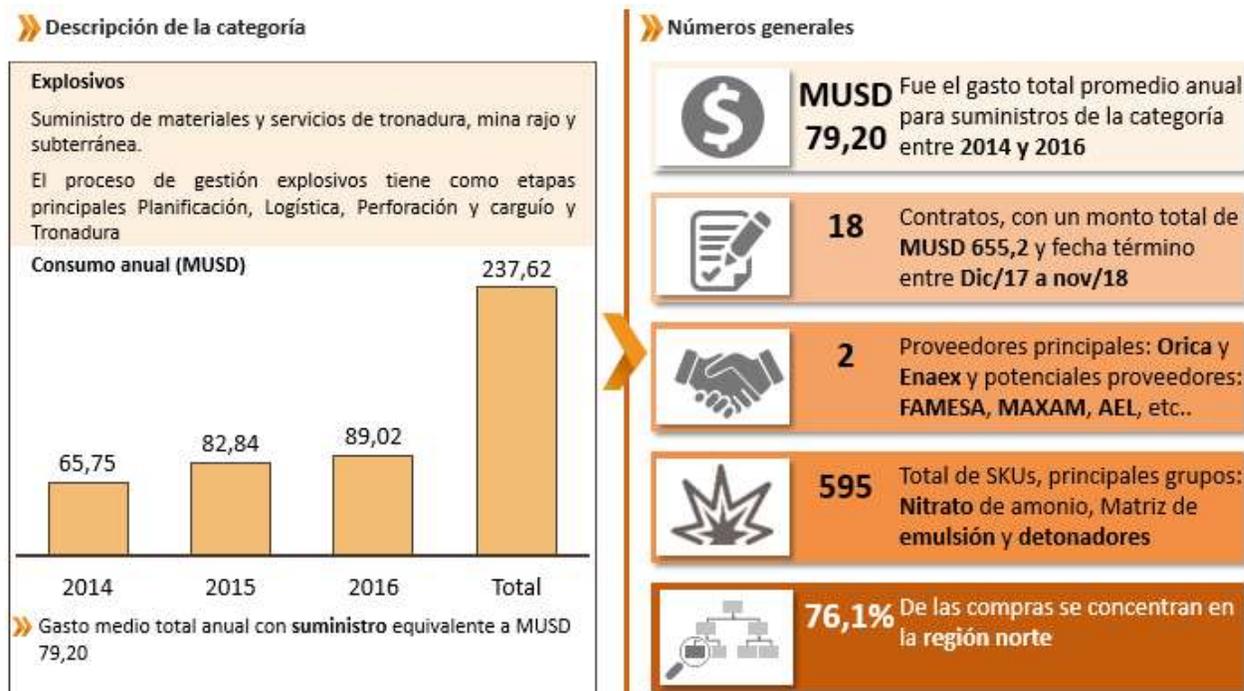
- División Gabriela Mistral, en adelante DGM: La operación cuenta con un único contrato de servicio de tronadura integral, que considera el suministro de materias primas, servicio de fabricación y carguío de explosivo a granel in situ, es responsable ante la DGMN por administración de polvorines con suministro de altos explosivos en consignación, suministro de infraestructura y servicio de asistencia técnica en la que se desarrolla en mayor o menor medida la ingeniería de tronadura, modelamiento de las mayas de perforación con software de tronadura y sistemas de instrumentación medición, así como el suministro de detonadores y servicio de instalación, modelamiento de secuencia de tronadura y programación de los detonadores, todo contratado con la empresa Orica.
- División Salvador operación a rajo abierto, en adelante DSA rajo: La operación cuenta con un único contrato de servicio de tronadura integral, que considera el suministro de materias primas, servicio de fabricación y carguío de explosivo a granel in situ, es responsable ante la DGMN por administración de polvorines en mina subterránea y rajos de la División con suministro de altos explosivos en consignación, arriendo de infraestructura y servicio de asistencia técnica en la que se desarrolla en mayor o menor medida la ingeniería de tronadura, modelamiento de las mayas de perforación con software de tronadura y sistemas de instrumentación medición, así como el suministro de detonadores y servicio de instalación, modelamiento de secuencia de tronadura y programación de los detonadores, todo contratado con la empresa Orica.

- División Salvador operación subterránea, en adelante DSA subte: La operación cuenta con el servicio de administración de polvorines ya mencionado en el punto anterior, con suministro de altos explosivos en consignación, contratado con la empresa Orica.
- División Andina operación a rajo abierto, en adelante DAN rajo: La operación cuenta con un único contrato de servicio de tronadura integral con una tarifa diferenciada por tipo de roca quebrada e indicadores de desempeño claves (KPIs), que considera un alto involucramiento del Proveedor en el plan minero, ingeniería de tronadura y rendimiento del proceso planta.

El servicio considera el suministro de materias primas, servicio de fabricación y carguío de explosivo a granel in situ, es responsable ante la DGMN por administración de polvorines con suministro de altos explosivos en consignación, arriendo de infraestructura y servicio de asistencia técnica intensiva en el desarrollo de la ingeniería de tronadura, modelamiento de las mayas de perforación con software de tronadura y sistemas de instrumentación medición, así como el suministro de detonadores y servicio de instalación, modelamiento de secuencia de tronadura y programación de los detonadores, todo contratado con la empresa Orica.

- División Andina operación subterránea, en adelante DAN subte: La operación cuenta con un (1) contrato de servicio de administración de polvorines con suministro de altos explosivos en consignación, contratado también con la empresa Orica.
- División El Teniente operación a rajo abierto, en adelante DET rajo: La operación cuenta con un único contrato de servicio de tronadura integral, que considera el suministro de materias primas, servicio de fabricación y carguío de explosivo a granel in situ, es responsable ante la DGMN por administración de polvorines con suministro de altos explosivos en consignación, arriendo de infraestructura y servicio de asistencia técnica en la que se desarrolla en mayor o menor medida la ingeniería de tronadura, modelamiento de las mayas de perforación con software de tronadura y sistemas de instrumentación medición, así como el suministro de detonadores y servicio de instalación, modelamiento de secuencia de tronadura y programación de los detonadores, todo contratado con la empresa Orica.
- División El Teniente operación subterránea, en adelante DET subte: La operación cuenta con un contrato de suministro de materias primas, servicio de fabricación y carguío de explosivo a granel in situ, es responsable ante la DGMN por administración de la cancha de emulsión, todo contratado con la empresa Orica.

Figura 22: Resumen de la Etapa 1.1 Estrategia actual



Fuente: Porsche Consulting y Abastecimiento Codelco; Etapa 1 – 02/05 al 15/05/17

La Figura N° 21, muestra el resumen general de la etapa 1.1 Estrategia Actual, considerando el alcance general de la categoría, el gasto en suministros anual de los años 2014 al 2016, con un promedio de US\$ 79,2 millones anuales en 595 SKUs. Los 18 contratos de la categoría suman un total de US\$ 655,2 millones en 2 proveedores principales con fecha de término entre diciembre del 2017 y noviembre del 2018. Finalmente, el 76,1% del gasto se concentra en las operaciones del norte del país, ya que corresponden principalmente a operaciones de minería rajo.

4.1.2. Etapa 1.2.- Análisis Spend o Análisis del Gasto

El análisis del gasto respalda la identificación de oportunidades por distintas perspectivas en base al consumo histórico para lo cual se genera un árbol de análisis se consolidan los datos históricos, se establecen los criterios y parámetros de análisis y se validan los resultados.

El gasto total anual promedio de la categoría de explosivos corporativos, efectuado entre los años 2015, 2016 y 2017, éste último considerando la proyección anualizada dado que la muestra se tomó durante el primer semestre del 2017, es de US\$ 121M (ciento veintiún millones de Dólares de los Estados Unidos de Norteamérica) de los cuales US\$ 94M

corresponden a Suministros, equivalente al 78% del gasto anual y US\$ 27M corresponden a Servicios, equivalente al 22% del gasto anual.

El 79% del Suministro, equivalente a US\$ 79M/año, corresponde a materias primas cuya base corresponde a Nitrato de Amonio.

Desde el punto de vista geográfico, el 75% del gasto se concentra en las Divisiones Radomiro Tomic (22%), Chuquicamata (21%), Andina (18%) y Ministro Hales (14%), todas Divisiones de la zona norte con excepción de la División Norte, esto debido a que en esta zona se concentran las principales operaciones a rajo abierto y cuyo proceso productivo requiere remover cantidades masivas de material estéril por lo que el consumo de explosivos es mucho mayor en este tipo de operaciones.

El Distrito Norte concentra el 69% del gasto anual, equivalente a US\$ 83M y el Distrito Sur representa el 31% del gasto equivalente a US\$ 38M.

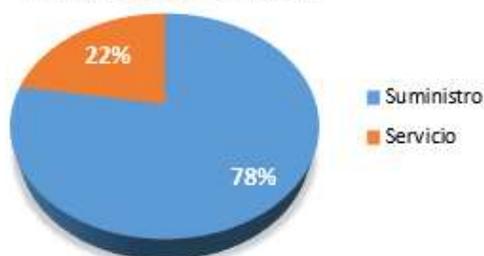
Figura 23: Distribución del Gasto por División, Proveedores, Suministros y Servicios

(Millón US\$)	CH	RT	MH	GA	SA	AN	TE	Total	%
Enaex	23	24	15	0	1	0	5	68	56%
Orica	2	3	2	14	6	22	3	52	43%
Exsa	0	0	0	0	0	0	1	1	1%
Famesa	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
Dyno Nobel	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
Total	26	27	16	14	7	22	9	121	100%

Distrito Norte:
MUS\$ 83 (69%)

Distrito Sur:
MUS\$ 38 (31%)

Distribución de Gasto



Gasto por Tipo de Suministro

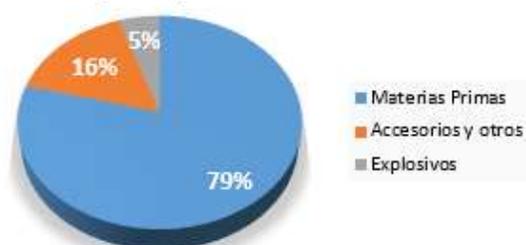


Figura 24: Distribución del Gasto por tipo de Suministro



La distribución de gasto anual corporativo en los Servicios y Suministros de la categoría Explosivos por empresa, es la siguiente: ENAEX 56%, Orica 43% y EXSA + FAMESA + Dyno Nobel 1%.

Figura 25: Distribución del Gasto por División y Proveedor



El análisis actual profundizó el entendimiento de la distribución y comportamiento del gasto, para cada operación, la condición de los contratos, la posición de los proveedores y las diferencias de comportamiento entre las operaciones.

Respecto del análisis de los suministros, queda en evidencia la importancia del nitrato de amonio como principal materia prima con una participación del 79% del gasto en suministro.

4.1.3. Etapa 1.3.- Especificación

El análisis de especificaciones identifica las diferencias entre tipos de productos y servicios que pueden apalancar nuevas estrategias para lo cual se identifican y listan las especificaciones técnicas de los productos y servicios de la categoría, se identifican las diferencias de uso, se consolidan oportunidades y se identifican palancas que puedan respaldar la futura estrategia.

Para el análisis de las especificaciones técnicas se formó un equipo técnico con todos los Superintendentes de Perforación y Tronadura (PyT) y su equipo técnico, denominado como “Commodity Team” con quienes se hizo el levantamiento de los productos que cada operación utilizaba y en términos del servicio, las características técnicas de cada operación de rajo y subterránea, que permite generar puntos de comparación entre las operaciones, siendo que sus características puedan diferir en muchos aspectos como son los rangos de producción, costos, proceso productivo, o aspectos puramente técnicos como la litografía, las condiciones geográficas, el clima, nivel de producción, entre otros. Por otra parte hace posible la comparación entre los productos y metodologías de trabajo.

Finalmente, se identifican las operaciones con características semejantes, problemáticas compartidas y necesidades comunes las que permiten buscar compartir las buenas prácticas de operación y metodologías de trabajo.

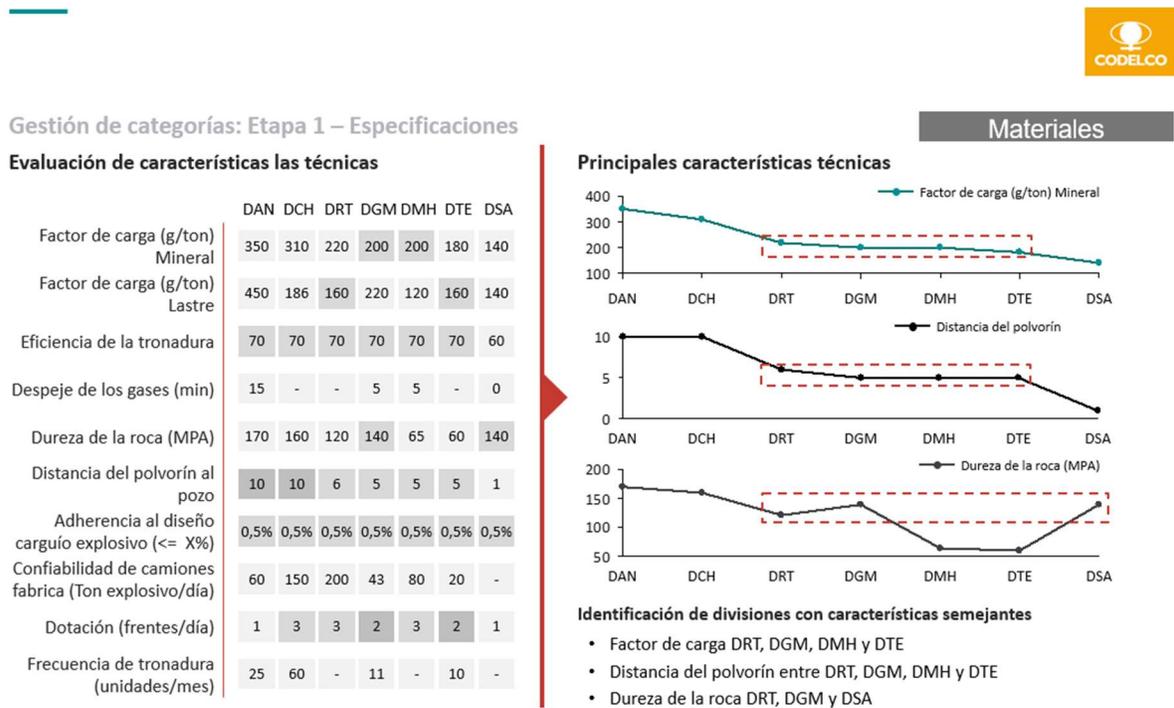
Estos factores son fundamentales para el análisis crítico del modelo de negocios y sus limitaciones.

Para este análisis se definieron 10 características técnicas que a juicio del equipo representan factores determinantes para el resultado de la fragmentación de la roca, los que son:

- Factor de Carga [g/ton] Mineral, corresponde a los gramos de explosivo utilizado para fragmentar una tonelada de mineral.
- Factor de Carga [g/ton] Lastre, corresponde a los gramos de explosivo utilizado para fragmentar una tonelada de lastre.
- Eficiencia de la tronadura, corresponde al % de material reducido al tamaño esperado.

- Despeje de gases (min), corresponde al tiempo en minutos que demora la disipación de gases posterior a la tronadura.
- Dureza de la roca [MPa], corresponde a la dureza promedio de la roca de cada operación.
- Distancia del polvorín al pozo, corresponde a la distancia en kilómetros entre el polvorín y la malla de tronadura, lo que determina el tiempo de reabastecimiento del camión fábrica.
- Adherencia al diseño de carguío de explosivo, corresponde al % máximo de tolerancia aceptable de desviación del diseño de carguío del pozo.
- Confiabilidad mecánica de los camiones fábrica, corresponde al nivel de confiabilidad que deben tener los equipos para garantizar el carguío de toneladas diarias para cada operación.
- Dotación [frentes/día], corresponde a la cantidad de mallas a tronar por día promedio, lo que determina los recursos necesarios.
- Frecuencia de tronadura [unidades/mes], corresponde a la cantidad de tronaduras promedio realizadas por mes.

Figura 26: Características técnicas de PyT



Rangos de características comunes direcciona las estrategias que serán definidas en las RFQ*

De este análisis se pudo determinar necesidades similares en las operaciones de rajo de DRT, DGM, DMH y DET, respecto del factor de carga y las distancias para re-abastecimiento de materias primas, por lo que tiene sentido comparar los recursos disponibles para cada operación y así comparar los rendimientos de los equipos de trabajo para ver los factores que determinan las mejores prácticas, como son el uso de camiones fábricas de mayor tonelaje efectivo como es el caso de los camiones de 30 toneladas utilizados en DRT de muy buen rendimiento, lo que se revisó la aplicabilidad de este tipo de camiones en las otras operaciones, así como las metodologías de re-abastecimiento de materias primas, que son una forma de optimizar los recursos intensivos en capital como son los camiones fábrica de un valor estimado en US\$ 600k en comparación a un camión re-abastecimiento de materias primas de un valor estimado de US\$ 70k, por lo que a grandes distancias entre polvorín y frente de trabajo, se hace razonable disponer de camiones de re-abastecimiento.

De la misma forma, se comparan diseños de mallas, perforación y características técnicas de los productos utilizados, así como las metodologías utilizadas por los proveedores del servicio y KPIs del contrato.

Otras buenas prácticas identificadas son por ejemplo el uso del aceite usado de los equipos mineros que permite utilizar un residuo de otra etapa del proceso mina permitiendo agregar valor y disminuir costos. De la misma forma, el método de control de consumos de explosivos a granel auditable, que principalmente se controlan con el vale o “voucher” que emiten los camiones fábrica una vez cargado el explosivo, que requiere calibración periódica, o en su defecto lo que declara el proveedor del servicio al momento de cargar el camión de transporte con materias primas en su fábrica, lo que requiere que se confirme una vez que se entrega en la operación. La metodología más efectiva para controlar el consumo de explosivo a granel suministradas, determinada por el equipo de trabajo, corresponde al pesado en romana de los camiones que ingresan a la División con materias primas y que posteriormente se pesan descargados, motivando el pago efectivo de los productos entregados.

4.1.4. Etapa 1.4.- Contratos

El análisis de los contratos respalda la comprensión de los modelos de negocios actuales y diferencias que pueden apalancar nuevas estrategias, para lo cual se definen los análisis posibles, se identifican y clasifican los contratos, se realiza el análisis para identificar diferencias y oportunidades en los contratos y se identifican las palancas para la futura estrategia.

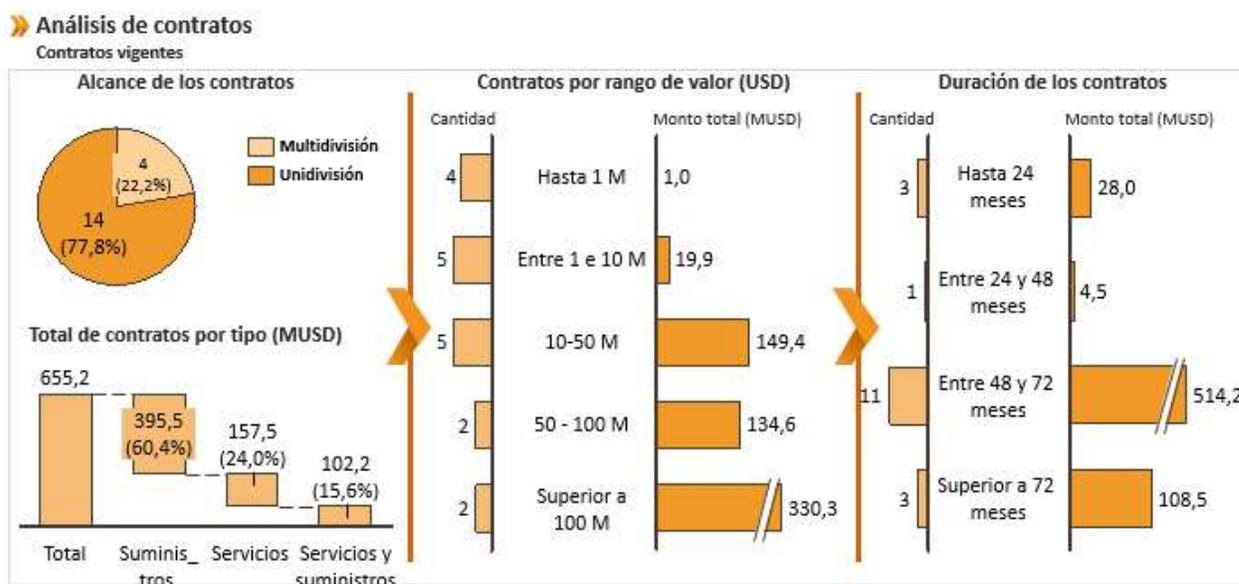
Tal como se detalló el alcance de los contratos de explosivos en cada una de las operaciones de Codelco en el punto 8.1.1. Etapa 1.1 “Estrategia Actual”, el modelo de negocios de explosivos que ha llevado la Corporación en los últimos 10 años, es contratar un servicio integral de tronadura que considera todos los servicios, suministros e ingeniería (“know how”) requeridos para garantizar la efectividad del proceso de

tronadura, transfiriendo la responsabilidad al proveedor, con tácticas localistas como son en las operaciones de DCH rajo, DRT y DMH, dónde estas operaciones tienen dos servicios separados con dos proveedores distintos, uno para el suministro de materias primas, fabricación y carguío de explosivos y otro para el suministro y la programación de secuencia de los detonadores, lo que duplica dotación administrativa y distribuye responsabilidades del éxito de la tronadura, sin entregar necesariamente valor adicional y manteniendo la dependencia y rigidez del modelo de negocio vigente por el tiempo de duración del contrato.

En el caso de DAN la responsabilidad e involucramiento en el proceso minero del proveedor es incluso mayor por la modalidad de cobro por roca quebrada, por lo que tiende a participar más del negocio minero que del negocio de explosivos, lo que contrasta con las operaciones de minería subterránea dónde las actividades son realizadas principalmente por personal de Codelco y el proveedor solo suministra explosivos.

El resto de las operaciones consideran un único proveedor de los servicios y suministros por operación, concentrando toda la responsabilidad del éxito de la tronadura en dicho proveedor con contratos de largo plazo (5 años), lo que determina una alta dependencia de éste y nula flexibilidad. Esto sumado a que Codelco concentra los servicios integrales de tronadura con el 99% del gasto en solo dos (2) proveedores, que son los principales proveedores del mercado nacional Orica y Enaex, lo que genera barreras de entrada a la competencia y no permite el desarrollo de nuevos proveedores.

Figura 27: Análisis de contratos por alcance, monto y duración

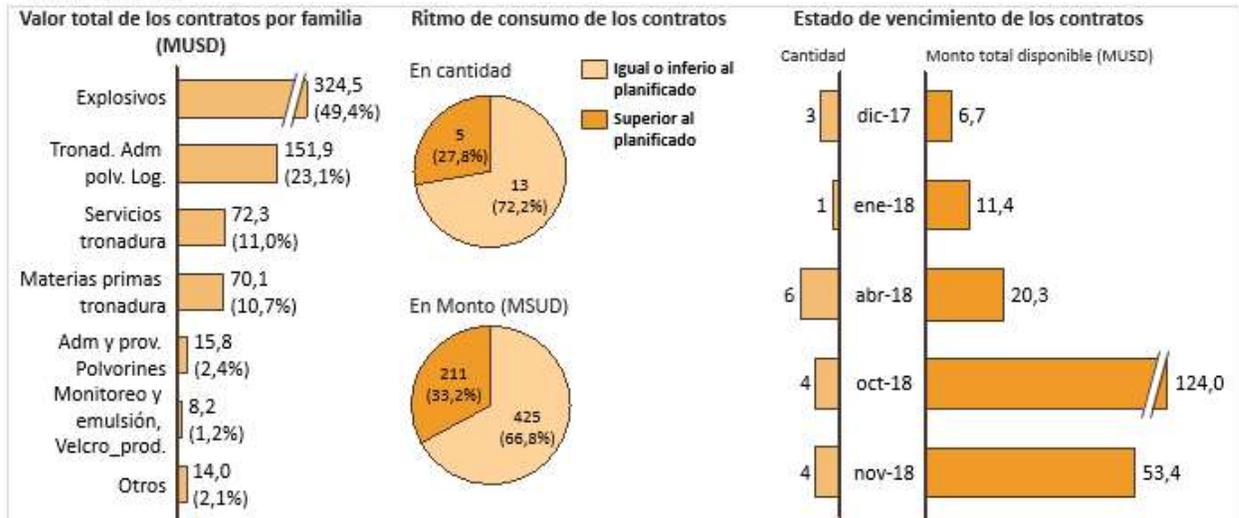


La Figura N° 26, muestra que del total de 18 contratos, 14 (77,8%) de ellos son de una división (“unidivisionales”) y 4 contratos tienen duración sobre 48 meses, con un total de MUS\$ 622,7. El 60,4% del monto de los contratos corresponde a contratos exclusivos de suministros. Solo 2 contratos son por un monto superior a US\$M 100.

Figura 28: Análisis de contratos por familia, consumo y vencimiento

» Análisis de contratos

Contratos vigentes

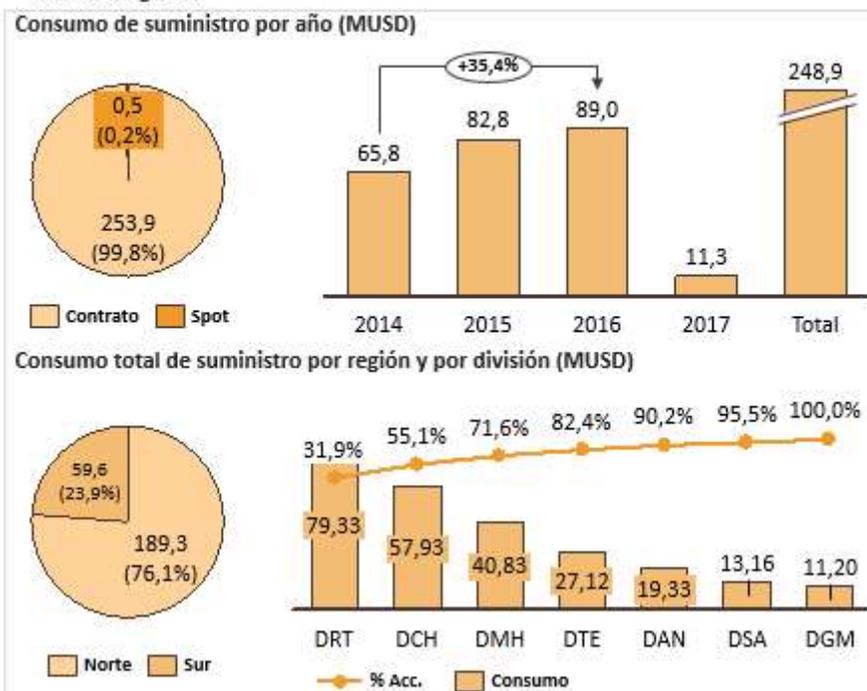


La Figura N° 27, muestra que el 49,4% del monto total de contratos corresponden al suministro de explosivos y 5 contratos tienen ritmo de consumo superior al planificado.

Figura 29: Análisis del consumo histórico y por División

» Análisis de consumo histórico

Contratos vigentes



La Figura N° 28, muestra que solo el 0,2% de las compras de suministro fueron Spot. El consumo total desde el año 2014 fue de MUS\$ 248,9 con un aumento de 35,4% de 2014 a 2016. El 76,1% del consumo de explosivos se produce en la zona norte. El 82,4% del consumo total desde el año 2014 están concentrados en las divisiones DRT, DCH, DMH, DTE.

4.1.5. Etapa 1.5.- Proveedores

El análisis de proveedores respalda la identificación del rendimiento actual y nivel de servicio de cada proveedor de la categoría, para lo cual se identifican los proveedores actuales, se analizan las variaciones y correlaciones para identificar las oportunidades entre proveedores, se identifican las palancas para la futura estrategia.

Los actuales proveedores de explosivos de Codelco corresponden a los principales de la industria nacional con presencia y protagonismo internacional, integrados verticalmente en la fabricación de nitrato de amonio y fabricación de explosivos, lo que garantiza el suministro, con respaldo financiero de grupos económicos, alto nivel de desarrollo en investigación y tecnología, constante desarrollo de nuevos productos y servicios, alto conocimiento del negocio minero, inversiones consolidadas, liderazgo permanente del mercado y con tasas de crecimiento constante comparables al de la industria minera, lo que ha garantizado un servicio integral confiable.

En este contexto, se suman las altas barreras de entrada al mercado por inversión, experticia y prestigio en el medio local y las regulaciones nacionales que hacen que el mercado se divida en dos grupos muy diferenciados, el primero liderado por los dos principales actores Enaex y Orica y el segundo correspondiente a actores con participaciones muy menores como son AEL, Austin, Dyno Nobel, Explonun, Exsa, Famesa, Hanwha, Maxam, entre otros, que para ganar participación en el mercado requieren generar inversiones considerables y de largo plazo en implementación en plantas de fabricación de matrices y emulsiones.

Enaex es el único proveedor que cuenta con una planta de fabricación de nitrato de amonio en el país, ubicada en Mejillones en la región de Antofagasta. El resto de los proveedores se abastecen en forma combinada desde Enaex y del mercado internacional o bien desde sus plantas de nitrato de amonio en otros países.

Como se explicó anteriormente en la Etapa 1.1, los modelos de negocios vigentes en las operaciones de Codelco y la industria se basan en una alta dependencia del proveedor, favoreciendo a los proveedores principales y desnivelando a su favor, el poder de negociación lo que explica la concentración del mercado en estas dos (2) empresas, Enaex y Orica.

Sin embargo, el segundo grupo del mercado está conformado por un número atractivo de proveedores con experiencia internacional, amplia gama de productos y potencial de

desarrollo pero con menor capacidad instalada que los limita a competir en igualdad de condiciones por servicios integrales.

La distribución porcentual del gasto anual corporativo en Servicios y Suministros de la categoría, es: ENAEX 56%, Orica 43% y EXSA + FAMESA + Dyno Nobel 1%, estas últimas solo tienen contratos de suministro con Codelco.

Enaex presta servicios de tronadura principalmente en las operaciones de la zona norte (DCH, DRT y DMH) con foco en minería rajo y con el suministro de explosivos requerido. Por otra parte, Orica presta servicios de tronadura para el resto de las operaciones de Codelco (DGM, DSA, DAN y DET), también con el suministro de los explosivos con mayor presencia en minería subterránea y con hegemonía corporativa en sistemas de detonación ya que suministra y presta el servicio de detonación para todas las operaciones de Codelco.

4.1.6. Etapa 1.6.- Benchmark Interno

El análisis de benchmark interno analiza el desempeño de los proveedores en distintas Divisiones e identifica oportunidades de mejora, para lo cual se definen indicadores parametrizados para realizar la comparación, se compara el desempeño entre distintos proveedores y Divisiones, se identifica las oportunidades y se identifican las causas raíces de las oportunidades para la futura estrategia.

El análisis de los proveedores en las operaciones de la Corporación, el análisis técnico de los suministros y el análisis del proceso productivo, han dejado en evidencia las buenas prácticas de las operaciones las que serán parte de la nueva estrategia corporativa de explosivos, de las cuales se puede destacar entre otros:

- a) Control de los suministros de materias primas a través de pesaje de camiones con romana.
- b) Aporte de Codelco del aceite usado en la fabricación de explosivos a granel.
- c) Control y visibilidad de inventario en el ERP de Codelco y aplicación de sistema FIFO (first in/first out).
- d) Flexibilidad de suministros en el caso de disponer de polvorines a nombre de Codelco.
- e) Costos de transporte de materias primas.
- f) Aplicación de nuevos explosivos desarrollados y nuevos formatos de comercialización.
- g) Ingeniería de tronadura como responsabilidad única de Codelco.
- h) Servicio de programación de secuencia de detonación integrada al servicio de tronadura.

- i) Administración de contrato por áreas de operación en minería subterránea.
- j) Propiedad de la infraestructura e instalaciones por parte de Codelco.

De los potenciales identificados, algunos es posible considerarlo en el nuevo requerimiento del servicio, como son las letras c), e) e i). Otras demandan inversión por parte de Codelco, como son las letras a), b) y j) y en otros casos determinan un cambio en el modelo de negocio, como son las letras d), f), g) y h). Lo anterior, sumado a la necesidad de estandarizar la forma de operación corporativa, definiendo funciones y responsables, identificando las etapas críticas y estandarizando los criterios base para así potenciar a la organización para proyectarla en el desarrollo de la actividad, capturando y manteniendo el conocimiento en la organización, permite entregar las herramientas y desarrollar las condiciones necesarias para generar las optimizaciones en el proceso productivo que requiera la operación minera.

4.2. Etapa 2, Análisis Técnico y de Mercado

El análisis técnico y del mercado se desarrolló conformando el equipo técnico con los Superintendentes de Perforación y Tronadura (PyT) e ingenieros especialistas de cada División, con los cuales se hizo el levantamiento de los modelos de negocios y procesos productivos de sus operaciones, identificando fortalezas y debilidades, así como las particularidades y desafíos de cada operación.

Se revisó la Industria considerando las buenas prácticas, las áreas involucradas en el proceso productivo de Perforación y Tronadura (PyT), KPIs, recursos y ratios de operación, primero al interior de las operaciones de Codelco y luego analizando la competencia con sus modelos de negocios, infraestructura, proveedores y estrategias.

4.2.1. Etapa 2.1.- Análisis Técnico

El objetivo de esta etapa es identificar las buenas prácticas de los contratos actuales para así mantenerlos en los próximos contratos, mapear los procesos para identificar las sinergias entre operaciones y otras categorías, consolidar los datos para definición de estrategia(s).

Dada las diferencias que se presentan en el alcance de los servicios de tronadura, de sus capacidades productivas, de los recursos disponibles, dotaciones destinadas y estructuras organizacionales a lo largo de las operaciones de Codelco, se hizo un levantamiento de los procesos productivos de cada operación de minería rajo y de cada operación de minería subterránea.

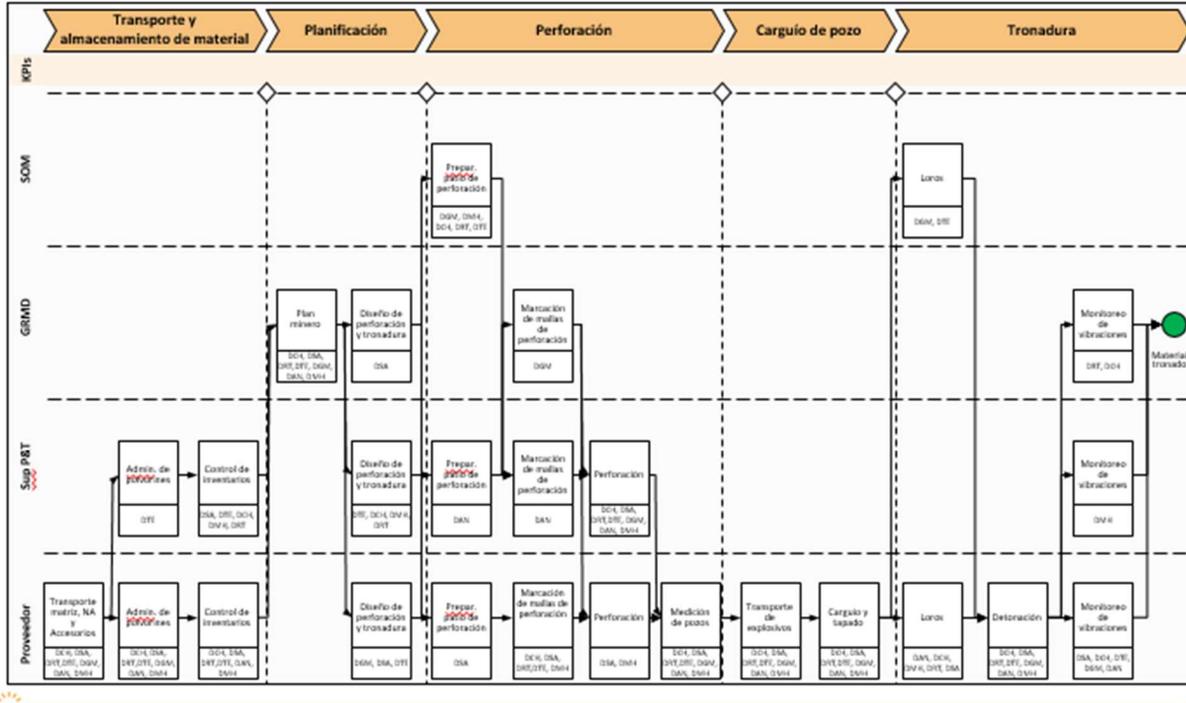
En el cuadro siguiente se resume el proceso productivo de cada División con las etapas del proceso y las áreas responsables de cada actividad, conforme al modelo de negocio de PyT aplicado en cada Operación. Las áreas responsables corresponden a la Superintendencia de Operaciones Mina (SOM), Gerencia de Recursos Mineros Divisionales/Distritales (GRMD), Superintendencia de Perforación y Tronadura (SP&T) y el Proveedor del Servicio de Tronadura.

El análisis deja en evidencia las diferencias de criterios y responsabilidades de las tareas, así como también la gran cantidad de tareas derivadas al Proveedor del servicio de Tronadura, la que en algunas Divisiones incluso considera la ingeniería de tronadura.

Figura 30: Modelo de negocio actual

Modelo de negocio actual para operación rajo practicado por las divisiones 

Etapa 2.1 – Análisis técnico



Fuente: Taller de Perforación y tronadura realizado en DSA entre 25/04 y 27/04/17

De esta forma, las operaciones de menor capacidad productiva disponen de organizaciones más reducidas como son DGM, DSA y DET rajo, por lo que dependen en mayor medida del proveedor del servicio integral de tronadura, así como de otras áreas internas como es el caso de la GRMD y la SOM, lo que limita la capacidad de control, toma de decisiones y de gestionar el negocio de PyT con una visión sistémica del negocio minero.

Por otra parte, las operaciones de mayor capacidad de producción también evidencian una gran dependencia del Proveedor del servicio integral de tronadura a lo largo del proceso productivo lo que también limita la capacidad de gestión del negocio de PyT para la optimización del negocio minero aguas abajo y en forma sistémica, principalmente debido a la transferencia del desarrollo del conocimiento e información al proveedor del servicio, lo que ha incrementado la dependencia de éstos.

Otro punto importante a destacar es la necesidad de estandarizar un modelo de negocios único para el proceso de minería en rajo como para minería subterránea, éste último considerando las particularidades del desarrollo de mina y producción, para ser aplicado a todas las operaciones de Codeco. De esta forma, se levantaron las características técnicas de cada operación de rajo y subterránea para generar las comparaciones

respectivas y así permitir identificar las palancas a ser consideradas en la estrategia corporativa.

Figura 31: Características técnicas Rajo

Fueron estudiadas 10 características técnicas de explosivos con el objetivo de identificar operaciones comunes para definición de estrategias

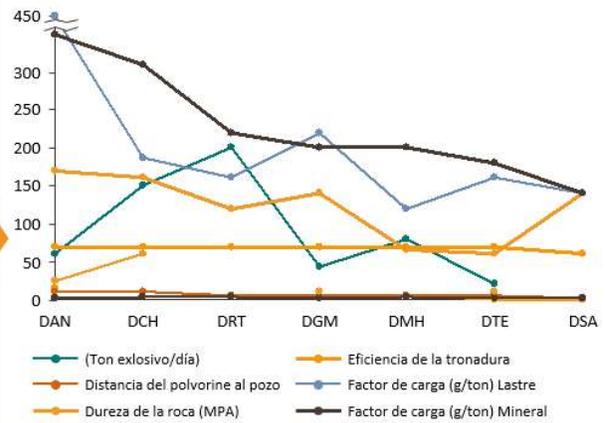


2.1. Análisis técnica

» Evaluación de características las técnicas

	DAN	DCH	DRT	DGM	DMH	DTE	DSA
Adherencia al diseño carguío explosivo (<= X%)	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
Confiabilidad de camiones fabrica (Ton explosivo/día)	60	150	200	43	80	20	-
Despeje de los gases (min)	15	-	-	5	5	-	0
Distancia media del polvorín al pozo (km)	10	10	6	5	5	5	1
Dotación (frentes/día)	1	3	3	2	3	2	1
Dureza de la roca (MPA)	170	160	120	140	65	60	140
Eficiencia de la tronadura (%)	70	70	70	70	70	70	60
Factor de carga (g/ton) Lastre	450	186	160	220	120	160	140
Factor de carga (g/ton) Mineral	350	310	220	200	200	180	140
Frecuencia de tronadura (unidades/mes)	25	60	-	11	-	10	-

» Principales características técnicas



- » Distancia del polvorín entre DRT, DGM, DMH y DTE
- » Dotación de frentes entre DCH, DRT y DMH y entre DGM y DTE

Rangos de características comunes direcciona las estrategias que serán definidas en las RFQ*

* RFQ: Request for Quotation

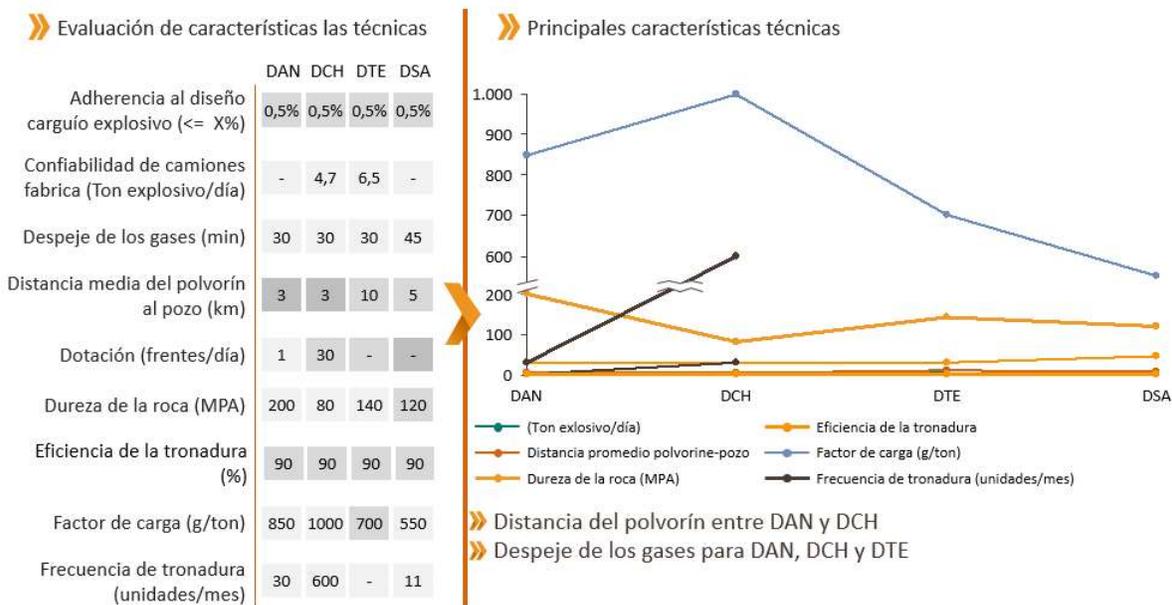
Fuente: Taller de Perforación y tronadura realizado en DSA entre 25/04 y 27/04/17

Figura 32: Características técnicas Subterránea

Fueron estudiadas 10 características técnicas de explosivos con el objetivo de identificar operaciones comunes para definición de estrategias



2.1. Análisis técnica



Rangos de características comunes direcciona las estrategias que serán definidas en las RFQ*

* RFQ: Request for Quotation

Fuente: Taller de Perforación y tronadura realizado en DSA entre 25/04 y 27/04/17

4.2.2. Etapa 2.2.- Prácticas de Mercado

En esta etapa se revisa el comportamiento de la industria Minera y de otras industrias, se identifican las tendencias de los proveedores y se consolidan y priorizan las potenciales palancas de negociación.

La categoría Explosivos corresponde a una de las categorías estratégicas debido a que incide directamente en el proceso productivo de Perforación y Tronadura (PyT) de la etapa de extracción Mina, con un gasto significativo y afectando directamente en el costo operacional. Considera todos los suministros y servicios adquiridos contratados para las operaciones de rajo abierto y subterránea de Codelco.

En la actualidad en Chile, el modelo de abastecimiento de explosivos de la industria minera, ha tendido a generar un servicio integral de tronadura con un único proveedor por operación, como se ha visto en las etapas de análisis anteriores, que considera la fabricación in situ de explosivos a granel y carguío de éste explosivo en el pozo, o tiro para el caso de la minería subterránea, con camiones fábrica que sensibilizan matrices o

bien mezclan las matrices con ANFO que corresponde a una combinación de nitrato de amonio con combustible. Las materias primas para la fabricación de las emulsiones matrices y del explosivo in situ a granel, como son Nitrato de Amonio, diésel y agua, también son suministradas por el proveedor del servicio de tronadura integral.

Este servicio por lo general considera también el suministro de los Altos Explosivos correspondientes a todos los explosivos terminados como son los APD, pentolitas, dinamitas, emulsiones encartuchadas, entre otros y los Accesorios como son detonadores de todos sus tipos, cables de detonación, cordón detonante, booster, entre otros, los cuales por su clasificación deben ser manipulados, controlados y almacenados en polvorines conforme a la normativa vigente. Dado esto, la industria ha optado por contratar la administración de los polvorines y el suministro de estos productos con el proveedor de servicio de tronadura, entregando parte principal de la responsabilidad del manejo de los explosivos ante la Dirección General de Movilización Nacional (DGMN) que es responsable de controlar, normar y autorizar el uso de explosivos y ante la Autoridad Fiscalizadora (AF) que fiscaliza el cumplimiento de la normativa.

En complemento, dado que los sistemas de detonación electrónica, que es la mayormente utilizada en gran minería de rajo abierto, revisten un manejo específico de herramientas electrónicas para la programación de la secuencia de detonación, también se ha tendido a incorporar en el mismo servicio de tronadura concentrando la responsabilidad y éxito de la tronadura en el Proveedor.

De la misma forma, el afán de aumentar la productividad ha determinado optimizar la dotación, lo que en algunas operaciones ha resultado en tercerizar, en mayor o menor medida, la ingeniería de tronadura considerando el monitoreo de vibraciones, el diseño de mayas la definición del tipo y cantidad de explosivo a cargar y hasta el nivel de fracturación requerido para el proceso productivo aguas abajo.

Por otra parte, la necesidad de la industria minera a destinar sus recursos a las inversiones de los proyectos mineros intensivos en capital, ha desincentivado la inversión en infraestructura de tronadura robusta para este fin, fomentando a solicitar al proveedor de explosivos que haga la inversión y desarrolle la infraestructura con cargo al costo operacional.

De éste modo, el proveedor ha ido integrando su modelo de negocios de fabricante de nitrato de amonio y productor de explosivos (suministros) a prestador de servicio integral de tronadura, considerando una amplia especialidad de los factores que determinan el resultado del mineral tronado hasta involucrarse en el negocio minero, determinando hasta la optimización de la recuperación de mineral en el proceso de planta, su incidencia en el mantenimiento y costo operacional de los activos, los que son competencias diferenciadoras y claves de toda compañía minera. Con esto, el proveedor tiende a ser partícipe de las utilidades del negocio minero por sobre el suministro de insumos o prestador de un servicio.

En conclusión, el mercado de proveedores integrales de tronadura se concentra principalmente en dos (2) empresas, Enaex y Orica dado el alto riesgo transferido al proveedor, infraestructura y financiamiento requerido. Sin embargo, existe un mercado de suministro de explosivos de al menos 10 empresas del mercado local que han ido

desarrollando sus capacidades para entrar a competir en el mercado local de servicios integrales de tronadura.

4.2.3. Etapa 2.3.- Análisis Macroeconómico

En esta etapa se analiza la industria minera, se revisa los costos y resultados así como los indicadores específicos de la categoría y se consolidan y priorizan las potenciales palancas.

Asia es el principal consumidor de los metales bases y otros commodities producidos en el mundo, debido al pujante crecimiento que han llevado las economías del oriente durante los últimos 35 años, liderado por China.

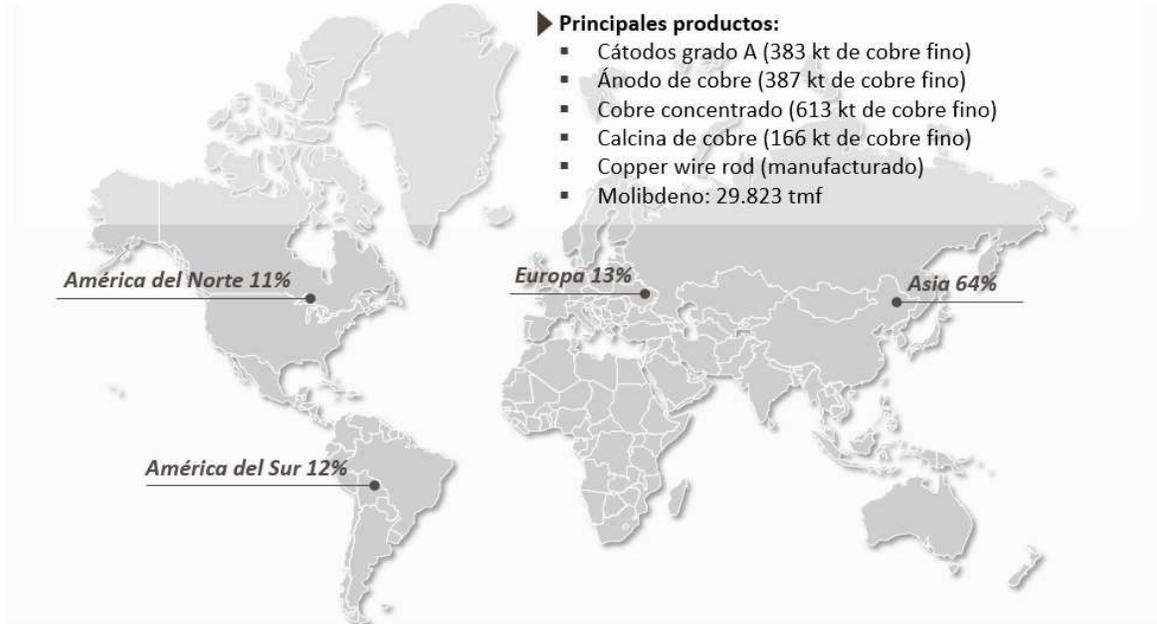
China es la segunda economía del mundo después de EEUU, con una población de más de 1300 millones de habitantes, que ha tenido un crecimiento promedio de 10% durante los últimos 30 años, alcanzando un PIB/cápita de US\$ 6.069, requiere una gran cantidad de Cobre y otras materias primas para la construcción de infraestructura para soportar el gran cambio de la población, estimada en 400 millones de personas, que ha superado la línea de la pobreza desde 1980 y que demandan mejores condiciones de vida, lo que explica que Asia sea el principal consumidor de Cobre producido del mundo, así como otros minerales commodities.

Figura 33: Consumo de Cobre por región

Asia absorbe 64,0% del total ventas de los productos de cobre



2.3. Análisis Macroeconómico



* CGO – Congo y ZAM – Zambia

Fuente: Sitio de web <http://investingnews.com>, búsqueda realizada en 23/05/2017

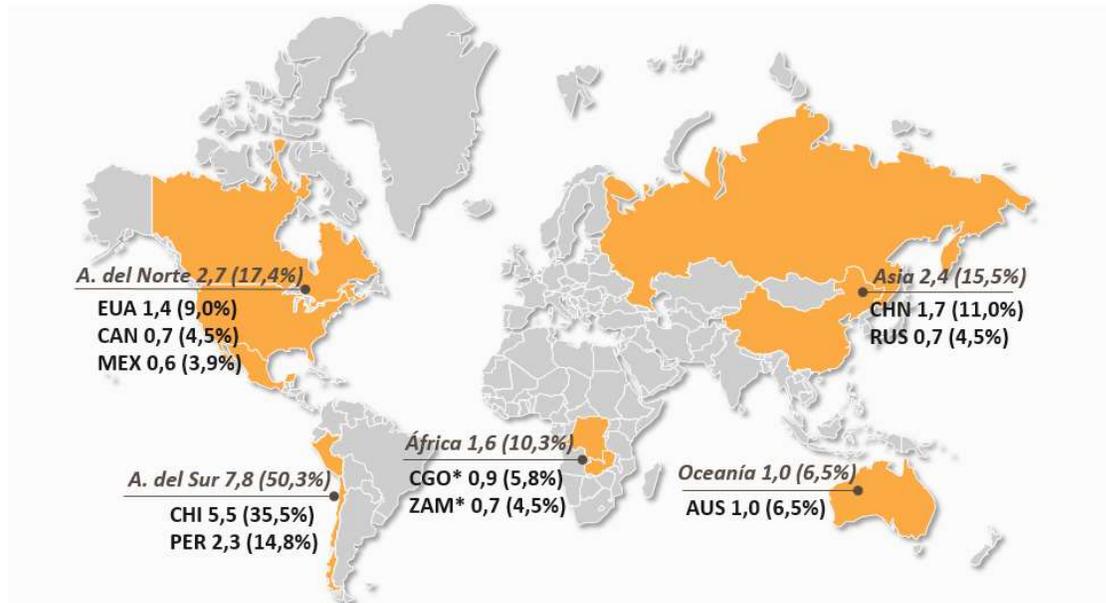
El 50% de las reservas mundiales de cobre están en Sudamérica y principalmente en Chile y Perú, lo que representa la principal ventaja comparativas para la industria minera local, así como el conocimiento del negocio minero, el capital humano, la estabilidad política y económica, el riesgo país acotado, la cercanía a puertos de embarque, el desarrollo de energías renovables de bajo costo en el caso de Chile, entre otras, han permitido que las principales compañías mineras mundiales hayan invertido en operaciones en Chile y Perú.

Figura 34: Producción de Cobre por región

Distribución en el mundo, considerando la producción de los 10 mayores productores de 2015 con un total de 15,5 millones de toneladas de cobre



2.3. Análisis Macroeconómico



* CGO – Congo y ZAM – Zambia

Fuente: Sitio de web <http://investingnews.com>, búsqueda realizada en 23/05/2017

La producción mundial de cobre ha crecido 3,99% en los últimos 6 años al 2016, por sobre el crecimiento de la economía mundial, siendo Codelco el principal productor con poco menos del 10% de la producción mundial y seguido muy de cerca por Freeport-MCMoran con un 8% de la producción mundial de cobre mineral. En la siguiente Figura se muestran los 10 principales productores de Cobre mineral del mundo.

Figura 35: Producción mundial de Cobre y Productores



- » Desde el año 2010 hasta 2016 hubo un alza de 3,99% en la producción de cobre en el mundo
- » Codelco es el mayor productor mundial de cobre, con 1,89 millones de toneladas en 2015 correspondiente a 9,9% del total producidos por los 10 mayores

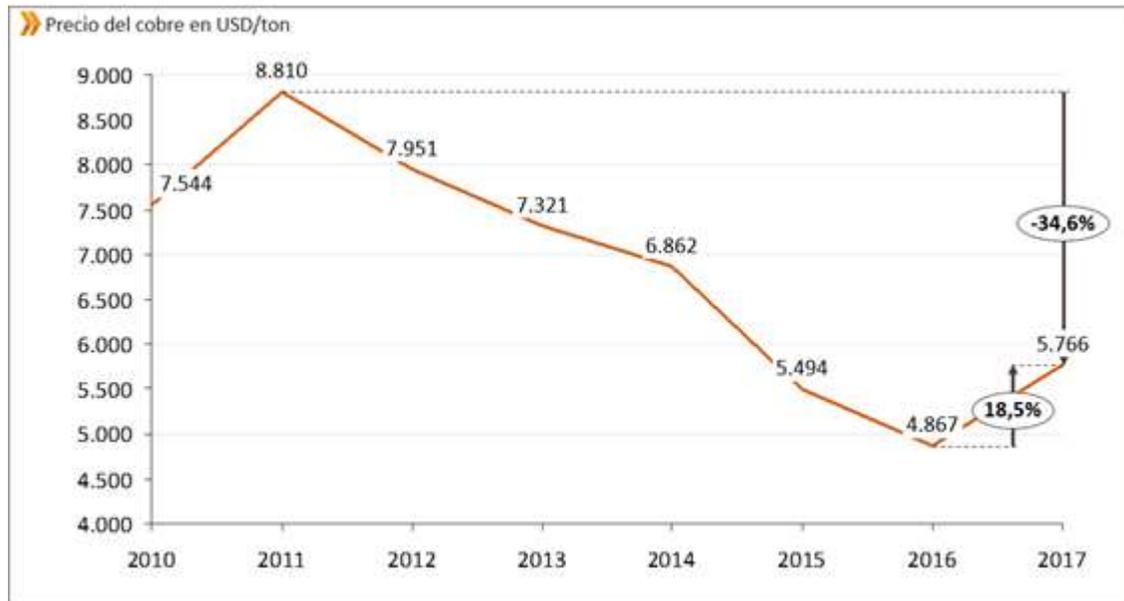
* Datos de enero/2017

» Fuente: Sitio de web <http://www.icsg.org> y <http://investingnews.com>, búsqueda realizada en 23/05/2017

El precio del cobre es transado en bolsas de metales conforme a oferta y demanda, siendo la principal la Bolsa de Metales de Londres (LME), seguido bastante más atrás por las bolsas de Nueva York y la de Shanghái, por lo tanto los productores de cobre son tomadores de precio del metal por lo que sus factores de competencia se basa principalmente en maximizar su capacidad instalada y la reducción de los costos de producción.

En la gráfica siguiente se muestra la evolución del precio del cobre en USD/ton del 2010 al 2017, dónde se puede apreciar que el precio del metal ha sufrido una baja considerable de 44,8% desde el 2011 al 2016 para posteriormente recuperarse al 2017 lo que totaliza una reducción del 34,6%. Esta fuerte variabilidad del precio condiciona los resultados operacionales de la industria minera y las somete a prueba de su capacidad de resiliencia y adaptarse a las condiciones del mercado. Es así como en ciclos de bajos precios del metal, no es extraño encontrarse con cierres de operaciones, postergación de proyectos de inversión y venta de activos.

Figura 36: Variación del precio del Cobre, 2010-2017



Fuente: London Metal Change (LME), <http://www.maxiligas.com.br>, búsqueda realizada en 23/05/2017

4.2.4. Etapa 2.4.- Análisis de la Competencia

El objetivo de esta etapa de análisis es identificar las tendencias futuras o cambios de la industria utilizando el networking de eventos y conferencias para así consolidar y priorizar las potenciales palancas.

Como se ha comentado anteriormente en el presente trabajo, la industria minera de la gran minería local ha tendido principalmente a buscar generar proveedores de servicio integral de tronadura considerando todas las actividades propias del proceso productivo, la ingeniería de tronadura en mayor y menor medida, el suministro de las materias primas y explosivos, así como la responsabilidad del resultado del proceso de tronadura.

Recientemente la industria minera ha dado muestras de generar cambios a la tendencia llevada hasta el momento, para incrementar la competencia en el mercado como es la contratación de Maxam como proveedor de servicio integral de tronadura en Minera Escondida cuyo modelo de negocios consideró la instalación de la planta de fabricación de emulsión matriz en las dependencias de la Minera, lo que permitió a esta empresa competir en igualdad de condiciones con los dos (2) proveedores principales del país, Enaex y Orica ya que una de las principales barreras de entrada al mercado local es la inversión requerida para la construcción de la planta de fabricación de emulsiones, así como el estudio de impacto ambiental y permisos para operar, los que al ser construida en el distrito de la minera, facilitan la tramitación de los permisos respectivos.

Por otra parte, Minera Los Pelambres ha desarrollado un modelo de contrato con énfasis en la definición y medición de KPIs que permiten optimizar los costos de operación con un alto involucramiento del proveedor en el proceso minero.

En el plano internacional, Southern Copper en Perú, posee contrato de tronadura integral con la empresa Exsa cuyo explosivo es fabricado íntegramente con nitrato de amonio fertilizante de alta densidad, que a diferencia del resto de la industria de explosivos que trabaja principalmente con nitrato prill de baja densidad, el de nitrato de amonio fertilizante tiene mayor oferta en el mercado y por lo tanto menor costo de producción.

En Minas de Gerais, Brasil, la compañía minera Vale posee una planta de fabricación de nitrato de amonio por lo que su modelo de negocios considera el aporte del nitrato de amonio al proveedor del servicio integral de tronadura, como materia prima para la fabricación de los explosivos a suministrar en sus operaciones.

El modelo de negocios por excelencia de la industria minera metálica en Australia y Sudáfrica, considera la gestión internalizada de la fabricación y carguío in situ del explosivo con sus propios equipos de carguío, ingeniería de tronadura, administración de polvorines, lo que les permite generar las optimizaciones directamente en el proceso minero, con el soporte técnico de los fabricantes de explosivos.

Figura 37: Resultados del análisis de la Competencia

Fueron seleccionados 4 mineras y 8 proveedores potenciales para futuras visitas con el objetivo de conocer los diferentes escenarios definidos



Etapa 2.4 – Competencias

 <p>Minera Escondida - Antofagasta, Chile</p> <p>» Características generales</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Maxam con planta de emulsión en la Minera <p>» Fecha propuesta visita</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Agosto 2017 	 <p>Los Pelambres - Salamanca, Chile</p> <p>» Características generales</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Contrato con KPIs de optimización de costos <p>» Fecha propuesta visita</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Agosto 2017
 <p>Southern Copper - Toquepala, Perú</p> <p>» Características generales</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Opera con explosivo a base de NA de alta densidad <p>» Fecha propuesta visita</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Agosto 2017 	 <p>Vale - Minas Gerais, Brasil</p> <p>» Características generales</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Modelo de Negocio con aporte de Materias Primas <p>» Fecha propuesta visita</p>
 <p>Angloamerican - Unki, Zimbabwe</p> <p>» Características generales</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tecnología de suministro de Materias Primas para minería subterránea y rajo. ▪ Planta modular de matriz. <p>» Fecha propuesta visita</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Septiembre 2017 	 <p>Dyno Nobel – EUU y Canadá</p> <p>» Características generales</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Emulsión autosustentable subterránea. ▪ Densidad variable en carguío de pozo. <p>» Fecha propuesta visita</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Septiembre 2017

Fuente: Equipo de workshop de gestión de categorías explosivos

4.2.5. Etapa 2.5.- Análisis de Sinergias Entre Categorías

En esta etapa es necesario informarse de los procesos que llevan otras categorías de abastecimiento que pudieran generar sinergias o pudiesen complementar alguna de las actividades del alcance de la categoría gestionada, consolidando y priorizando las potenciales palancas.

En el caso de la categoría de explosivos, dado los volúmenes de consumo de explosivos a granel, correspondiente a más de 155 [kton/año] que considera el nitrato de amonio y la matriz principalmente, se evalúa la potencial sinergia con la categoría transporte de entrada y transporte de salida.

El Nitrato de Amonio corresponde a un producto químico sujeto a control de la ley 17.798, que puede ser comercializado en sus diferentes tipos

- a) Nitrato de Amonio grado Industrial.
- b) Nitrato de Amonio grado Fertilizante
- c) Solución de Nitrato de Amonio

La ley 17.798 establece que estos productos requerirán Autorización de Orden de Compra, la comercialización del Nitrato de Amonio grado industrial y Solución de Nitrato de Amonio, sea cualquiera la cantidad y destino de la cadena de comercialización.

No necesitarán de Guía de Libre Tránsito ni Vigilancia o Protección en la comercialización del Nitrato de Amonio grado Industrial, Grado Fertilizante, y Solución de Nitrato de Amonio, sea cualquiera la cantidad y destino de la cadena de comercialización.

Respecto de la Emulsión Matriz para la fabricación de explosivos, éstos son productos químicos en fase emulsión de Nitrato de Amonio, no explosiva. Es un componente para ser mezclado con ANFO u otro sensibilizante para producir un producto explosivo, por lo que también es factible ser transportado sujeto a control.

Los volúmenes de consumo de explosivos anual corporativos estimados, son los que se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 5: Consumo anual estimado de explosivos por División

DIVISIONES	DRT	DCH	DMH	DGM	DSA	DET	DAN	DCH Subte	DTE Subte	TOTAL
TON EXPLOSIVO (AÑO)	59.010	27.506	25.000	13.765	5.143	1.595	18.600	3.000	1.440	155.059

La categoría transporte de entrada corresponde a todos los insumos requeridos por cada División para la producción de los distintos productos comercializados por Codelco, sin considerar los repuestos y materiales, los que se transportan con un Operador Logístico

Nacional (OLN) que consolida todos los materiales en un centro logístico y los distribuye hacia y entre las distintas Divisiones.

La categoría transporte de salida corresponde principalmente al transporte de los productos comercializados por Codelco desde cada División al puerto de embarque respectivo y en algunos casos los productos no terminados a una siguiente etapa de proceso como es el caso de los concentrados de División Andina que se transportan a División Ventanas para continuar el proceso de fundición.

Los volúmenes de transporte de salida son significativamente superiores al volumen de transporte de entrada, lo que significa que existe capacidad ociosa entrando a las Divisiones, la que podría ocuparse con las toneladas de explosivo a granel a ser consumido por las Divisiones, por lo que existe un potencial de optimización de los recursos disponibles.

4.2.6. Etapa 2.6.- Análisis de Proveedores Potenciales

En esta etapa se deben identificar la mayor cantidad posible de proveedores potenciales, se les aplica el análisis de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas (SWOT), se construye un perfil detallado, se evalúan los potenciales para avanzar en el proceso para luego consolidar y priorizar las palancas de negociación.

Del total de 44 potenciales proveedores identificados en el mercado local e internacional, solo el 15,9% (7) presentaron propuestas en la última licitación y 9,1% (4) representan los proveedores vigentes.

Tal como se vio en la Etapa 1.5, en la actualidad se han identificado 10 empresas establecidas localmente, las que comercializan materias primas para la fabricación de explosivos, como son el nitrato de amonio y la emulsión matriz, así como también altos explosivos y accesorios, las cuales también ofrecen servicios de tronadura en mayor y menor medida. Estas empresas son: AEL, Austin, Dyno Nobel, Enaex, Explonun, Exsa, Famesa, Hanwha, Maxam y Orica.

A continuación se muestra el análisis SWOT de cada uno de los proveedores mencionados:

Tabla 6: Análisis FODA empresas Dyno Nobel, AEL, Enaex y Explanum

Explosivos				
	Dyno Nobel	AEL	ENAEX	Explanum
S Fortalezas	<ul style="list-style-type: none"> Conocimiento técnico - gran experiencia internacional Servicios y suministros - Cuentan con gran cantidad de servicios y suministro mundial 	<ul style="list-style-type: none"> Experiencia en la minas más profundas del mundo (Centrales de Tronaduras) Sistema Vertical Drop Reducir la complejidad de polvorón Comercializador de nitrato de amonio más grande del mundo 	<ul style="list-style-type: none"> Excelente suministro de servicios, fabricantes de ILA, y emulsión, detonador pirotécnicos en CHILE Buen Conocimiento Técnico 	<ul style="list-style-type: none"> Conocimiento y asistencia técnica es bueno PLASMA
W Debilidades	<ul style="list-style-type: none"> Sin campo de aplicación para CHILE Camiones/Fábrica son de tecnología antigua MMPP no tienen capacidad para almacenar aún Sin ninguna planta de N.A. o Emulsión en Chile 	<ul style="list-style-type: none"> Para algunas regiones no hay asistencia técnica Aún no tienen logística en Chile Capacidad productiva - sin historia en Chile 	<ul style="list-style-type: none"> Asistencia Técnica - Adecuada para la compañía. No es su principal foco No se si pueden lograr una trazabilidad de accesorios y altos explosivos 	<ul style="list-style-type: none"> Suministros de productos - Solo 1 foco de productos
O Oportunidades	<ul style="list-style-type: none"> Existe emulsión adecuada pero no en CHILE No presentan inconvenientes para utilizar matriz de otro proveedor Capacidad de QA/QC - Realizan 	<ul style="list-style-type: none"> Detonador electrónico Fábricas portátiles de emulsión Utilizan aceite reciclado y ubican camión granelero en polvorazo 	<ul style="list-style-type: none"> Capacidad productiva y logística - Tienen capacidades para realizarlo 	<ul style="list-style-type: none"> Capacidad logística - Espalda de empresa Enaex Flexibilidad e innovación - Dispuesto a realizar pruebas en diferentes sectores de aplicación
T Amenazas	<ul style="list-style-type: none"> Capacidad Productiva y logística limitada en el corto plazo Asistencia Técnica - No disponen de un equipo robusto para CHILE 	<ul style="list-style-type: none"> No hay amenazas evidentes 	<ul style="list-style-type: none"> Demasiado cerrados en solamente su negocio sin considerar al cliente Muy poca capacidad de innovación Baja Confiabilidad - fábrica son antiguas 	<ul style="list-style-type: none"> Tuvieron inconveniente con 1 tronadura en pinta y radio de evacuación

Fuente: Abastecimiento Codelco, entrevistas con proveedores realizada entre los días 22/05 y 25/05/17

Tabla 7: Análisis FODA empresas Exsa, Famesa, Hanwha y Maxam

Explosivos				
	EXSA	Famesa	Hanwha	Maxam
S Fortalezas	<ul style="list-style-type: none"> Más de 60 de años de experiencia en fragmentación de roca Amplia gama de productos 	<ul style="list-style-type: none"> Productos de minería subterránea de alta performance 	<ul style="list-style-type: none"> Capacidad de QA/QC - Buena realización de pruebas en Caserones Buen Conocimiento Técnico 	<ul style="list-style-type: none"> Amplia gama de servicios y suministros - amplia gama, producto validado en Aridina
W Debilidades	<ul style="list-style-type: none"> Capacidad de QA/QC Baja No cuenta con equipo técnico sólido y validado 	<ul style="list-style-type: none"> Aun no tiene logística bien desarrollada en Chile 	<ul style="list-style-type: none"> Sin ninguna planta de N.A. o Emulsión, se abastecen desde el extranjero En Chile tiene poca capacidad de servicios y suministros Baja asistencia técnica en Chile 	<ul style="list-style-type: none"> Baja Capacidad de QA/QC Posee alternativas que hoy no existe en Chile
O Oportunidades	<ul style="list-style-type: none"> Experiencia en gran minería del Perú Producto Quatex(más demo) Trazabilidad de producto 	<ul style="list-style-type: none"> Planta de Serena: Materias Primas y detonadores electrónicos 	<ul style="list-style-type: none"> Flexibilidad e innovación - Dispuesto a realizar en sectores con dificultades En proceso para instalación de Planta de Emulsión 	<ul style="list-style-type: none"> Capacidad productiva y logística - ya instalados en Chile, se debe ver como alternativa Producto para tronaduras masivas.
T Amenazas	<ul style="list-style-type: none"> No cuenta con equipo técnico sólido en Chile de Asistencia Técnica Aun no tiene logística desarrollada en Chile, pero instalándose en Chile no se ve como amenaza 	<ul style="list-style-type: none"> Asistencia técnica y Conocimiento técnico: No cuenta con equipo técnico sólido en Chile Capacidad productiva y logística: No se ve como amenaza, instalándose en Chile 	<ul style="list-style-type: none"> Capacidad productiva y logística - Poca en Chile 	<ul style="list-style-type: none"> No cuenta con equipo técnico sólido en Chile, lograron ingresar a Escordida

Fuente: Abastecimiento Codelco, entrevistas con proveedores realizada entre los días 22/05 y 25/05/17

Tabla 8: Análisis FODA empresa Orica

Explosivos	
Orica	
S Fortalezas	<ul style="list-style-type: none"> Gran cantidad de servicios y suministros, abiertos a la generación de una nueva estrategia de negocio Asistencia Técnica - Excelente calidad Disponen de innovación, booster inalámbricos revolucionaran la industria
W Debilidades	<ul style="list-style-type: none"> No se si pueden lograr una trazabilidad de accesorios y altos explosivos (excepto detonación electrónica)
O Oportunidades	<ul style="list-style-type: none"> Capacidad de QA/QC - Disponen de un equipo robusto de esta área Capacidad productiva y logística – capacidad para realizarlos No poseen problemas en utilizar MNPP de otros proveedores
T Amenazas	<ul style="list-style-type: none"> No cuenta con equipo técnico solido en Chile de Asistencia Técnica Aun no tiene logística desarrollada en Chile, pero instalándose en Chile no se ve como amenaza

Fuente: Abastecimiento Codelco, entrevistas con proveedores realizada entre los días 22/05 y 25/05/17

De la misma forma, se han identificado más de 40 proveedores internacionales de Nitrato de Amonio, a lo largo del mundo. Considerando que el nitrato de amonio corresponde a la principal materia prima para la fabricación de explosivos utilizados en minería y éste corresponde a un commodity, el factor preponderante a considerar es su precio por lo que se hizo un análisis de los precios comercializados de entrada y salida de Chile:

Figura 38: Proveedores internacionales de Nitrato de Amonio



Fuente: Equipo de workshop de gestión de categorías explosivos

4.3. Etapa 3, Definición de la Estrategia para la Categoría

4.3.1. Etapa 3.1.- Generación de Escenarios

En la presente etapa se definen las variables o factores claves que determinan sus variaciones, para la creación de los escenarios. Luego, se generan los escenarios potenciales posibles que podrían generarse para la estrategia.

En este caso, el equipo de trabajo consideró 6 factores definidos en base a las etapas críticas del proceso productivo como se vio en el punto 8.1.1 “Etapa 1.1. Estrategia Actual” y las palancas de negociación que se determinaron en base al análisis de las etapas 1 y 2.

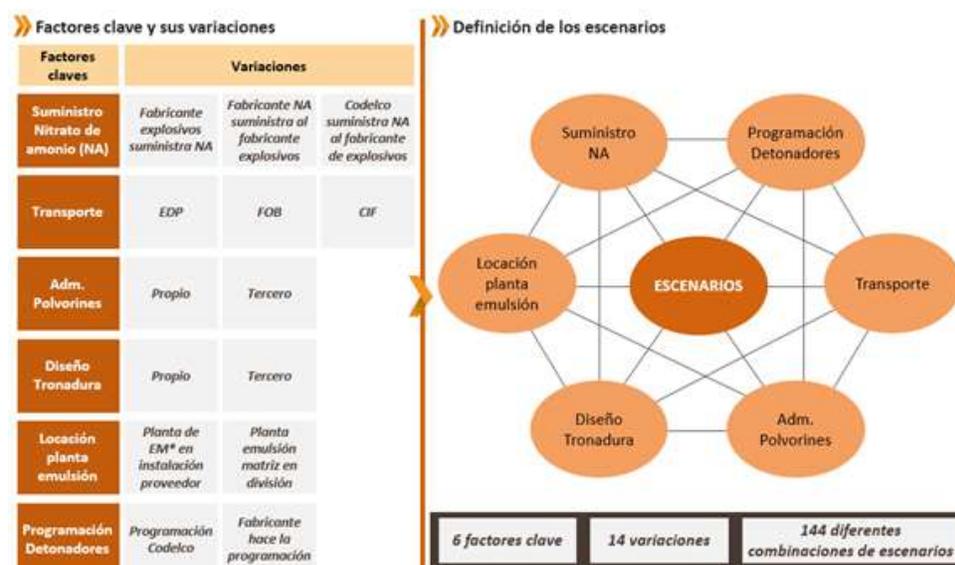
Los factores definidos, son:

1. Suministro de Nitrato de Amonio (NA): El NA representa entre el 60% - 70% del valor del explosivo, dependiendo del tipo de explosivo utilizado, por lo que es crítico en el análisis y la gestión sobre esta materia prima.
2. Transporte: Codelco consume más de 155 mil toneladas de explosivo a granel al año, lo que determina un volumen interesante a ser transportado, como se vio en el punto 8.2.5 “Etapa Análisis de Sinergias Entre Categoría”,
3. Administración de Polvorines: La definición de quién será el responsable ante la DGMN por la Administración de Polvorines, determina necesariamente la instancia en que se debe producir la transferencia de la propiedad de los explosivos, que en caso de pasar a nombre de Codelco, determina que pasa a ser una bodega más de Codelco y por lo tanto permite disponer de distintas marcas de productos. En caso de ser responsable una empresa vendedora de explosivos, ésta es propietaria de los explosivos comercializados, por lo que pasa a ser una venta en consignación.
4. Diseño de Tronadura: Corresponde a la ingeniería de tronadura, que define el tipo de malla y cantidad de explosivo a cargar, entre otras actividades, lo que es un factor clave de la operación y la optimización del negocio minero.
5. Locación de Planta de fabricación de Emulsión Matriz: Dado que existen múltiples empresas que pueden prestar el servicio, pero que no disponen de planta de fabricación de emulsión matriz en Chile y considerando que existen en el mercado plantas modulares que pueden ser instaladas en corto plazo en una operación minera y con una inversión razonable, se considera como una alternativa a evaluar.

6. Programación de Detonadores: Corresponde a la ejecución de la programación de la secuencia de detonación en la operación.

Estos 6 factores y sus potenciales escenarios determinaron 14 variaciones potenciales y 144 combinatorias de escenarios posibles, de la siguiente forma:

Tabla 9: Factores que inciden en los escenarios y sus variaciones



* EM: Emulsión
Fuente: Equipo de WS de gestión de categorías explosivo

De las 144 combinatorias, se consideraron 5, incluyendo el escenario actual más los top 4 escenarios probables, siendo los siguientes:

Tabla 10: Escenarios probables

	Suministro MP	Transporte	Adm. Polvorines	Diseño Tronadura	Locación planta emulsión	Programación Detonadores
Escenario 1 (actual)	Fabricante explosivos suministra NA	EDP - Transporte contratado por fabricante	Adm. de Polvorín por fabricante	Diseño Tronadura por fabricante	Planta de emulsión matriz en inst. proveedor	Fabricante de detonadores hace la programación
Escenario 2	Fabricante NA suministra al fabricante explosivos	FOB - Transporte contratado por Codelco	Adm. de Polvorín propio	Internalizar Diseño Tronadura	Planta emulsión matriz en división	Codelco hace la programación
Escenario 3	Codelco suministra NA al fabricante de explosivos	FOB - transporte contratado por Codelco	Adm. de Polvorín propio	Internalizar Diseño Tronadura	Planta emulsión matriz en división	Codelco hace la programación
Escenario 4	Fabricante NA suministra al fabricante explosivos	CIF - fabricante retira en el puerto	Adm. de Polvorín propio	Internalizar Diseño Tronadura	Planta emulsión matriz en división	Codelco hace la programación
Escenario 5	Fabricante NA suministra al fabricante explosivos	CIF - fabricante retira en el puerto	Adm. de Polvorín propio	Internalizar Diseño Tronadura	Planta de emulsión matriz en inst. proveedor	Codelco hace la programación

La internalización del Diseño de la Tronadura podría determinar el aumento de dotación

Fuente: Equipo de WS de gestión de categorías explosivo

4.3.2. Etapa 3.2.- Evaluación de los Escenarios

En la etapa de evaluación de escenarios, se califican los principales 5 escenarios basados en la definición de criterios de evaluación los que son cuantificados en una matriz de impacto. La evaluación se realiza a cada escenario por separado para luego ser priorizados de acuerdo a resultado.

El equipo de trabajo definió los criterios de evaluación que corresponden principalmente a los aspectos económicos, de seguridad y operacionales que están alineados con los objetivos del proyecto, los que en ocasiones están contenidos unos en otros y que en esos casos se consideran los de mayor amplitud de criterio. Los 7 criterios considerados, son:

1. Gasto General de Suministro: Se considera como base el gasto actual en suministro de explosivos 70-75 millones de US\$ anuales.
2. Inversión: Se considera una inversión estimada de 2,5 millones de US\$ en infraestructura.
3. Tiempo de Implementación: Se considera una media de 7 meses de implementación del servicio con su infraestructura respectiva.
4. Administración de Riesgo y Seguridad: corresponde a un criterio cualitativo.
5. Flexibilidad en Costo y Rendimiento: corresponde a un criterio cualitativo.
6. Gestión del Conocimiento: corresponde a un criterio cualitativo.
7. Productividad en cantidad de personas: corresponde a un criterio cualitativo.

Tabla 11: Criterios de evaluación y ponderación de escenarios

Etapa 3.2 – Evaluación de escenarios

» Definición de los criterios para evaluación de los escenarios

Criterio/Grado	1	2	3	4	5
1. Gasto general de suministro (base: producción actual)	$x > 80$	$80 \geq x > 75$	$75 \geq x > 70$	$70 \geq x > 60$	$x \leq 60$
2. Inversión	> 4000 KUSD	< 4000 KUSD	< 2500 KUSD	< 1000 KUSD	< 100 KUSD
3. Tiempo de Implementación	> 9 meses	< 9 meses	< 7 meses	< 5 meses	< 3 meses
4. Adm. de Riesgos y Seguridad	--	-	0	+	++
5. Flexibilidad en costo y rendimiento	--	-	0	+	++
6. Gestión del conocimiento	--	-	0	+	++
7. Productividad (FTE)	--	-	0	+	++

» Importancia de los criterios

	1	2	3	4	5	6	7	Total/ Peso. %
1		4	2	4	2	4	4	Tot: 20 19,1%
2	1		1	1	1	1	1	Tot: 6 5,7%
3	4	4		4	4	4	4	Tot: 24 22,8%
4	1	4	1		1	1	1	Tot: 9 8,6%
5	1	4	2	4		1	1	Tot: 15 14,2%
6	1	4	4	4	4		4	Tot: 18 17,1%
7	1	4	4	4	4	4		Tot: 13 12,4%
T	11	24	8	21	12	13	16	Tot: 105 100%

Legenda:
1 = menos relevante
2 = igual peso
4 = más relevante

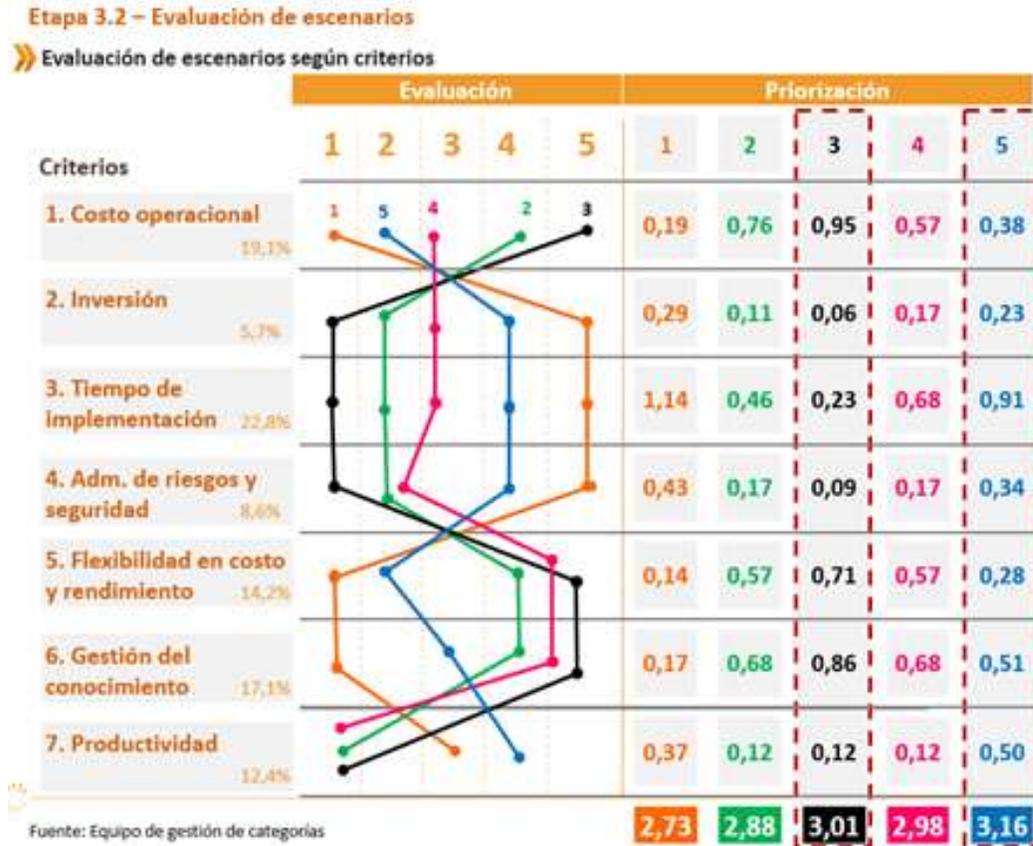
Fuente: Equipo de gestión de categorías explosivo

La matriz de impacto define el efecto que cada una de los escenarios para cada criterio evaluado asignándole una nota de calificación de 1 a 5, siendo 1 el de menor beneficio y 5 el de mayor beneficio para los objetivos del proyecto.

Cada uno de estos criterios debe ser dimensionados también respecto de la importancia que tiene uno por sobre el otro, para lo cual se aplica una metodología de análisis de peso porcentual, el que define el % de importancia de cada criterio, los que para este caso se consideraron el “Tiempo de Implementación” con 22,8% y “Gasto General de Suministro” con el 19,1% como los criterios más importantes.

Una vez definidos los criterios, su calificación y su peso específico; se evaluó cada escenario desde el punto de vista de cada criterio, obteniendo una calificación la que se ponderó con su peso específico.

Tabla 12: Evaluación y priorización de escenarios



De esta evaluación, los escenarios mejor evaluados son el escenario 5 y 3.

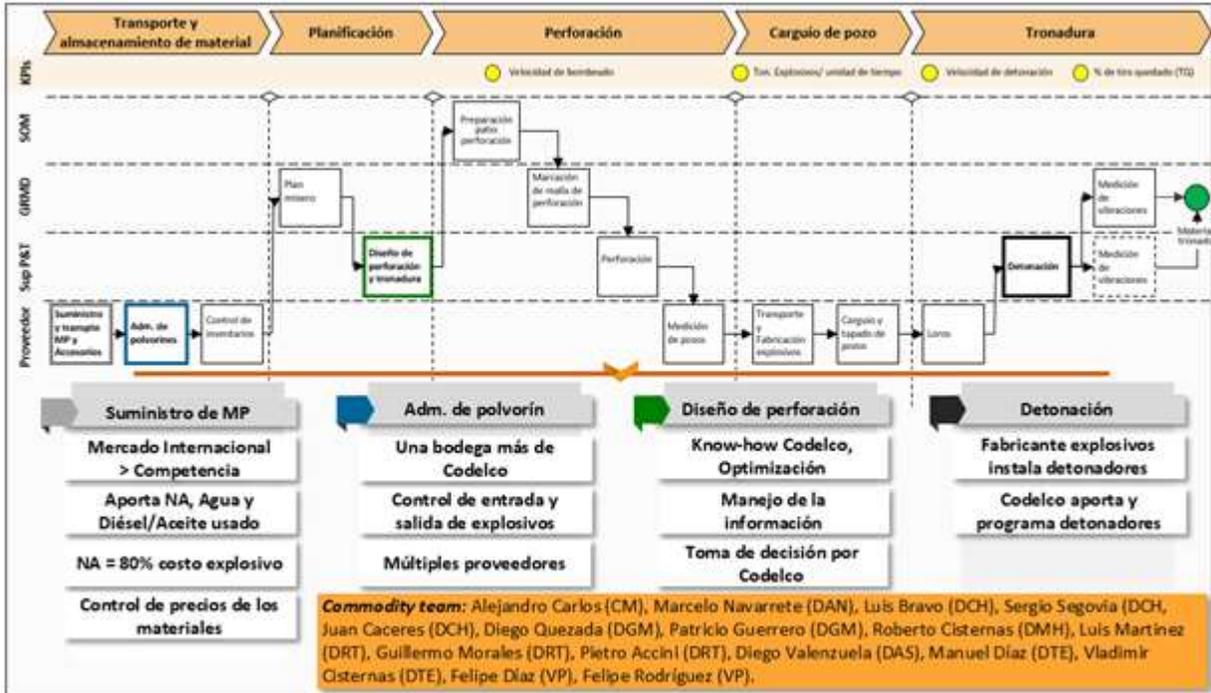
4.3.3. Etapa 3.3.- Validación de la Estrategia

En la etapa de validación de la estrategia se definen los factores claves y las variaciones para así generar los distintos escenarios para la estrategia.

Por lo tanto, se hace necesario la definición de un nuevo modelo de negocios corporativo de perforación y tronadura que se sustente en un proceso productivo estandarizado, que identifica las funciones y responsabilidades de cada área el proceso productivo identificando las etapas críticas del proceso con sus palancas de negociación y que resguarde las funciones críticas para la optimización del negocio minero.

Este modelo de negocios se sintetiza en el diagrama de procesos el que resumen la estrategia de la categoría con las etapas críticas y sus palancas del negocio.

Figura 39: Modelo de negocio de P&T para minería rajo estandarizado



Dadas las palancas del negocio, se define como estrategia de licitación, dividir el negocio y por consiguiente el requerimiento al mercado, en 5 líneas de negocios independientes, con sus respectivos alcances y objetivos:

1. Suministro de Nitrato de Amonio.
2. Suministro de altos explosivos y accesorios.
3. Servicio de fabricación de explosivos a granel in situ, carguío de pozo/tiro, primado y programación de detonadores y reducción secundaria.
4. Servicio de administración de polvorines.
5. Servicio de asistencia técnica.

Las líneas 1, 2 y 3 líneas concentran el 90% del negocio y determinan el cambio del modelo del negocio, por otra parte, las líneas 4 y 5 se consideran servicios que deben ser analizados por separado desde el punto de vista logístico y estratégico, respectivamente. De esta forma, se definieron las siguientes estrategias de licitación:

1.- Suministro de Nitrato de Amonio: Se busca desafiar al proveedor dominante para hacerlo competir conforme al mercado internacional pero asegurando el suministro local de Nitrato de Amonio, adjudicando la mayor cantidad de éste (al menos el 50% del consumo anual corporativo).

El suministro de Nitrato de Amonio por proveedores internacionales permite controlar anualmente la posición dominante de proveedor local a través de asignaciones menores de este producto (price-check).

Se consideran embarques de 3.000 a 6.000 toneladas de NA comprometiendo los suministros anuales con revisión durante el 2° semestre de cada año.

2.- Suministro de altos explosivos y accesorios: Se busca disponer de hasta 6 proveedores del mercado nacional el cual es bastante competitivo, considerando los polvorines a nombre de Codelco, con los cuales se establecen acuerdos comerciales de listas de precios para suministrar a todas las Divisiones por 3 años con posibilidad de extensión a 5 años, conforme a resultados técnicos y precio. Con esto se mantiene la competencia por rendimiento y precio dado que existe flexibilidad de comprar a cualquiera de los oferentes en convenio sin comprometer cantidades.

3.- Servicio de fabricación de explosivos a granel in situ, carguío de pozo/tiro, primado y programación de detonadores y reducción secundaria: Se adjudica a los proveedores de servicio con el aporte de Codelco de las materias primas (Nitrato de Amonio, Combustible y Agua) para la fabricación de los explosivos suministrados. Con esto los proveedores deben revelar la composición de las emulsiones matrices ofertadas con un precio unitario conocido y por lo tanto es conocido el valor unitario de la composición de cada una de sus formulaciones, así como los costos de transporte y manejo de los suministros.

Se adjudica a los proveedores al menor costo operacional con análisis del riesgo, con el objetivo de incorporar un nuevo proveedor del servicio.

4.- Servicio de administración de polvorines: Se adjudica a proveedores la gestión de administración por posición estratégica para Codelco y precio, semejante a una bodega más de Codelco, pasando a tener el control del inventario en línea en ERP Codelco y permitiendo el suministro de múltiples proveedores.

5.- Servicio de asistencia técnica: Se define para cada División las necesidades de apoyo técnico en herramientas, análisis y metodología para la ingeniería de tronadura, con lo cual se cautela desarrollar y mantener el conocimiento en la organización independiente del servicio de fabricación y carguío de explosivo.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación, se presentan las conclusiones de la tesis llevada a cabo.

4.1. Conclusiones

La aplicación de la metodología de Gestión por Categoría permitió desarrollar un conocimiento profundo del negocio de explosivos desde distintas dimensiones, analizar y determinar la estrategia actual del negocio y su evolución en el tiempo, considerando los aspectos del mercado, la industria y el contexto macroeconómico, así como también permitió profundizar en los aspectos técnicos de los productos y servicios, identificar los potenciales de los desarrollos tecnológicos y de innovación en procesos, las tecnologías aplicadas y procedimientos complementarios, con una visión sistémica del proceso productivo en interacción con las etapas de producción previa y posteriores para así compararlo con el medio interno y externo de la industria. Todo esto con el nivel de profundidad que el tiempo y la información disponible así lo permitió, identificando las palancas y ventajas competitivas que sustentan la estrategia definida y el modelo de negocio de explosivos para así contratar los servicios y suministros que maximicen la contribución de valor al negocio con una visión corporativa, sustentable y de largo plazo.

Como resultado del análisis de la categoría, se identificaron cuatro (4) actividades claves del proceso productivo que determinan las palancas del negocio, que son: el Suministro de Materias Primas en donde la principal corresponde al nitrato de amonio, que llega a representar el 80% del costo del explosivo a granel, en su composición, y que existe un amplio mercado global de este commodity con diferentes fuentes de suministro que permite administrar los riesgos externos. De la misma forma, el agua, el diésel y el transporte, son suministros altamente demandados por la industria minera y por los cuales existen acuerdos comerciales por grandes volúmenes, por lo que existe un potencial de aportar estos suministros al fabricante de explosivos, o bien, transferirle los precios para así optimizar la estructura de costos de fabricación del explosivo.

La segunda actividad clave del proceso de PyT corresponde a la Administración de Polvorines, que al tener Codelco la resolución de éstos polvorines ante la DGMN, permite manejarlo como una bodega más para así tener acceso a diversos fabricantes de los altos explosivos y accesorios, en forma independiente y ágil, con una constante competencia del mercado en rendimiento y costos.

La tercera actividad clave del proceso de PyT corresponde a la Ingeniería de Tronadura, en la cual se desarrolla el conocimiento aplicado al negocio minero y que permite optimizar el proceso productivo en forma sistémica y en sintonía con las necesidades del negocio.

La cuarta actividad clave del proceso de PyT corresponde a la detonación dónde Codelco definirá la tecnología de detonación óptima para el proceso, diseñará la secuencia de detonación y el fabricante de explosivos ejecutará el primado y programación de los detonadores que Codelco le aporte, permitirá flexibilidad y confiabilidad de la tecnología aplicada.

Las palancas identificadas en el análisis sustentan la estrategia definida que desagrega el negocio en 5 líneas de negocios, cada uno con sus mercados respectivos, locales e internacionales, permitiendo así ampliar la oferta, incorporando nuevos oferentes y maximizando la competencia en la cadena de valor, dando cuenta de la problemática del mercado oligopólico e integrado verticalmente y con altas barreras de entrada para otros oferentes.

Esta estrategia determinó una estandarización del modelo de negocios de PyT en todas las operaciones de Codelco con lineamientos y objetivos en común, flexible a las necesidades del negocio y con amplia capacidad de optimización y gestión del conocimiento al interior de la organización.

Finalmente, para complementar el presente trabajo, los resultados de la aplicación de la estrategia definida y de las 5 licitaciones propuestas, determinaron una positiva respuesta del mercado, con una alta participación de oferentes y que permitió la incorporación de 5 nuevos proveedores internacionales, diversificación de las fuentes de suministros y una reducción del gasto corporativo de la categoría del 12% y con potencial de optimización a mediano plazo.

4.2. Recomendaciones

El motivo principal de la aplicación de la metodología de gestión por categorías, es definir una estrategia de negocio que necesariamente determina generar los cambios apropiados que permitan entregar mayor competitividad al negocio, lo que convierte al líder del proyecto en un agente de cambio tendiente a innovar, convencer y a derribar los paradigmas establecidos.

Es fundamental conformar y liderar un equipo de trabajo, que tenga la experiencia de operacional de la categoría analizada. El líder debe conseguir el respaldo del proyecto con la alta dirección y stakeholders, establecer los principios y objetivos del proyecto para mantenerlos como bandera de lucha a lo largo de proceso, para así alinear los criterios de análisis y la toma de decisiones durante el proceso, corrigiendo potenciales desorientaciones. Es necesario tener herramientas de manejo de conflicto, así como tener capacidad de dirigir y moderar los talleres de trabajo. Debe hacer que los integrantes sientan pertenencia del proyecto y que puedan trabajar en colaboración para alcanzar el objetivo mayor.

Es necesario dedicar los recursos a la investigación profunda del negocio, entender los factores que determinan el valor agregado al negocio, tener una visión crítica de la forma en que se hacen las cosas manteniendo siempre el objetivo final que motiva gestionar la categoría, con un espíritu emprendedor e innovador.

Estar consiente que las competencias del mercado y la industria son globalizadas, por lo que hay que tener las herramientas necesarias para el análisis internacional de los negocios. Es necesario entender los factores que determinan la oferta y demanda en los distintos mercados para así determinar el poder de negociación de las partes.

CAPITULO VI. BIBLIOGRAFÍA

- Pauta para la normalización de Tesis de Grado o Titulación FCFM (enero 2012).
- Johnson, G., Scholes, K. y Whittington, R., Dirección Estratégica (2006).
- Adler, L., Thompson S.D. Chapter 6.2.: Mining Methods Classification System.
- Bullock, Richard L., Hustrulid, W. A. 2001. Underground mining methods: engineering fundamentals and international case studies. Capítulo 6.5: Comparison of Underground Mining Methods.
- Nelson, Michael G. Chapter 6.1.: Evaluation of Mining Methods and Systems.
- Ortiz, Julián O. Apuntes de curso de Explotación de minas.
- Chacón, 1995. Apuntes de Perforación MI47A. Departamento Ingeniería de Minas.
- Holmberg, Hustrulid, Cunningham. Blast design for underground mining applications, underground mining methods, 2001. Cap. 72.
- Hood, Roxborough, F.F. 1992. Rock breakage: Mechanical. SME Cap. 9.1.
- Hustrulid, W. 1999. Blasting principles for open pit mining: General design concepts. Capítulo 4: Basic Design practices.
- Persson, Holmberg, Lee. Rock blasting and explosives engineering, 1994. CRC Press, Capítulo 2, Capítulo 7.
- Tamrock, 1983. Handbook of underground drilling.
- Chacón, J. 2000. Tecnología de los explosivos, Universidad de Chile.
- Dowding, C; Aimone, C.T. Rock breakage: explosives. SME Cap 9.2
- Hustrulid, 1999. Blast principles for open pit mining, Capítulo 7. Bulk blasting agents
- Lust, Branden & Worsey, Paul. Cap. 7.3: Explosives & Blasting.
- National Park Service, 1999. Handbook for the Transportation and Use Of Explosives, Cap. 2.
- ORICA. 02 Conceptos de Detonación y Explosivos, material de capacitación.
- ORICA. 03 Explosivos y Accesorios, material de capacitación.

- ORICA. 3 What is an Explosive, material de capacitación.