



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

**ANÁLISIS DE MODELO DE GESTIÓN DE PROYECTO ÓXIDOS ENCUENTRO  
ANTOFAGASTA MINERALS S.A.**

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

**GUSTAVO ADOLFO GÓMEZ KORN**

**PROFESOR GUÍA:  
IVÁN BRAGA CALDERÓN**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
GERARDO DÍAZ RODENAS  
JULIO CORTÉS DONOSO**

**SANTIAGO DE CHILE  
2018**

RESUMEN DE TESIS PARA OPTAR AL  
GRADO DE: Magister en Gestión y Dirección  
de Empresas  
POR: Gustavo Gómez Korn  
FECHA: 20/07/2018  
PROFESOR GUÍA: Iván Braga Calderón

## **ANÁLISIS DE MODELO DE GESTIÓN DE PROYECTO ÓXIDOS ENCUESTRO – ANTOFAGASTA MINERALS S.A.**

El presente trabajo, analiza la metodología de Gestión de Proyectos utilizada en el Proyecto Óxidos Encuentro de Antofagasta Minerals S.A., y se compara descriptivamente con los estándares utilizados por la industria minera chilena, y mundialmente utilizados en el área de Gestión de Proyectos, como lo son PMBOK del Project Management Institute (PMI), y la metodología FEL de Independent Project Analysis (IPA). También, se analiza el tipo de contratación utilizada, comparándola con la de un contrato tipo EPCM para la etapa de ejecución, de forma de identificar diferencias, ventajas y desventajas.

La metodología utilizada por el Proyecto OXE, consistió en que el Mandante asumió el gerenciamiento del proyecto, contrató por separado la ingeniería, realizó por su cuenta las compras y contratos, licitó y contrató la construcción, y por consiguiente, asumió la mayor parte de los riesgos de la ejecución.

De acuerdo al análisis comparativo realizado respecto a PMBOK para la “Ejecución de Procesos” y para las “Áreas de Conocimiento”, se puede indicar que el Proyecto OXE cumple todas las recomendaciones y lineamientos definidos y compiladas por PMI para el desarrollo de proyectos de inversión de capital. Sin embargo, se recomienda realizar mejoras en las áreas de conocimiento de Gestión de Calidad y Adquisiciones, de manera de robustecer el Modelo de Gestión propuesto. Se destaca que las áreas de Gestión de Interesados, de Riesgos, de Recursos Humanos, Tiempo y Costos, fueron abordadas en forma adecuada y sobresaliente, permitiendo capitalizar las oportunidades que se dieron en el transcurso del proyecto.

Según la metodología FEL de IPA, el análisis comparativo indica que los procedimientos ADS de AMSA se encuentran alineados y que fueron correctamente utilizados en el Proyecto OXE. Sin embargo, existen doce recomendaciones VIPs de IPA para el desarrollo de proyectos, las cuales se cumplen parcialmente, generándose oportunidades de mejora respecto a la utilización de software 3D, minimización de residuos, confiabilidad del proceso, mantenimiento preventivo y optimización energética.

Respecto a la contratación tipo EPCM, se señala que el Proyecto OXE, consideró un equipo de profesionales experimentados internamente que administraran a los contratistas de ingeniería, de empresas colaboradoras en diversas áreas, de construcción y algunos EPC. Con ello, el equipo del mandante desarrolló el proyecto y servicios, pero no contaba con todos los sistemas y procedimientos que utilizan y poseen las empresas especialistas en EPCM, y a su vez fue limitado por los lineamientos corporativos de AMSA. Sin embargo, se ejecutaron acciones que permitieron disminuir las brechas existentes con un contratista tipo EPCM y se realizó un adecuado seguimiento de Riesgos, Costos y Plazos, que permitieron alcanzar gran parte de los factores de éxitos definidos, y cumplir con la mayoría de las directrices de PMBOK y FEL.

Con mucho amor y cariño, a Caty,  
por motivarme a emprender este programa,  
sobre todo por su incondicional apoyo, amor,  
compañía y comprensión en todo momento

Gracias Caty

## AGRADECIMIENTOS

Un especial agradecimiento al señor Julio Cortés Donoso, Gerente del Proyecto Óxidos Encuentro de Antofagasta Minerals S.A., por haber aceptado ser mi profesor integrante e invitado a la comisión, además de aportar con su conocimiento, experiencia y antecedentes en el desarrollo de este trabajo.

También, agradezco a mi amigo Carlos Vargas Nicolás, por haber confiado en mí como Ingeniero y Coordinador de Ingeniería Básica y de Detalles del Proyecto Óxidos Encuentro, que en gran medida permitió desarrollar este programa y tesis, como también, por su constante apoyo y consejos.

A todos mis colegas y amigos del MBAMIN 6ta Generación, que hicieron de estos 2 años una experiencia inolvidable, académica y personal, y que contribuyeron a mi crecimiento personal y profesional. En especial, agradezco a mis amigos que conformamos GOSAFE, por habernos dado la oportunidad de conocernos y apoyarnos más allá de lo profesional, con una lealtad, sacrificio y soporte, en todo momento y circunstancia.

A todos a quienes quizás no nombro, pero que de una u otra manera, estuvieron constantemente apoyándome de diversas formas y contribuyeron a alcanzar mis objetivos y éxito.

## Tabla de Contenido

Tabla de Contenido.....	V
Índice de Tablas.....	VII
Índice de Figuras .....	VIII
1 Introducción y Objetivos.....	1
1.1 Introducción .....	1
1.2 Objetivos .....	4
1.2.1 Objetivo General .....	4
1.2.2 Objetivos Específicos.....	4
1.3 Resultados Esperados.....	5
1.4 Motivación .....	5
2 Antecedentes .....	6
2.1 Contexto de Mercado .....	6
2.2 Gestión de Proyectos.....	9
2.3 Metodología tradicional de Gestión de Proyectos mineros en Chile .....	12
2.3.1 PMBOK .....	12
2.3.2 FEL.....	14
2.3.2.1 Procesos del Ciclo FEL.....	16
2.4 Otras Metodologías de Gestión de Proyectos Utilizadas en Proyectos.....	18
2.4.1 Metodología de Gestión de Proyectos Lean (Sistémico) .....	18
2.4.2 Sistema de Inversión de Capital de Codelco: SIC.....	19
2.4.3 Metodología de Gestión de Proyectos PRINCE 2 .....	21
3 Diseño metodológico.....	23
3.1 Tipo de estudio o investigación.....	23
3.2 Diseño de la investigación .....	23
3.3 Método de investigación .....	23
4 Desarrollo Proyecto OXE y su Modelo de Gestión .....	24
4.1 General .....	24
4.2 Sistema de Entrega de Activos o ADS.....	25
4.3 Procedimientos de Proyecto.....	26
4.4 Áreas Físicas del Proyecto OXEC .....	27
4.5 Interacción con Centinela y DMC.....	29
4.6 Fases de Proyecto de Factibilidad y Previas .....	30
4.7 Fase de Ejecución.....	33
4.7.1 Estrategia de Ejecución .....	34
4.7.2 Organización y Organigrama .....	36
4.7.2.1 Subdivisión e Integración de Ingenierías y EPC del Proyecto OXE.....	37
4.7.2.2 Abastecimiento (Procurement).....	37
4.7.2.3 Construcción .....	39
4.7.2.4 Precomisionamiento.....	39
4.7.2.5 Comisionamiento .....	39
4.7.3 Programa y Planificación del Proyecto .....	39
4.7.4 Costos.....	43
4.7.5 Calidad .....	44
4.7.6 Licencia para Operar (Permisos y Comunidades).....	45
4.7.7 Riesgos .....	46
4.7.8 Seguridad y Salud Ocupacional .....	46
4.7.9 Lecciones Aprendidas – Equipo del Dueño de Proyecto OXE.....	51
5 Análisis Descriptivo del Modelo de Gestión de proyecto OXE versus Modelo Tradicional de Gestión de Proyectos .....	53
5.1 Análisis respecto a PMBOK y FEL .....	53

5.1.1	PMBOK .....	53
5.1.1.1	Ejecución de Procesos.....	53
5.1.1.2	Áreas de Conocimiento.....	54
5.1.2	FEL.....	71
5.2	Análisis respecto a la utilización de un EPCM .....	76
5.3	Cumplimiento de Factores de Éxito del Proyecto.....	77
6	Conclusiones y Recomendaciones .....	80
6.1	Conclusiones .....	80
6.2	Recomendaciones.....	83
7	Glosario .....	85
8	Bibliografía.....	88

## Índice de Tablas

Tabla 2-1: Escalamiento de las Inversiones, Greenfield – Brownfield - Promedio .....	8
Tabla 4-1: EIA y DIA de Proyecto OXE presentados a SEA .....	45
Tabla 4-2: Estadísticas de seguridad Proyecto OXE a Febero de 2018 .....	47
Tabla 4-3: Riesgos de Fatalidad Corporativos - AMSA .....	49

## Índice de Figuras

Figura 1: Imagen satelital ubicación Proyecto Óxidos Encuentro .....	2
Figura 2: Sección transversal del rajo Encuentro – Reservas y Recursos minerales .....	2
Figura 3: Interacción de Instalaciones de Óxidos Encuentro y Minera Centinela .....	3
Figura 4: Evolución precio del Cobre 2004-2017 (28 de Marzo) .....	6
Figura 5: Escalamiento de CAPEX de Proyectos de Cobre 1997-2017 .....	7
Figura 6: Escalamiento de las Inversiones .....	7
Figura 7: Proyectos de Cobre y proyección de Oferta y Demanda al 2030 .....	8
Figura 8: Modelo Clásico de Etapas de Proyecto de Inversión de Capital .....	11
Figura 9: Procesos y Límites de Proyecto con enfoque de Gestión de Proyecto PMI – Adaptado de Guía del PMBOOK [20] .....	13
Figura 10: Grupo de Procesos de la Dirección de Proyectos con enfoque de Gestión de Proyecto PMI – Adaptado de Guía del PMBOOK [20] .....	13
Figura 11: Grupo Diagrama del Ciclo FEL, Ejecución y Operación .....	15
Figura 12: Ciclo de procesos de una Fase FEL .....	17
Figura 13: Sistema de Gestión Lean .....	19
Figura 14: Modelo sistema de inversión de capital CODELCO (SIC) .....	20
Figura 15: Procesos con enfoque de Gestión de Proyecto PRINCE 2 .....	22
Figura 16: Organigrama Corporativo de Desarrollo de Proyectos AMSA .....	25
Figura 17: Imagen satelital ubicación Proyecto Óxidos Encuentro y sus áreas físicas .....	27
Figura 18: Detalle de Óxidos Encuentro .....	28
Figura 19: Detalle de Centinela Sulfuros .....	28
Figura 20: Detalle de Centinela Óxidos .....	29
Figura 21: Línea de Tiempo Proyecto OXE.....	30
Figura 22: Fase de Factibilidad – Plan de Ejecución del Proyecto .....	31
Figura 23: Fases ADS Proyecto OXE y CAPEX.....	32
Figura 24: Fase de Factibilidad – Estrategia de Desarrollo de Ingeniería Paquetizada .....	33
Figura 25: WBS Proyecto OXE .....	33
Figura 26: Fase de Ejecución – Estrategia de Ejecución del Proyecto.....	34
Figura 27: Fase de Ejecución – Organigrama inicial - Owner Team .....	36
Figura 28: Fase de Ejecución – Organigrama post Ralentización de Proyecto - Owner Team .....	37
Figura 29: Contratos y Órdenes de Servicio – Proyecto OXE .....	38
Figura 30: Órdenes de Compra – Proyecto OXE.....	38
Figura 31: Fase de Ejecución – Programa Maestro (Febrero 2015).....	40
Figura 32: Fase de Ejecución – Programa Ralentizado (Enero 2016).....	41
Figura 33: Fase de Ejecución – Nueva Línea Base (Abril 2016).....	41
Figura 34: Programa de Comisionamiento Proyecto OXE .....	42
Figura 35: Programa General de Cierre Proyecto OXE.....	43
Figura 36: Fases Proyecto OXE y CAPEX .....	43
Figura 37: Costos Proyectos OXE – Cierre a Febrero 2018 .....	44
Figura 38: Universo de permisos Proyectos OXE al 31/11/2017.....	46
Figura 39: Índice de Frecuencia Global – Comparativo proyectos.....	48
Figura 40: Reconocimientos de Seguridad en Proyecto OXE.....	48
Figura 41: Total de Incidentes en Proyecto OXE.....	49
Figura 42: Incidentes de Alto Potencial por Riesgo de Fatalidad - Proyecto OXE.....	50
Figura 43: Accidentes de Alto Potencial por Riesgo de Fatalidad - Proyecto OXE .....	50
Figura 44: Cuasi accidentes de Alto Potencial por Riesgo de Fatalidad - Proyecto OXE .....	50
Figura 45: Pirámide de Bird - Proyecto OXE .....	51



# 1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

## 1.1 Introducción

Antofagasta Minerals S.A., en adelante AMSA, principal grupo minero privado de Chile, y una de las 10 mayores compañías productoras de cobre a nivel mundial, que actualmente cuenta con cuatro operaciones en funcionamiento en el país, decidió el año 2014 abandonar en la Fase de Ejecución de proyectos el uso de contratos tipo EPCM (cuyas siglas en inglés significan Engineering, Procurement and Construction Management – Ingeniería, Abastecimiento y Gestión de Construcción), para sus futuros proyectos, debido a que esta metodología de contrato y su gestión de proyectos asociada, no alcanzó los resultados esperados en costos y plazos de ejecución para la compañía.

Contextualizando la decisión de AMSA, durante el año 2013 y 2014, varios ejecutivos de empresas mineras en Chile, cuestionaron los resultados alcanzados por la utilización de la modalidad de ejecución de proyectos mineros bajo contratos tipo EPCM (por ejemplo, Proyecto Caserones o Antucoya), durante el periodo denominado súper ciclo del precio del cobre. Por otro lado, las empresas desarrolladoras de EPC/EPCM, ingeniería y construcción, como también los proveedores, se encontraban sobrepasadas con solicitudes y desarrollo de proyectos en sus distintas fases, además de una escasez en el mercado chileno de profesionales y técnicos con experiencia requerida para el desarrollo de este tipo de contratos.

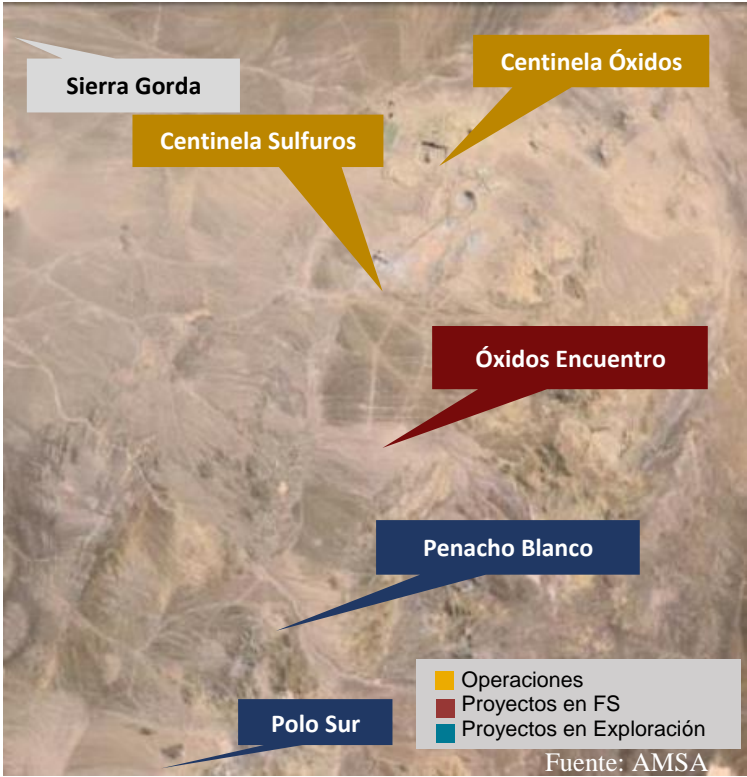
En este contexto, y con el mercado del cobre que empezaba a transitar de un ciclo de precios altos hacia precios bajos, AMSA decidió que el Proyecto Óxidos Encuentro, en adelante OXE, fuese la primera iniciativa del grupo en abandonar en la Fase de Ejecución de proyecto la modalidad de contratos EPC/EPCM, y en su reemplazo direccionó a que estos fuesen desarrollados internamente por un equipo de profesionales AMSA, quienes asumieron el liderazgo del proyecto, con la misión de:

- Gestionar, supervisar y controlar la ingeniería, la cual consideraba que su ejecución fuese desarrollada en forma segmentada por paquetes y asignadas a empresas especializadas (de tamaño mediano o pequeño), o ejecutadas directamente por los proveedores de equipos (reconocidos en desarrollar proyectos de calidad y de bajo CAPEX)
- Realizar directamente la gestión de abastecimiento, las adquisiciones, gestión financiera y rendición de cuentas.
- Desarrollar la administración de la construcción, el precomisionamiento, comisionamiento y puesta en marcha, con el apoyo de empresas subcontratistas.
- Realizar la administración de todos los contratos y el control de proyecto.

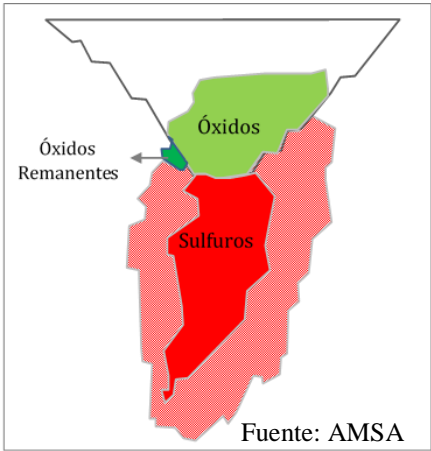
La mayor importancia de esta estrategia, es poder internalizar y capturar el conocimiento de gestión de proyectos de la Fase de Ejecución en el interior de AMSA, de manera de evaluar en forma posterior si este modelo es viable y aplicable a futuro, o definir para qué tipo de proyectos es factible utilizarlo. Además, entregará a la compañía una línea base para realizar ajustes internos, tanto al equipo de proyecto como a los procedimientos requeridos, de manera de hacer viable la ejecución de proyectos administrados y desarrollados por el dueño.

El desarrollo minero del grupo AMSA en el Distrito Minero Centinela (DMC), considera los siguientes activos: dos en operación, Minera Centinela (fusión de Minera El Tesoro (óxidos) y

Minera Esperanza (sulfuros)); el proyecto OXE que se encuentra traspasado a Operaciones; dos proyectos en etapa de factibilidad (Esperanza Sur y Encuentro Sulfuros), además de dos prospectos en estudios preliminares (Penacho Blanco y Polo Sur). En Figura 1 y Figura 2, se ilustra una imagen satelital del proyecto OXE, y una sección transversal del rajo Encuentro con información asociada a las reservas y recursos, respectivamente.



**Figura 1: Imagen satelital ubicación Proyecto Óxidos Encuentro**



Reservas Proyecto Óxidos Encuentro:

133 Mt @ 0.49% CuT - 0.33% CuS

Recursos adicionales depósito Encuentro:

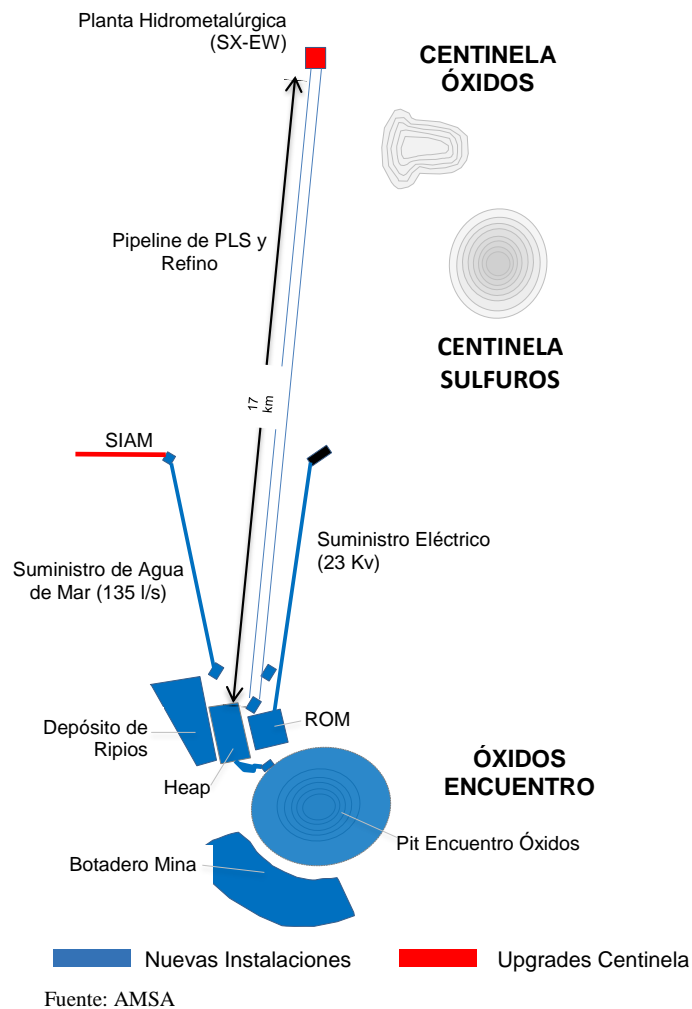
	Recursos	Recursos In-pit
Óxidos	48 Mt @ 0.36% CuT	29 Mt @ 0.31% CuT
Sulfuros	1,194 Mt @ 0.40% CuT	727 Mt @ 0.61% CuT

**Figura 2: Sección transversal del rajo Encuentro – Reservas y Recursos minerales**

El caso de negocio del proyecto OXE, es dar continuidad operacional a Centinela Óxido, utilizando la capacidad disponible de la planta SX-EW, debido a la disminución de la producción en el corto plazo, y facilitar el desarrollo de futuros proyectos en el Distrito Minero Centinela (DMC), por lo cual se transforma en un proyecto de relevancia para ser ejecutado bajo el modelo

de gestión de proyecto interno durante la Fase de Ejecución y probarlo, debido a que es un proyecto Greenfield utilizando infraestructura Brownfield de Minera Centinela, y además será el prestripping del futuro proyecto de Sulfuros Encuentro.

El Proyecto OXE, considera un Prestripping de 34,7 millones de metros cúbicos, con un procesamiento de 10/10 Mt/a de lixiviación en Pila Dinámica y lixiviación en Pila ROM (Inversión Diferida), y tratamiento de solución rica en cobre (PLS), en la planta de Hidrometalurgia (SX-EW), de Minera Centinela. El aporte de cobre fino a Minera Centinela, será en promedio de 49,3 Kt anuales, en un horizonte de operación de 8 años. El proyecto contempla el desarrollo de las siguientes áreas e instalaciones: Mina, Chancado, Aglomeración, Transporte y Apilamiento de Mineral, Lixiviación, Suministro Eléctrico 23Kv, Suministro de Agua de Mar de 135 l/s (aumento de capacidad del Sistema de Impulsión de Agua de Mar (SIAM)), Ácido Sulfúrico y Servicios a la Operación, Infraestructura General, Edificios y Caminos, con un CAPEX estimado de USD 636 millones. En Figura 3, se ilustra la interacción entre las nuevas instalaciones del Proyecto Encuentro y las instalaciones existentes de Minera Centinela (Óxidos y Sulfuros), alguna de las cuales requirieron de ajuste en infraestructura y operación.



**Figura 3: Interacción de Instalaciones de Óxidos Encuentro y Minera Centinela**

De acuerdo a estudios y estadísticas desarrollados a nivel mundial por la organización IPA (Independent Project Analysis), en promedio, solo un 25% de los megaproyectos mineros logra

ser exitoso en términos de costos y plazos, considerando que no excedieron su CAPEX en más de un 25% y que su plazo de ejecución no fue superior al 25% del tiempo planificado, y además que su capacidad de diseño se alcanzó en no más de dos años después de la puesta en marcha. Consciente de ello, AMSA definió para el proyecto OXE los factores de éxito que se listan a continuación, los cuales están en línea con el diagnóstico desarrollado por IPA para megaproyectos mineros, aunque el monto de inversión de capital en este caso no alcanza la categoría de megaproyecto, pero si se enmarca en su desarrollo, dada la interacción con dos operaciones de gran minería.

- Excelencia en resultados de seguridad (cero lesión, cero daño y sin fatales)
- Licencia para operar: gestión de permisos, plazos y relaciones con la comunidad
- Máxima sinergia con el Distrito Minero Centinela (Minera Centinela)
- Aprovechar las condiciones del mercado, enfocándose en calidad, plazo y costo
- CAPEX: identificar oportunidades de ahorro
- Gestión de Riesgos: implementar controles que permitan mitigar los riesgos a niveles aceptables para la aprobación de la fase de construcción
- Proyecto administrado por equipo del dueño
- Control de Proyecto: internalización del proceso de control, resultando en ahorros y know-how dentro de la Compañía

AMSA es una compañía en que su giro principal de negocio es la extracción, producción y venta de cobre, por lo cual conocer las ventajas y limitaciones del modelo de gestión de proyectos utilizado en el proyecto OXE, permitirá realizar ajustes y mejoras en las distintas etapas de desarrollo de futuros proyectos, en la organización del equipo de proyectos, en los sistemas de gestión, en procedimientos y maximización de sinergias internas y corporativas.

El presente estudio, realizará un análisis y comparación del modelo de gestión de proyecto utilizado por OXE, principalmente en la en la Fase de Ejecución, de manera de proporcionar una comparación con la metodología de gestión tradicionalmente utilizada en proyectos de la gran minería del cobre en Chile, con contratos tipo EPCM, lo cual permitirá a AMSA y a cualquier otra empresa minera, considerar las ventajas y desventajas de su utilización.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

La presente tesis, tiene por objetivo realizar un análisis descriptivo del modelo de gestión utilizado por el Proyecto OXE, principalmente en su Fase de Ejecución, y realizar un análisis comparativo respecto a la metodología de gestión tradicionalmente utilizada en proyectos de la gran minería del cobre en Chile, con contratos tipo EPCM, enfocándose principalmente en la gestión de Riesgos, Costos, Planificación y cumplimiento de metas (plazos, calidad, presupuesto y HSEC), tomando como base de los lineamientos de gerenciamiento de proyectos de PMBOK (PMI), y metodología FEL (IPA).

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Identificar ventajas y desventajas del modelo de gestión utilizada en la Fase de Ejecución del proyecto OXE versus gestión tradicional de proyectos con modalidad de contratación tipo EPCM

- Identificar los posibles riesgos de negocio, que la metodología de gestión utilizada puede inducir al proyecto, operación o compañía
- Generar recomendaciones y propuestas de mejoras al modelo de gestión considerado en la Fase de Ejecución del proyecto OXE
- Recomendar un rango de inversión de capital o tipo de proyecto minero, para el cual este modelo de gestión es recomendado para la Fase de Ejecución de proyecto

### **1.3 Resultados Esperados**

Con el presente estudio, se espera poder validar la metodología de gestión de proyectos utilizada por OXE, dentro de los estándares vigentes e internacionalmente aceptados de Gestión de Proyectos (IPA y PMBOK).

### **1.4 Motivación**

La motivación de desarrollar el presente trabajo nace en el deseo de documentar la experiencia de AMSA en el desarrollo de este proyecto, bajo la mirada de un profesional que participó desde una de las empresas contratistas que desarrolló la ingeniería y soporte en las etapas de:

- Ingeniería Básica
- Ingeniería de Enlace
- Ingeniería de Detalles
- Soporte al Comisionamiento del Sistema de Apilamiento.

A continuación, se describirá el entorno de mercado en que se sitúa el caso de análisis y antecedentes teóricos de Gestión de Proyectos.

## 2 ANTECEDENTES

### 2.1 Contexto de Mercado

Con el desarrollo de diversos proyectos mineros en el país, desde inicios de 1990, la gran minería del cobre ha experimentado un crecimiento explosivo, al igual que sus empresas ligadas, tanto de servicios, ingeniería y construcción, porque también se han visto afectadas por los ciclos económicos ligados al precio del mineral. Proyectos como Minera Escondida, Collahuasi, Quebrada Blanca, Radomiro Tomic, entre otros, fueron desarrollados en la Fase de Ejecución del proyecto con contratos tipo EPC/EPCM, con empresas especializadas en dichas modalidades, que basan sus prácticas y estándares en la metodología FEL y en las recomendaciones de gerenciamiento de Proyectos de la Guía del PMBOK de PMI. Estos proyectos, en su gran mayoría, son catalogables como exitosos en términos de costos y plazos, de acuerdo a la definición de IPA (no excedieron su CAPEX en más de un 25% y que su plazo de ejecución no fue superior al 25% del tiempo planificado, y además que su capacidad de diseño se alcanzó en no más de dos años después de la puesta en marcha).

Como se observa en Figura 4, el precio de la libra de cobre paso desde 100 ¢US\$/lb a 400 ¢US\$/lb desde el año 2004 al 2008, y que durante el año 2009 retrocedió considerablemente hasta los 125 ¢US\$/lb, para luego recuperarse rápidamente hasta alcanzar un peak histórico el año 2011 de 460 ¢US\$/lb, desde donde inició un descenso casi constante y estabilizándose alrededor de los 270 ¢US\$/lb hacia inicios del año 2017. Durante la racha de precios altos, marcó a la Industria Minera del Cobre, a nivel nacional e internacional, caracterizándose por un incremento de todo tipo de costos y que la productividad laboral disminuía, pero a su vez, tuvo un fuerte auge en el desarrollo de proyectos para aprovechar el elevado precio del cobre.

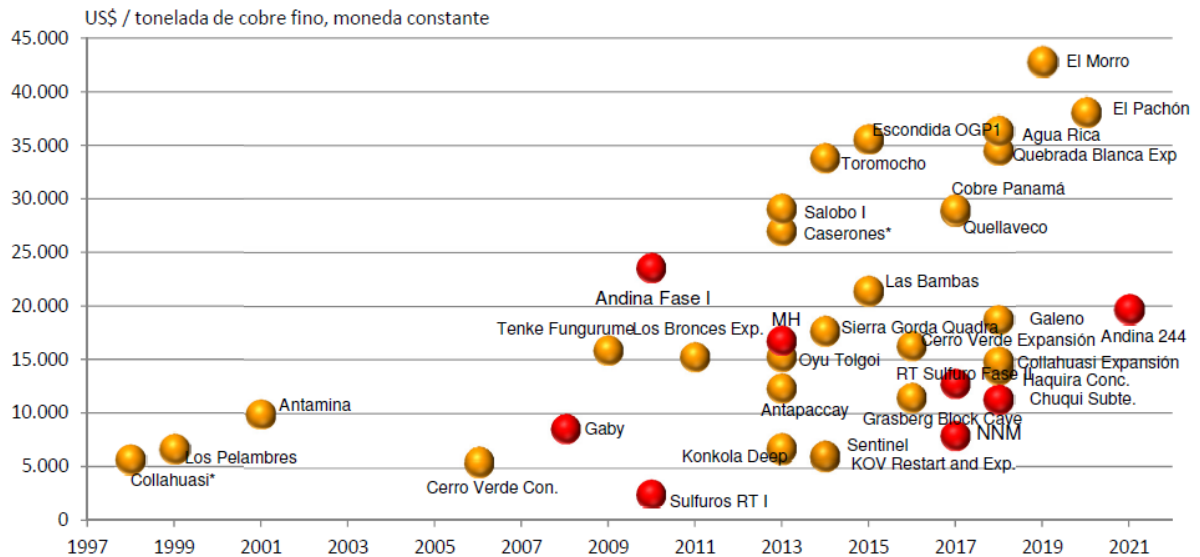


Fuente: CODELCO

**Figura 4: Evolución precio del Cobre 2004-2017 (28 de Marzo)**

Este periodo, aproximadamente entre años 2007 y 2014, también se caracterizó por el incremento en los costos de desarrollo y ejecución de los proyectos, en comparación al valor histórico que se conocía hasta ese entonces. Como se observa en Figura 5, el CAPEX de los proyectos fue

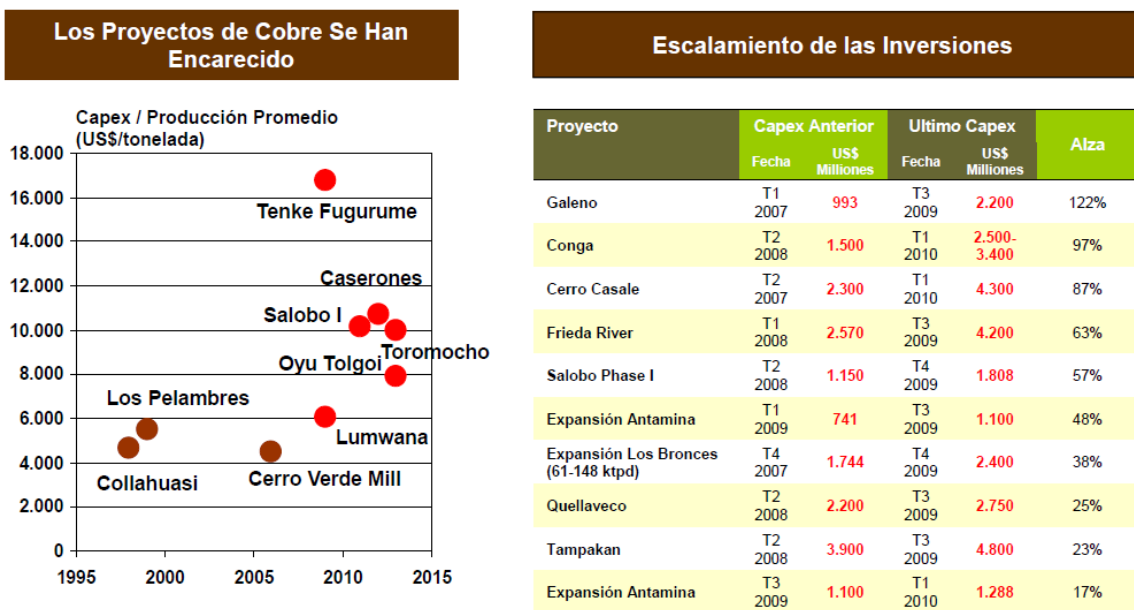
escalando al transcurrir los años, sobre todo desde el año 2007 en adelante, lo cual tiene su origen en el incrementos de costos de insumos y equipos, construcción, mano de obra, legislación más rigurosa, profundización de los yacimientos, entre otros.



Fuente: Wood Mackenzie, CRU y CODELCO

**Figura 5: Escalamiento de CAPEX de Proyectos de Cobre 1997-2017**

Realizando una revisión más detallada de algunos proyectos, en relación al CAPEX sobre la producción promedio, como se indica en Figura 6 y en Tabla 2-1, el escalamiento de las inversiones se ha incrementado hasta llegar prácticamente al doble de los proyectos históricos construidos entre los años 1985 y 2005, lo cual sucedió en proyectos tipo Greenfield y Brownfield.



Fuente: Brook Hunt y CODELCO

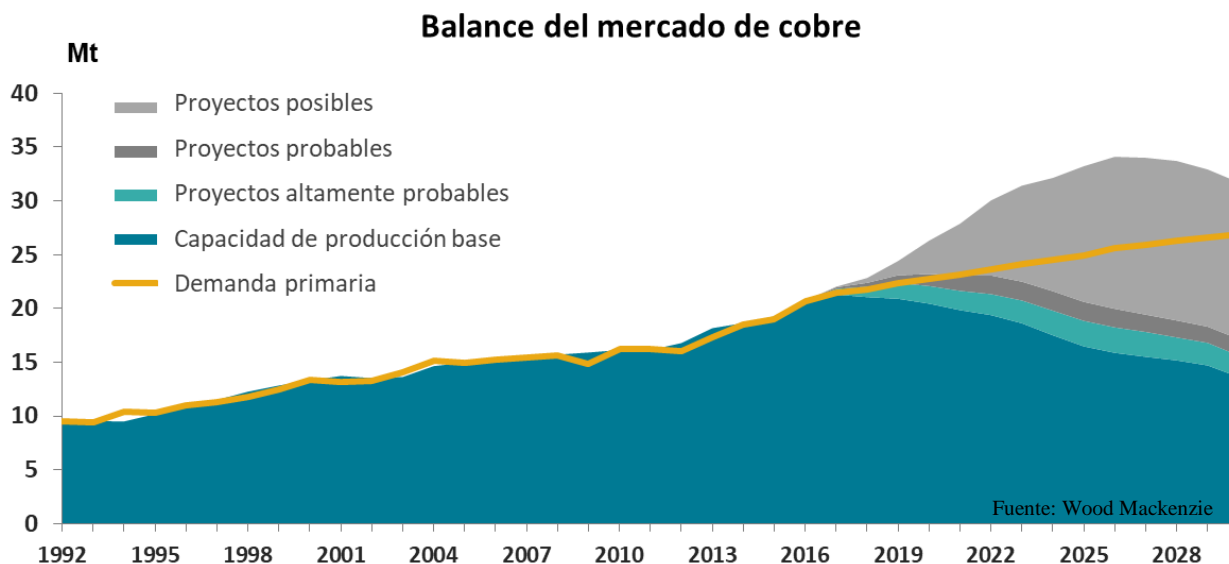
**Figura 6: Escalamiento de las Inversiones**

	Proyectos		
	Históricos 1985-2005	Recientes 2006-2009	En Construcción
<b>Greenfield</b>	5.682	5.532	8.827
<b>Brownfield</b>	4.218	4.762	8.722
<b>Promedio Ponderado</b>	4.995	5.371	8.765
<b>% Incremento</b>		8%	75%

Fuente: Brook Hunt y CODELCO

**Tabla 2-1: Escalamiento de las Inversiones, Greenfield – Brownfield - Promedio**

Analizando la Oferta y Demanda de Cobre, y los proyectos que aportarán y podrían aportar producción en los próximos años, de acuerdo a lo ilustrado en Figura 7, el incremento de costo de los proyectos también se debe a una fuerte demanda primaria de cobre, la cual principalmente tiene su origen en el crecimiento de China, principal país consumidor y destino de las exportaciones de cobre chilenas.



**Figura 7: Proyectos de Cobre y proyección de Oferta y Demanda al 2030**

De acuerdo a antecedentes estadísticos de la industria minera chilena, a lo indicado por las propias compañías mineras presentes en el país, las distintas compañías analistas y auditoras presentes en el mercado, además de lo expuesto por referentes de la industria minera nacional, como Nelson Pizarro y Diego Hernández, en distintos medios y seminarios (ver por ejemplo: [1], [6], [18], [19]), aproximadamente desde el año 2005 hasta el año 2014, varios de los nuevos proyectos mineros dejaron de ser exitosos, debido a que los costos de la inversión real se incrementaron considerablemente versus a lo previsto en las Fases previas el proyecto, y en algunos caso excedieron el presupuesto en más de 2,5 veces. Tampoco se cumplieron los plazos de ejecución, y luego de la puesta en marcha, no se alcanzaron los parámetros de diseño. Además de ellos, las empresas ejecutoras de los EPCM, se hicieron de mala reputación, dado que algunas extendían el desarrollo y construcción de los proyectos para incrementar sus utilidades, reducir sus pérdidas o por falencias internas; abusaron o utilizaron de mala forma los Claims, lo cual provocó problemas en las relaciones entre Cliente-Constructoras o Cliente-Empresas EPCM, en



vez de evitarlos o acercarlos a las partes. Ejemplo de estas situaciones, se puede nombrar a los proyectos Caserones, Sierra Gorda y Antucoya.

En este contexto, la decisión de AMSA de no continuar en la Fase de Ejecución de proyecto con la modalidad de contratos tipo EPCM en el año 2014, coincidió con el malestar por gran parte de las compañías mineras con este tipo de empresas desarrolladoras de proyectos. En ese entonces, el Proyecto OXE se encontraba finalizando la etapa de Factibilidad y se proyectaba ejecutar a través de un contrato EPC o EPCM. Adicionalmente, Minera El Tesoro (actual Centinela), empezaba a disminuir sus recursos y proyectaba que no podía mantener la producción a futuro, por lo cual requería de nuevos yacimientos, y OXE era la alternativa más cercana, por lo cual se dio la coyuntura de aprovechar un proyecto de magnitud de inversión mediana (aproximadamente 600 millones de dólares), y considerar otra metodología de ejecución y gestión de proyectos.

La directriz de AMSA, explicada por su CEO Diego Hernández ([19]), fue solicitar que la Fase de Ejecución del Proyecto OXE, se realizara de forma distinta a un EPC/EPCM, de forma de garantizar los requerimientos de la compañía a mediano plazo. El liderazgo de desarrollo se encomendó a un equipo de proyectos interno, similar a como solían ejecutarse los proyectos antiguamente, con la consideración de que en la actualidad las regulaciones y normativas aplicables a proyectos mineros son muy distintas y de mayor exigencia, y por ende, el equipo de especialistas y recursos requeridos para el desarrollo y ejecución, era mayor que la considerada en la década del 90 o antes.

Parte de las ventajas de que el desarrollo se ejecute en forma interna, es que el propio Cliente puede realizar las compras importantes de equipos, insumos y materiales, permitiendo influenciar al proveedor con una relación de largo plazo directamente con el Cliente final, con lo cual se puede acceder a mejores precios y plazos de entrega, y generar ahorros en comisiones que cobran las empresas intermediarias o de EPCM por esta gestión, o que favorezcan a un proveedor determinado que no es el adecuado para el proyecto. Junto con ello, existía la posibilidad de desarrollar el Proyecto OXE a contra ciclo del precio del cobre, lo cual abría un abanico de oportunidades para reducir costos en distintos frentes de contratos requeridos, como lo eran: las empresas de ingeniería; constructoras; proveedores; mano de obra; profesionales; compra de insumos, maquinaria y equipos; además de las oportunidades que brindaba un mercado desacelerado, deprimido y con capacidad ociosa.

Una ventaja indirecta, pero muy relevante para la Fase de Factibilidad y Ejecución del Proyecto OXE, era que al desarrollar y gestionar internamente esta etapa, permitiría generar relaciones directas (comunicación e información), constantes y de par a par entre el equipo de Proyecto OXE y la Operación de Minera Centinela, dado que es un proyecto Greenfield que requiere intervenir y conectarse a instalaciones Brownfield, lo que entregaría fluidez a su desarrollo y ejecución, al no ser a través de una empresa que fuese externa a AMSA.

## **2.2 Gestión de Proyectos**

De acuerdo a Guía del PMBOK [20], un proyecto se define como *“un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único, con un principio y un final definidos. El final se alcanza cuando se logran los objetivos del proyecto o cuando se termina el proyecto porque sus objetivos no se cumplirán o no podrán ser cumplidos, o cuando ya no existe la necesidad que dio origen al proyecto”*. Junto con ello, la gestión de proyectos es *“la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto*

*para cumplir con los requisitos del mismo, lo cual se logra mediante la aplicación e integración adecuadas de procesos de gestión de proyectos, agrupados lógicamente (Idea, Planificación, Organización y Ejecución, Monitoreo y Control, y Cierre o Entrega a Operaciones)”, es decir, es una metodología de administración y dirección de proyectos integrada, que permite transformar una decisión inversional en una realidad dentro de un marco de seguridad, calidad, tiempo y costos. De acuerdo a estas definiciones, la Gestión de Proyectos es “única” para cada proyecto, dado que depende de una temporalidad y de cómo se apliquen los conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas de los fundamentos de la dirección de proyectos, pudiendo no ser extrapolables directamente a otro proyecto [4].*

La gestión de proyectos, evolucionó a partir de la Segunda Guerra Mundial, dado el cambio estructural, tecnológico y funcional que debieron enfrentar las compañías e industrias, con nuevas metodologías y enfoques para dirigirlos, y la continua evolución social y de mercado, que requirió adaptarse a los desafíos de comercialización, inversiones, recursos humanos, administración y tecnologías, entre otras.

Como una necesidad de poder agrupar, unificar y mejorar todos estos cambios y desafíos, relacionados con la Gestión de Proyectos, en 1969, en Estados Unidos se funda el PMI, (Project Management Institute), con una orientación local, y en forma posterior se fundó Internacional Project Management Association, (IPMA) en Inglaterra, orientada especialmente a la realidad europea. PMI es el organismo precursor en el desarrollo moderno de la Gestión de Proyectos, el cual ha sido utilizado por muchas industrias y compañías alrededor del mundo para ejecutar esta disciplina, y sus directrices se respaldan en una teoría de carácter sistémico, sistemático y consolidado para orientar las actividades requeridas para dirigir exitosamente un proyecto. El momento culmine de esta labor desarrollada por el PMI, ocurrió en 1983, cuando sus integrantes dieron origen a los fundamentos de la dirección y gestión de proyectos, que hoy en día conocemos como la Guía del PMBOK (Project Management Body of Knowledge, Guide), la cual se considera como el estándar mundial para la Gestión de Proyectos, y que ha ido evolucionando y ajustándose casi en paralelo a los cambios sociales, culturales y tecnológicos que ha experimentado el mundo.

Esta misma evolución de sistemas de gestión, permitió desarrollar otras instituciones que permitieran medir o evaluar la efectividad de las metodologías utilizadas. Una de ellas, y muy destacada a nivel global, es IPA (Independent Project Analysis), una organización especializada en estudios estadísticos de proyectos, la cual ha gestionado y almacenado data de distintos tipos de proyectos, industrias, países, regiones y años, lo que le ha permitido generar una base de datos histórica con miles de entradas. Del análisis de la base de datos, y cruce de distinto tipo información, han podido obtener relaciones cuantitativas entre eventos específicos que ocurren durante la ejecución de un proyecto y los resultados finales de este, pero también les permitió desarrollar su propia metodología para evaluar el nivel de definición de un proyecto al momento de autorizar su ejecución, y otra para evaluar los resultados del proyecto frente a la industria en general, realizada al cierre del proyecto. Los antecedentes y análisis que poseen, es tan relevante que han podido comparar los valores previstos o los resultados de determinado cliente en métricas como Plazo, Costo, Seguridad, u otro. Una vez realizada la comparación, y a la luz de experiencias de diversos proyectos a nivel mundial, el cliente puede tomar acciones correctivas en su proyecto, de manera de ajustarlas y lograr su objetivo minimizando riesgos, permitiendo ejecutar una mejora continua.

En Figura 8, se observa el modelo clásico de etapas de un proyecto de inversión de capital, al cual se le ha agregado un cuadro llamado “Permisos/Comunidades”, debido a que en distintas

partes del mundo, en la actualidad y sobre todo para un proyecto minero, se debe desarrollar un trabajo adicional a la ingeniería, requerido por los stakeholders externos al Mandante, como son las Comunidades/Gobierno, además de la gestión requerida para la obtención de permisos (medioambientales, sectoriales, servidumbres, constructivos, entre otros), entre ellos, DIA, EIA, RCA, y permisos en general. Esta gestión, conocida coloquialmente como “permisología”, debiese realizarse idealmente en forma posterior a la ingeniería de detalles, pero de acuerdo a los tiempos requeridos para su desarrollo y aprobación, debe iniciarse en Prefactibilidad o más tardar en Factibilidad, para no impactar los plazos de proyecto.

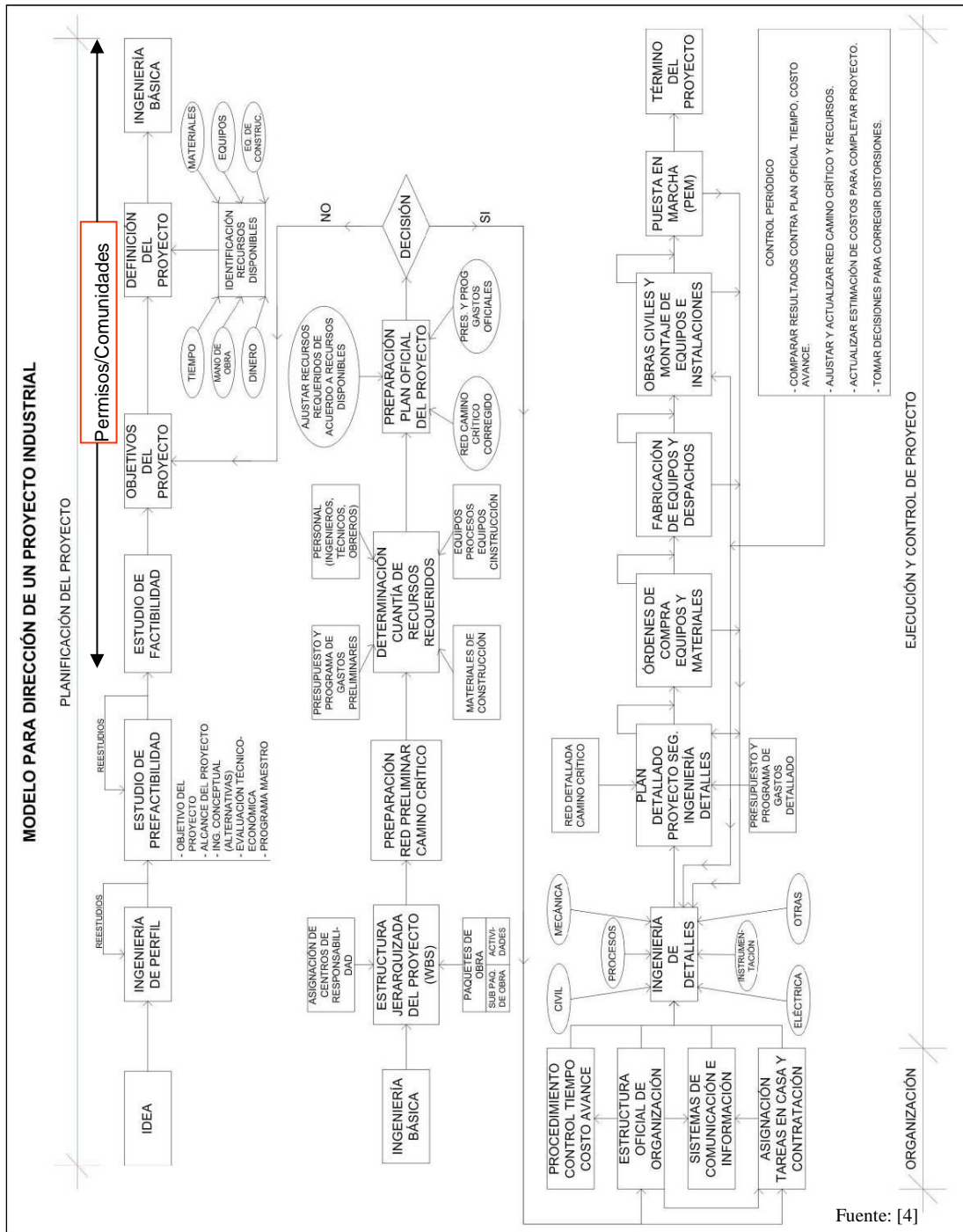


Figura 8: Modelo Clásico de Etapas de Proyecto de Inversión de Capital

## **2.3 Metodología tradicional de Gestión de Proyectos mineros en Chile**

La gestión de los proyectos mineros en Chile, se ha desarrollado tradicionalmente bajo las recomendaciones y buenas prácticas de Gestión de Proyectos de la Guía del PMBOK de PMI, y en los últimos años con los lineamientos de la metodología FEL (Front-End Loading), desarrollada por la compañía DuPont en 1987 y adaptada durante la última década del siglo pasado por IPA, las cuales en conjunto, se focalizan para gestionar proyectos de inversión de capital.

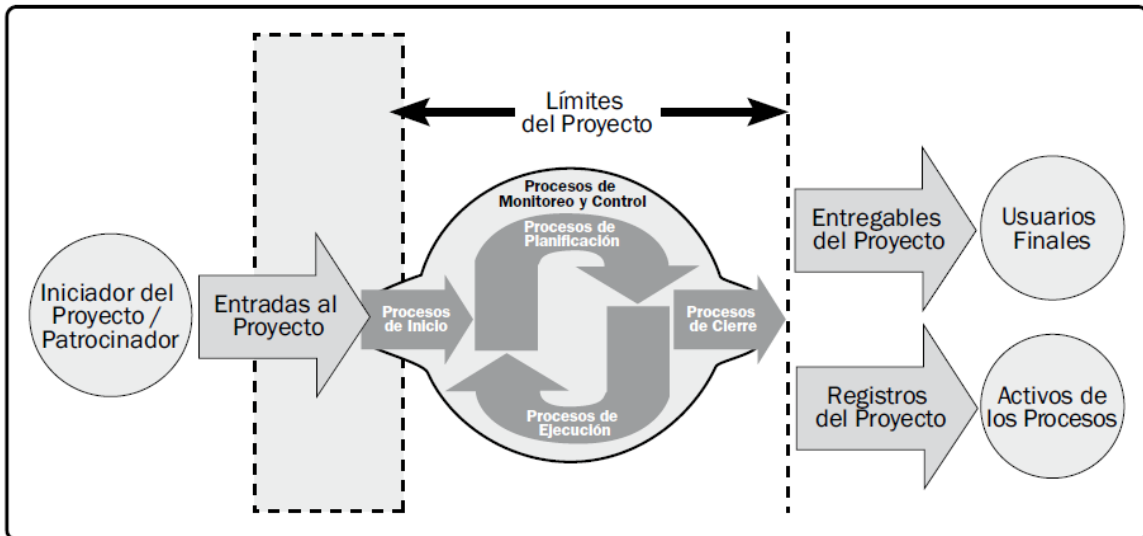
Hoy en día, tanto el uso de Metodología FEL y PMBOK, son ampliamente utilizadas en diversos tipos de proyectos alrededor del mundo, especialmente los del tipo Mineros, Industriales y de Construcción. Estas metodologías de gestión, se encuentran presentes en las distintas empresas de desarrollo de proyecto y mineras del país, y se ha utilizado prácticamente en todos los proyectos mineros en Chile.

### **2.3.1 PMBOK**

La Metodología PMBOK de gestión de proyectos, se compone de dos elementos esenciales: la ejecución de procesos y las áreas de conocimiento.

La Ejecución de Procesos, consiste en concebir un proyecto en diferentes procesos que se ejecutan de forma secuencial hasta conseguir los objetivos del proyecto o la fase de proyectos (ver Figura 9 y Figura 10). Estos procesos son:

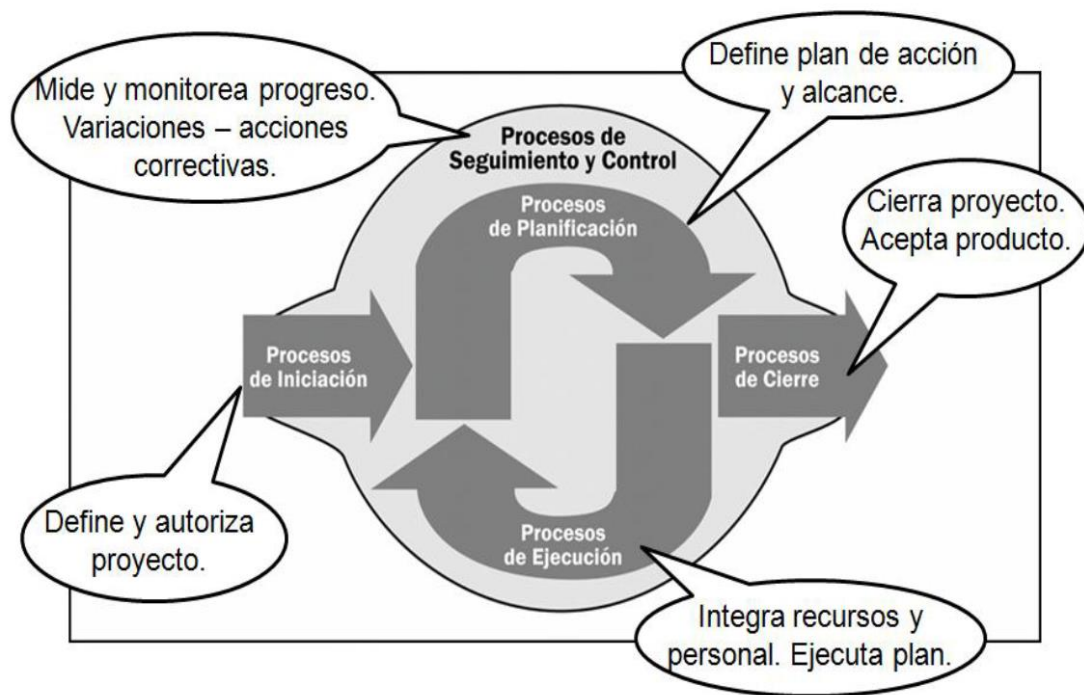
- a) Análisis o Inicialización: definición inicial del proyecto y fase, junto con la aprobación de su inicio.
- b) Planificación: desarrollo de los diferentes planes de gestión
- c) Ejecución: realización de las tareas planificadas en la fase anterior con objeto de completar los entregables
- d) Supervisión, Seguimiento y Control: supervisión de las tareas ejecutadas, comparación con la planificación (líneas base), y definición y aplicación de contramedidas en caso de desviaciones.
- e) Cierre: finalización de la fase o proyecto, bien por haber conseguido la aprobación del conjunto de entregables, por no ser posible desarrollarlos, o porque el proyecto ha dejado de tener motivo de ser. Esta finalización formal conlleva la liberación de los recursos que participaban del proyecto y la realización retro-alimentación del proceso con las lecciones aprendidas.



**Figura 9: Procesos y Límites de Proyecto con enfoque de Gestión de Proyecto PMI – Adaptado de Guía del PMBOOK [20]**

Los dos tipos básicos de procesos son:

- a) Procesos orientados a la creación de un producto.
- b) Procesos con etapas de evolución claramente diferenciadas



**Figura 10: Grupo de Procesos de la Dirección de Proyectos con enfoque de Gestión de Proyecto PMI – Adaptado de Guía del PMBOOK [20]**

Las Áreas de Conocimiento, consisten en la integración de los conocimientos específicos y generales requeridos por el equipo de proyecto, principalmente por sus líderes, quienes se relacionan con competencias específicas de la gestión, las cuales deben ser transversales, o al menos genéricas. Para el PMI, las áreas de conocimiento esenciales, son:

- a) Gestión de la Integración
- b) Gestión del Alcance
- c) Gestión del Tiempo o Plazo
- d) Gestión de Costos
- e) Gestión de la Calidad
- f) Gestión de los Recursos Humanos
- g) Gestión de las Comunicaciones
- h) Gestión del Riesgos
- i) Gestión de las Adquisiciones del proyecto
- j) Gestión de los Interesados (Stakeholders), del proyecto

Tradicionalmente, esta metodología requiere de equipos de proyectos piramidales y con funciones específicas (procesos secuenciales), donde el Gerente o Director de Proyectos, realiza funciones administrativas y entrega los lineamientos generales requeridos por el proyecto a los Líderes o Gerentes de cada área, quienes con sus equipos desarrollan las labores necesarias para dar cumplimiento al mandato principal. Cada proyecto debe definir las áreas de conocimiento requeridas, además de las esenciales. El aprendizaje o lecciones aprendidas, no son continuas y se reflejan generalmente al término de una fase o etapa. Esta metodología de gestión de proyectos es analítica y reactiva, de acuerdo a las desviaciones normales de un proyecto y a las medidas correctivas requeridas, que además depende de la experiencia del equipo de proyecto que realiza los procesos secuenciales y las áreas de conocimiento consideradas.

### **2.3.2 FEL<sup>1</sup>**

La metodología Front-End Loading o FEL, es una metodología desarrollada para proyectos de inversión, la cual consiste en un conjunto de procesos para el desarrollo de proyectos, basado en el análisis gradual y comprensivo de todos los factores claves que permitan desarrollar la estrategia de una compañía en un proyecto.

El término Front End Loading, fue desarrollado por la compañía DuPont en 1987, y utilizado en ese entonces por las industrias químicas, refinerías y gas. IPA, ejecutó un trabajo de benchmarking desde 1993 hasta 2003, en distintas compañías, industrias y ubicaciones alrededor del mundo que utilizaban esta definición y desarrollo para sus proyectos. De acuerdo a ese estudio, identificó las fases de una metodología a la que denominó ciclo FEL (Front End Loading), a otro grupo de fases para la implantación las denominó ciclo EPCC (Engineering, Procurement, Construction, Commissioning), y a la fase de operación como última fase. La metodología FEL fue presentada por IPA en las 30va y 32va Conferencia Anual de Ingeniería y Contratación de Construcción (Annual Engineering & Construction Contracting Conference), en los años 1998 y 2000 respectivamente.

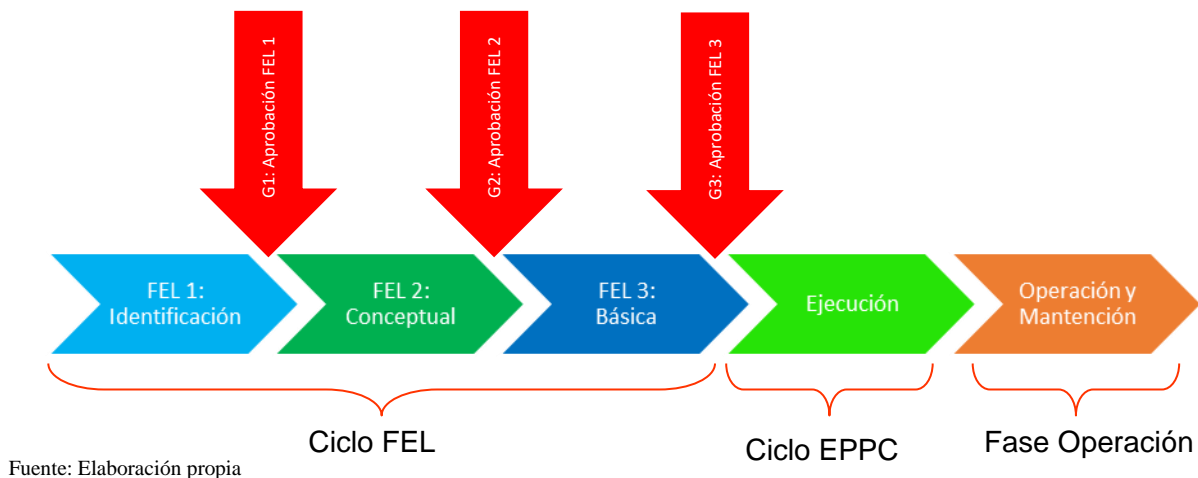
La metodología de gestión de proyectos de inversión FEL, es una metodología basada en el concepto de puertas de aprobación, donde en cada portón se aprueba, o no, para dar continuidad a la siguiente etapa o volver atrás. Esta metodología se enfoca en ahorrar costos y mantener al proyecto en plazos, ya que cada fase, antes de ser iniciada, debe estar correctamente planificada y aprobada.

---

<sup>1</sup> Fuente y adaptación, proviene de [27] y

<https://sites.google.com/site/stigestionydesarrollo/recuperacion/recuperacion-gestion/tema-3---gestion/1>

Esta metodología ayuda a la toma de decisiones de Proyecto, debido a que lo divide en etapas escalonadas, reduciendo riesgos, y manteniendo los costos y los plazos de las fases acotados. Cada fase, antes de ser iniciada, debe estar correctamente planificada, y su fase anterior auditada y aprobada. En Figura 11, se observa las fases y aprobaciones de forma esquemática.



**Figura 11: Grupo Diagrama del Ciclo FEL, Ejecución y Operación**

La Metodología FEL, se divide en las siguientes fases:

- FEL 1: Fase de identificación de oportunidad o caso de negocio, y se generan las opciones técnicas y económicamente factibles de las propuestas o ideas para el proyecto. También, se identifican los riesgos generales y las mejores estrategias que permitan optimizar los resultados del proyecto. Se presenta un estimado de costos de entre -30% +50%. Su objetivo es validar la oportunidad del negocio y se basa en estudios de factibilidad técnico-económicos conceptuales. Puede que no tenga aún asignado un Gerente de Proyecto (PM), dado que el proyecto se encuentra en el “mundo financiero o de negocios”. Al finalizar esta fase, se genera un escenario para su posterior aprobación.
- FEL 2: Si FEL 1 fue aprobado con un Documento de Soporte de Decisión o DSD, y con recursos, se continúa con esta fase, que consiste en evaluar el o los escenario(s) u opciones, finalizando con una selección de la que genere el mayor valor (generalmente, el mayor VAN). Se inicia la planificación del proyecto con la ingeniería Conceptual y se evalúa y selecciona la alternativa tecnológica. Se profundiza en la identificación de los riesgos para minimizar la incertidumbre en los stakeholders. Se presenta un estimado de costos mejor definido, de aproximadamente -15% +30%. Esta fase, es de baja inversión económica. Al finalizar esta fase, se genera un escenario para su posterior aprobación.
- FEL 3: Si FEL 2 fue aprobado con DSD y con recursos, se continúa con la Ingeniería Básica para desarrollar completamente el alcance de planificación y diseño de la opción seleccionada, se profundiza en la evaluación de los riesgos para minimizar la incertidumbre en los stakeholders, y se afina el estimado de costos de inversión hasta precisar la solución estratégica de contratación e implantación de entre -5% +15%, para asegurar que el proyecto esté bien estructurado y listo para solicitar su autorización, y los recursos para su ejecución. Se elabora el plan de ejecución para el ciclo EPCC.

- Fase de Ejecución: se trata de la ejecución del proyecto en sí, e incluye la ingeniería de detalle, la construcción, montaje, precomisionamiento, comisionamiento, puesta en marcha y entrega a operaciones. Es la fase en la que más tiempo y dinero se invierten, y su éxito queda determinado por la calidad de las fases anteriores.
- Fase de Operación y Mantenimiento: es cuando se opera en régimen el proyecto (deja de ser proyecto).

De estas fases, IPA define tres que son de ingeniería que denomina FEED (Front Engineering Development), como: Ingeniería conceptual (fase de Conceptualización), Ingeniería Básica (fase de Definición), Ingeniería de detalle (fase de Ingeniería). Solo las fases de ingeniería conceptual (FEL 2), y la de ingeniería básica (FEL 3), están presentes en el ciclo FEL, la fase de ingeniería de detalle pertenece al ciclo EPCC.

### **2.3.2.1 Procesos del Ciclo FEL**

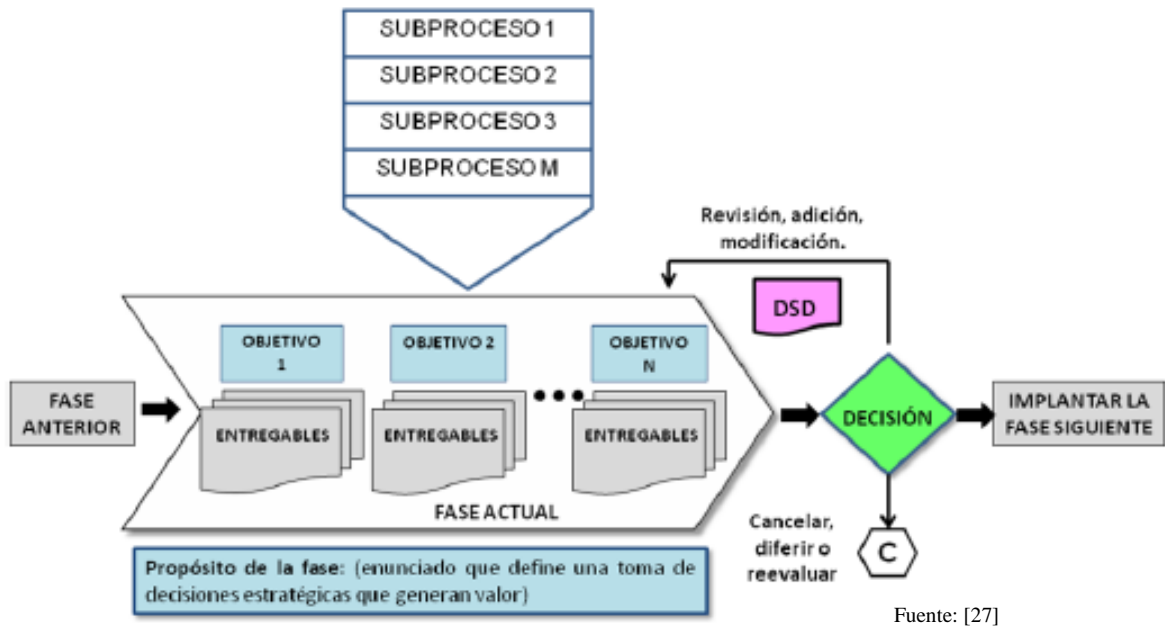
FEL es una metodología basada en el concepto de “puertas” (Gates en inglés), de aprobación. El proceso se inicia cuando la idea de un proyecto es concebida por un resultado de los análisis del ambiente interno-externo del negocio, o del análisis de una matriz FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas); o unas iniciativas de un grupo de ingeniería, o de un grupo de desarrollo, o de una unidad de negocio. Las iniciativas deben estar alineadas con las estrategias del negocio.

Es importante la interacción de los stakeholders para incorporar los cambios necesarios, y ensamblar el paquete de base de diseño requerido de la fase, para su correspondiente aprobación.

Cada fase de procesos, antes de ser iniciada, debe estar correctamente planificada, y su fase anterior auditada y aprobada. Cada una debe cumplir una serie de actividades y puntos de verificación y control, y así obtener la correspondiente autorización de los niveles de autoridad de la organización, antes de avanzar a la siguiente fase de procesos y comprometer recursos del proyecto. En cada una de las fases se van incorporando elementos de información y análisis, que permitan una mayor definición del alcance, una minimización de los riesgos e incertidumbres, así como un estimado de costos y programas de ejecución mucho más preciso.

Se requiere de equipos multidisciplinarios que interactúen para desarrollar cada fase con sus respectivos entregables completamente estructurados. Estos entregables son el soporte fundamental en un documento denominado Documento de Soporte de Decisión (DSD), que servirá para el análisis que realizarán los respectivos niveles de autoridad, para su conformidad y aprobación, así como también las consideraciones técnicas de la fase respectiva. Este hito fundamental es para obtener la aprobación y los recursos necesarios para poder avanzar hacia la fase siguiente.





**Figura 12: Ciclo de procesos de una Fase FEL**

En Figura 12, se ilustra la secuencia de un ciclo de procesos de la fase de la metodología FEL. Cada fase está conformada por un conjunto de objetivos muy bien definidos según las características estratégicas que tenga el propósito, y correctamente alineados con el proyecto y el negocio. También, se identifican los siguientes subprocesos de la fase:

- Fase actual: identifica el nombre dado a la fase por IPA: Identificación, Conceptual, o Básica.
- Objetivos: identificados como objetivo 1, objetivo 2, objetivos N, son definidos por los niveles de autoridad de la organización y alineados con la estrategia del Propósito de la fase.
- Subprocesos: identificados como subproceso 1, subproceso 2, subproceso M, son un conjunto de actividades particulares para lograr objetivos específicos de la fase, se debe completar un conjunto de actividades cuyos subprocesos son definidos por la organización del proyecto.
- Entregables: que identifican la documentación, como son planos, memorias descriptivas, estimados de costos, entre otros, que son el resultados de los procesos de cada fase, y que serán el soporte para el análisis y la toma de decisiones sobre la fase.
- Decisiones: en cada finalización de fase, se pueden tomar una de las siguientes acciones: aprobar los resultados de la fase y obtener los recursos para avanzar hacia la siguiente fase; o ejecutar el proyecto según sea el caso; cancelar o diferir el proyecto.
- DSD: que identifica el Documento de Soporte de Decisión para conformidad y aprobación de la fase para pasar a la siguiente fase. Identificado en la figura con una letra C dentro de un hexágono; o devolver la documentación de la fase al equipo de trabajo para su revisión, modificación o para completar o añadir las observaciones, consideraciones y/o elementos de las opciones evaluadas.

El DSD se podrá conformar de varias formas, según sea el tipo de proyecto que se esté ejecutando. Su contenido es diferente para cada fase.

La conclusión del ciclo FEL se establece cuando el nivel de definición del proyecto está lo suficientemente sustentado y detallado dentro de los términos del alcance, costos estimados, plazo programado, calidad definida, riesgos identificados y los entregables para ingeniería, que serán el soporte para la fase EPCC, una vez aprobadas todas y cada una de las fases FEL.

## **2.4 Otras Metodologías de Gestión de Proyectos Utilizadas en Proyectos**

Actualmente, la gestión de proyectos con inversión de capital de montos considerables y de gran complejidad, no solo se está rigiendo por el enfoque tradicional del PMBOK o del FEL, sino que se han considerado otros enfoques y visiones, distintas a un proceso analítico y reactivo, pero también se han desarrollado adaptaciones de ellas. A continuación, se describirán otras metodologías de gestión de proyectos.

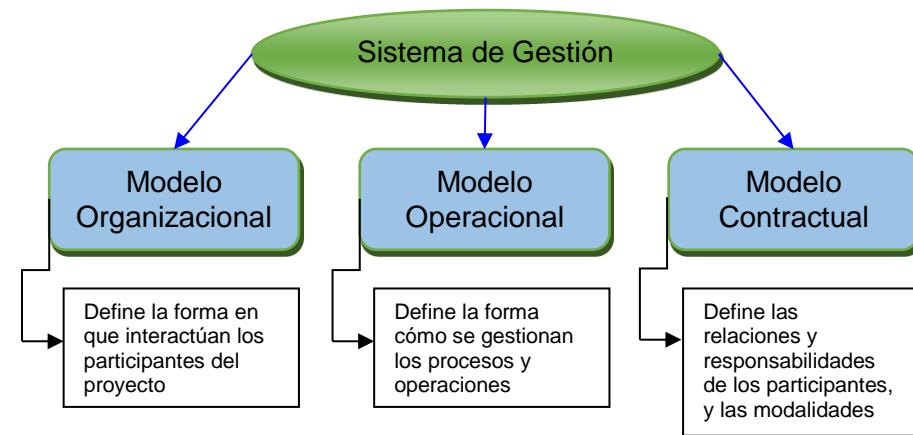
### **2.4.1 Metodología de Gestión de Proyectos Lean (Sistémico)**

El enfoque del Lean Project Management o Modelo de Gestión Lean, es una evolución del Lean Manufacturing, el cual se originó del Sistema de Producción de Toyota. Consiste en orientar a la organización hacia un modelo de gestión de alta productividad en todas las etapas de un proyecto, de manera de obtener calidad, velocidad y alineación con las expectativas del cliente, de manera de eliminar todo lo que no genere valor y poder focalizarse solo en lo necesario en el presente del proyecto. Sus fundamentos son:

- a) Eliminar residuos (ej. Reuniones innecesarias o inútiles, documentos sin valor, ineficiencias)
- b) Asegurar la calidad
- c) Crear conocimiento
- d) Aplazar el compromiso
- e) Entregar rápido
- f) Apostar por la autonomía individual
- g) Optimizar el sistema

A su vez, su principal fortaleza se encuentra en el valor del conjunto de que el equipo de proyecto funcione como un todo, y que cada aporte individual sea una optimización para el conjunto (cada persona es quien mejor conoce cómo hacer su trabajo). En cambio el Gerente de Proyectos, proporciona los medios y recursos necesarios para garantizar la eficacia de su equipo y de cada persona, confiando completamente en su quehacer. Además, el aprendizaje debe ser continuo, y se incita a estructurar el trabajo para asegurar dicho objetivo, razón por la que es necesario aplazar la toma de decisiones hasta el último momento, ya que solo entonces se puede aportar una respuesta de calidad, lo cual es un fundamento esencial de la filosofía Lean.

El trabajo a través de la filosofía Lean incrementa la eficiencia y optimiza el aprovechamiento de recursos, por lo cual utilizarlo como metodología de Gestión de Proyectos es una ventaja competitiva dada la capacidad de respuesta a la demanda y el aumento de la disciplina individual y del equipo de proyecto, pero requiere de un alineamiento y gran conocimiento/capacitación del equipo de trabajo en su metodología.



Fuente: Elaboración Propia

**Figura 13: Sistema de Gestión Lean**

## 2.4.2 Sistema de Inversión de Capital de Codelco: SIC<sup>2</sup>

Codelco Chile ha definido un sistema de inversión de capital basado en etapas, denominado SIC. Este, es el cuerpo normativo constituido por una Política Corporativa, Manuales, Procedimientos e Instructivos que sistematizan el proceso de inversión, aplicable a la totalidad de las iniciativas que impactan en los activos de CODELCO.

La aplicación de este cuerpo normativo es requisito para la formulación y ejecución de cada fase de proyecto, y debe ser seguida por todas las organizaciones de proyecto de las distintas Divisiones de Codelco.

Los objetivos del SIC son:

- a) Asegurar alineamiento con la estrategia, prioridades y valores de la compañía.
- b) Maximizar el valor al dueño con riesgos aceptables.
- c) Que las decisiones sean tomadas de acuerdo al marco normativo definido.
- d) Asegurar tener la mejor probabilidad de éxito.
- e) Entregar los resultados de los compromisos adquiridos en los plazos establecidos.

Los elementos centrales contenidos en el SIC son:

- a) Incorporación de las mejores prácticas de la industria en gestión de inversiones, a través de la asesoría en los procesos de desarrollo de los documentos y validación de alineamiento con las mejores prácticas de consultores expertos internacionales.
- b) Activa participación de equipos funcionales de Codelco en la revisión y complementación de las definiciones y contenidos de los documentos.

El SIC establece una metodología de gestión de proyectos para fases de estudio y de ejecución, con herramientas de control y barreras para traspasar etapas, con el objeto de asegurar el

<sup>2</sup> Fuente y adaptación, proviene de [17]

cumplimiento de las promesas y aumentar la certidumbre de la inversión. Estos y otros elementos conceptuales pueden observarse en la Figura 14.



Fuente: [21]

**Figura 14: Modelo sistema de inversión de capital CODELCO (SIC)**

- Fase de Perfil: Corresponde a la identificación de la oportunidad de un negocio. La ingeniería de perfil (“Scoping Studies” o “Order of magnitude studies”), es la fase de identificación de las oportunidades para el desarrollo de los proyectos y corresponde con la evaluación inicial de un proyecto minero.
- Fase Prefactibilidad: Es la fase de generación y selección de alternativas de proyectos. Son más detallados que la ingeniería de perfil alcanzando una precisión de  $\pm 25\%$  del CAPEX.
- Fase Factibilidad: Es la fase de desarrollo de la alternativa seleccionada en la etapa anterior. Representa el último y más detallado paso de ingeniería para la evaluación de un proyecto minero, para una decisión de “ir / no ir”, y para los propósitos de obtener financiamiento inversional.
- Fase Ejecución: Corresponde a la fase inversional del proyecto. Contempla actividades para materializar un proyecto, incluye la ingeniería de detalles, la gestión de servicios (adquisiciones y contratos), la administración de construcción, la capacitación de nuevo personal, el comisionamiento y puesta en marcha, entre otros.

Contempla desde la aprobación de fondos de inversión hasta las instalaciones proyectadas operando a satisfacción.

Los proyectos, en su fase de ejecución, son los grandes consumidores de horas de ingeniería (hasta un 85% del gasto total en ingeniería), y significa entre un 12% y un 15% del presupuesto global del proyecto. Es en la etapa de construcción, montaje y puesta en marcha del nuevo activo, donde se busca capturar la promesa ofrecida, privilegiando los aspectos plazo, costo, calidad y sustentabilidad.

### 2.4.3 Metodología de Gestión de Proyectos PRINCE 2

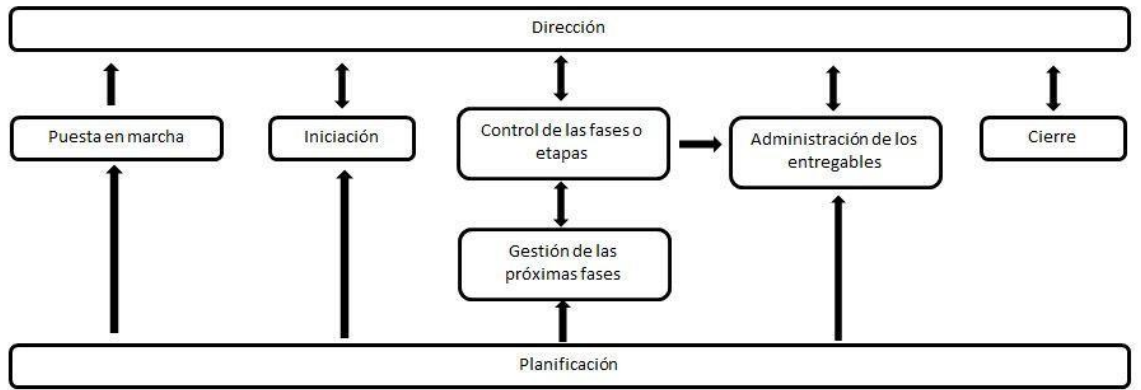
Esta metodología de gestión de proyectos, proviene de Proyecto en Ambiente Controlado (por sus siglas en inglés, PProjects IN Controlled Environments), y está basada en el producto, por lo que sus procesos se centran en obtener resultados concretos más que en la planificación de las actividades.

Los principios de la metodología son:

- a) Justificación comercial continua: Se asegura de que hay un motivo justificable para iniciar el proyecto. La justificación se mantiene válida durante toda la vida del proyecto. Dicha justificación ha sido identificada, y aprobada.
- b) Aprender de la experiencia: Se recogen las experiencias anteriores, las que se van obteniendo a lo largo de la ejecución del proyecto, así como las lecciones aprendidas al cierre del mismo.
- c) Roles y Responsabilidades definidos: Asegurando que los intereses de los usuarios que van a usar el proyecto, los proveedores y el responsable del área de negocio están representados en la toma de decisiones.
- d) Gestión por Fases: Un proyecto que sigue la metodología PRINCE2 se planifica, se supervisa y se controla fase a fase.
- e) Gestión por excepción: Es decir, delegar la autoridad suficiente de un nivel de gestión al siguiente, dándole autonomía según unas tolerancias pautadas (de tiempo, coste, calidad, alcance, beneficio y/o riesgo), de manera que, de sobrepasar la tolerancia, se consulte al nivel superior como actuar.
- f) Orientación a productos: Centra la atención en la definición y entrega de productos, es decir, un proyecto no son un conjunto de tareas a realizar, si no que entrega productos (que se elaboran tras la ejecución de las tareas que sean necesarias).
- g) Adaptación: Asegurando que la metodología PRINCE2 y los controles a aplicar se basen en el tamaño, complejidad, importancia, capacidad y nivel de riesgo del proyecto.

Se divide en diferentes procesos:

- a) Puesta en marcha: descripción del proyecto, equipo, enfoque, y objetivos del proyecto o fase.
- b) Iniciación: preparación y acuerdo del Caso de Negocios del proyecto o fase.
- c) Planificación: planificación de los diferentes aspectos del proyecto o fase.
- d) Dirección: determinación de la forma en que se controlará el proyecto o fase, autorizaciones, y planificaciones de las siguientes fases.
- e) Control de las fases o etapas: el proyecto puede estar dividido en fases, por lo que se deben supervisar y presentar los resultados de cada una de estas fases.
- f) Gestión de las próximas fases: definición de lo que debe realizarse al final de cada fase y planificación de las siguientes. También se define la forma de actuar y se actualiza el plan en caso de haberse superado los niveles de tolerancia de la fase.
- g) Administración de los entregables: acuerdo y definición de requisitos de aceptación para los entregables, incluyendo contenido, coste, recursos, y fechas.
- h) Cierre: actividades de cierre del proyecto y asignación formal de este a los responsables de sus últimos detalles. Incluye la evaluación formal.



Fuente: [21]

**Figura 15: Procesos con enfoque de Gestión de Proyecto PRINCE 2**

En el próximo capítulo, se describe el diseño metodológico del presente trabajo, de forma de ilustrar la conexión entre la teoría de Gestión de Proyectos y el caso a analizar.

### **3 DISEÑO METODOLÓGICO**

De acuerdo a los estándares internacionales de gestión de proyectos, principalmente a PMBOK y FEL, los cuales están en línea a lo utilizado en los Proyectos Mineros en Chile, el objetivo es revisar el modelo de gestión utilizado en la Fase de Ejecución del proyecto OXE, para lo cual se define:

#### **3.1 Tipo de estudio o investigación**

El tipo de estudio o investigación de este trabajo es de tipo descriptivo, dado que se busca caracterizar, especificar, definir, y ver aplicabilidad de una metodología para la gestión de proyectos mineros, por parte de empresas mineras.

#### **3.2 Diseño de la investigación**

El diseño de la investigación, es no experimental transversal, pues se recopilarán datos e información disponibles en el momento del desarrollo del trabajo sobre el problema planteado.

#### **3.3 Método de investigación**

Para lograr los objetivos planteados, se realizan los siguientes pasos:

- a) Se analizará brevemente la historia y desarrollo de la gestión de proyectos, y el contexto de mercado en el cual se enmarca el Proyecto OXE.
- b) Se realizará una revisión documental de los lineamientos del PMBOK y FEL, como de otras metodologías de Gestión de Proyectos.
- c) Se analizará el modelo de gestión del Proyecto OXE, desglosándolo y describiéndolo de acuerdo al estándar de PMBOK y FEL, para luego realizar comparaciones y validar si cumple con ellos e indicar cuáles son sus ventajas y desventajas, definir conclusiones, como también proponer recomendaciones.

En el próximo capítulo, se desarrolla el análisis del modelo de Gestión de Proyectos utilizado por el Proyecto OXE.

## **4 DESARROLLO PROYECTO OXE Y SU MODELO DE GESTIÓN**

### **4.1 General**

Antofagasta Minerals, principal grupo minero privado de Chile, durante el año 2013 licitaba la ingeniería básica del Proyecto OXE, la cual tenía directrices de desarrollo de proyecto distintas a las tradicionalmente utilizadas en proyectos mineros en Chile, debido a que el Directorio de AMSA solicitaba que la Fase de Ejecución del Proyecto OXE, se realizara de forma distinta a un EPC/EPCM, de forma de garantizar los requerimientos de la compañía a mediano plazo. El liderazgo de desarrollo se encomendó a un equipo de proyectos interno, de manera que gestionara la fase de ingeniería básica o factibilidad, y las futuras fases del Proyecto.

El Proyecto OXE, principalmente se desarrolla en un Greenfield, pero debe interactuar en un Brownfield con dos operaciones en funcionamiento (Minera El Tesoro (Planta de Lixiviación para Óxidos), y Esperanza (Planta Concentradora para Sulfuros), actualmente Minera Centinela), para el procesamiento en la Planta SX-EW del área Óxidos de las soluciones ricas en Cobre generadas en OXE, como también la obtención de Energía Eléctrica y Agua de Mar desde el área de Sulfuros. Cabe recordar, que el objetivo principal de OXE es dar continuidad operacional a la operación de Minera Centinela en el área de Óxidos, debido a la disminución de mineral y producción en el corto plazo, para lo cual se proyecta la utilización de la capacidad disponible de la planta SX-EW, pero a su vez, permite facilitar el desarrollo de futuros proyectos en el Distrito Minero Centinela, dado que OXE es el Prestripping de Sulfuros Encuentro y permite rentabilizarlo.

En este contexto, una ventaja indirecta de la nueva estrategia de proyecto, pero muy relevante para la Fase de Factibilidad y Ejecución del Proyecto, era que al desarrollar y gestionar internamente esta etapa, permitiría generar relaciones directas (comunicación e información), constantes y de par a par entre el equipo de Proyecto OXE y la Operación de Minera Centinela, dado las interacciones en el Brownfield, lo que entregaría fluidez a su desarrollo y ejecución, al no ser a través de una empresa que fuese externa a AMSA. Este es un hecho relevante, dado que se deben integrar expectativas de Proyecto y de Operaciones, como a su vez consensuar y delinear las instalaciones y procesos finales, sin que tengan un impacto en la continuidad operacional.

Los objetivos del Proyecto OXE, se enmarcan en la ejecución y completitud del alcance definido, dentro de plazos y costos, cumpliendo los estándares y procedimientos corporativos, para lo cual se solicitó:

- Excelencia en resultados de seguridad (cero lesión, cero daño y sin fatales)
- Licencia para operar: gestión de permisos, plazos y relaciones con la comunidad
- Máxima sinergia con el Distrito Minero Centinela (Minera Centinela)
- Aprovechar las condiciones del mercado, enfocándose en calidad, plazo y costo
- CAPEX: identificar oportunidades de ahorro
- Gestión de Riesgos: implementar controles que permitan mitigar los riesgos a niveles aceptables para la aprobación de la fase de construcción
- Proyecto administrado por equipo del dueño



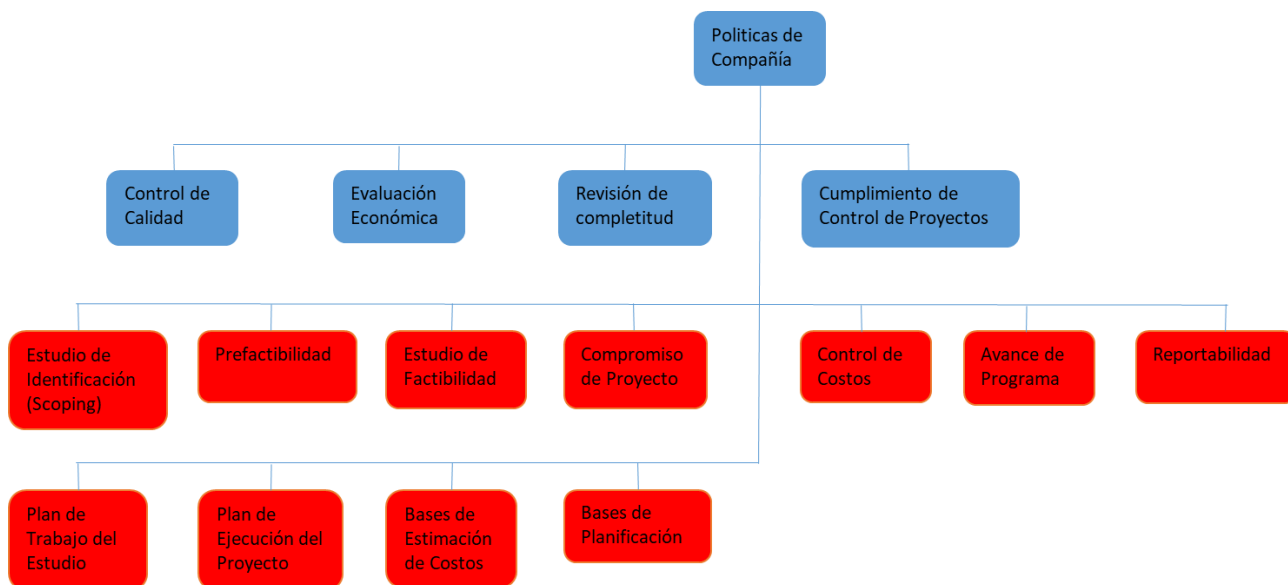
- Control de Proyecto: internalización del proceso de control, resultando en ahorros y know-how dentro de la Compañía

## 4.2 Sistema de Entrega de Activos o ADS

AMSA, posee una serie de estándares que definen los requerimientos mínimos de contenido, estructura y objetivos para el desarrollo de proyectos de inversión, de acuerdo a la importancia, magnitud de la inversión requerida. Estos estándares, están alineados al Sistema de Entrega de Activos o ADS de la Compañía.

El ADS de AMSA, es una metodología de desarrollo de proyectos de inversión, con un enfoque de fases de ejecución, y cada una de ellas con hitos de aprobaciones, de manera de mantener el proyecto en dentro de un estándar técnico y económico mínimo que garantice su éxito, al momento de entrar en operación, además de mantenerlo dentro de los plazos requeridos o encomendados. ADS, es una metodología que tiene similitudes a la metodología FEL y directrices del PMBOK, pero es complementada y ajustada a la realidad y experiencia previa de AMSA.

ADS es una metodología que enmarca y hace seguimiento a distintos aspectos de proyecto, de manera que sea una guía de requerimientos mínimos, además de ser complementada por otros documentos que entregan el marco legal y las políticas de la compañía. En Figura 16, se describe el organigrama general de Desarrollo de Proyectos de AMSA, y para cada uno de ellos, existen distintos documentos ADS que entregan los lineamientos, dependiendo el tipo de proyecto y la fase de ejecución en que se encuentre.



Fuente:[AMSA - Elaboración propia

**Figura 16: Organigrama Corporativo de Desarrollo de Proyectos AMSA**

Los distintos aspectos que engloba ADS, se pueden resumir en:

1. Recomendaciones de Proyecto
2. Lecciones aprendidas
3. Caso de Negocio y Sustentabilidad
4. Riesgo

5. Marco Legal y Permisos
6. Seguridad y Salud
7. Medio Ambiente
8. Comunidad y Relaciones Externas
9. Geología y Recursos
10. Minería y Reservas
11. Procesamiento de Mineral
12. Manejo de Desechos
13. Infraestructura y Servicios
14. Ejecución de Proyecto
15. Operaciones
16. Cierre y Rehabilitación
17. Recursos Humanos – Proyecto y Operaciones
18. Costos de Inversión
19. Costos de Operación
20. Marketing
21. Abastecimiento y Contratos
22. Evaluación Económica
23. Financiamiento
24. Estado de los Estudio
25. Plan de Trabajo de Etapas Siguietes
26. Control de Proyecto
27. Calidad
28. Análisis Económico o Financiero
29. Reportabilidad
30. Programación/Planificación
31. Stakeholders
32. Aprobación de Fases

Para cada uno de estos aspectos, ADS se enmarca en la realidad de la Compañía, los requerimientos y lineamientos mínimos requeridos en cada fase de desarrollo en que aplique, y con el nivel de profundidad requerido, indicando los entregables y actividades mínimos necesarios, los cuales pueden ser distintos de un proyecto a otro.

### **4.3 Procedimientos de Proyecto**

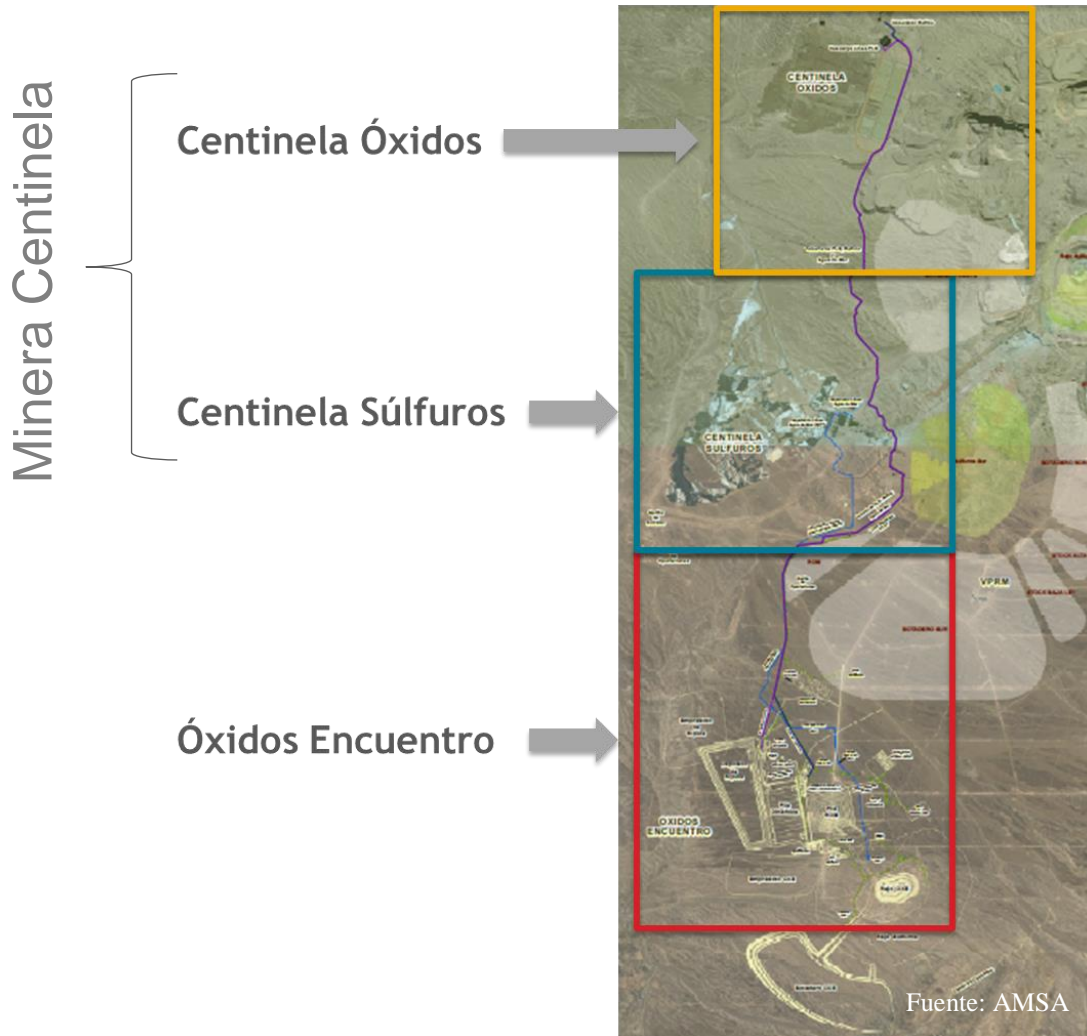
Hasta antes del Proyecto OXE, el desarrollo de ingenierías y ejecución de proyectos en AMSA, era desarrollado por una empresa contratista y gran parte de la gestión, también le correspondía a ellas, sin embargo, en este caso, se debía modificar esta realidad.

La metodología ADS está enfocada principalmente en las etapas de desarrollo de ingeniería y estudios, y no en la fase de ejecución de proyecto, que hasta antes de OXE era realizada a través de contratos tipo EPC o EPCM. Considerando esto, y desde la etapa de factibilidad o ingeniería básica, el Proyecto OXE y AMSA, tuvieron que desarrollar y/o adaptar los estándares de la Compañía, y en otros casos, convivir con los existentes. Varios de estos nuevos estándares, fueron almacenados en la página web de Abastecimientos de AMSA [1], y otros, de carácter confidencial o estratégico, solo fueron entregados a las empresas colaboradoras, enmarcados en contratos de confidencialidad.

Cabe recordar, que AMSA es una Compañía Minera, y no una compañía especialista de ejecución de proyectos, por lo cual, los procedimientos internos existentes, en su gran mayoría, no están alineados en la directriz y requerimientos de tiempos y adaptaciones necesarias en la ejecución de un proyecto, que sí tienen las compañías especialistas en EPC/EPCM.

#### 4.4 Áreas Físicas del Proyecto OXEC

El Proyecto OXE, se ubica aproximadamente a 33 km al este de la localidad y comuna de Sierra Gorda, Provincia y Región de Antofagasta, dentro del Distrito Minero Centinela. Aproximadamente, se ubica a 17 km al sur de Minera El Tesoro (Centinela Óxidos), y a 7 km al sur de Minera Esperanza (Centinela Sulfuros), tal como se observa en Figura 17.



**Figura 17: Imagen satelital ubicación Proyecto Óxidos Encuentro y sus áreas físicas**

El área de OXE, considera el Pit Encuentro, la planta de lixiviación (Pila Dinámica de 10 Mt/a, y Pila ROM (Inversión Diferida), de 10 Mt/a), para lo cual se proyectan las siguientes instalaciones: Mina, Chancado, Aglomeración, Transporte y Apilamiento de Mineral, Lixiviación, inicio del pipeline de solución PLS y Refino, Piscinas de Procesos (Agua de Mar, PLS, ILS, Refino), Depósito de Ripios, Planta RO, Subestación Eléctrica, Ácido Sulfúrico y Servicios a la Operación, Infraestructura General, Edificios y Caminos. Este detalle se observa en Figura 18.

El área de interacción con Centinela Sulfuros, considera el cruce del pipeline de solución PLS y Refino, como también el Tie-In con la Subestación Eléctrica existente, y el pipeline de agua de mar con su Tie-in con la tubería de agua de mar del SIAM. Este detalle se observa en Figura 19.



Figura 18: Detalle de Óxidos Encuentro

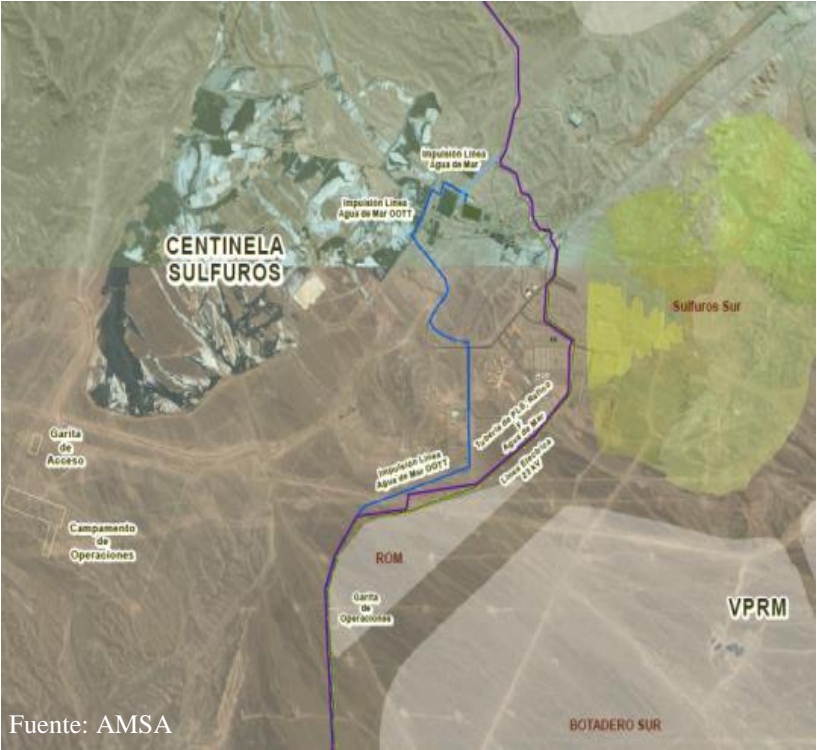
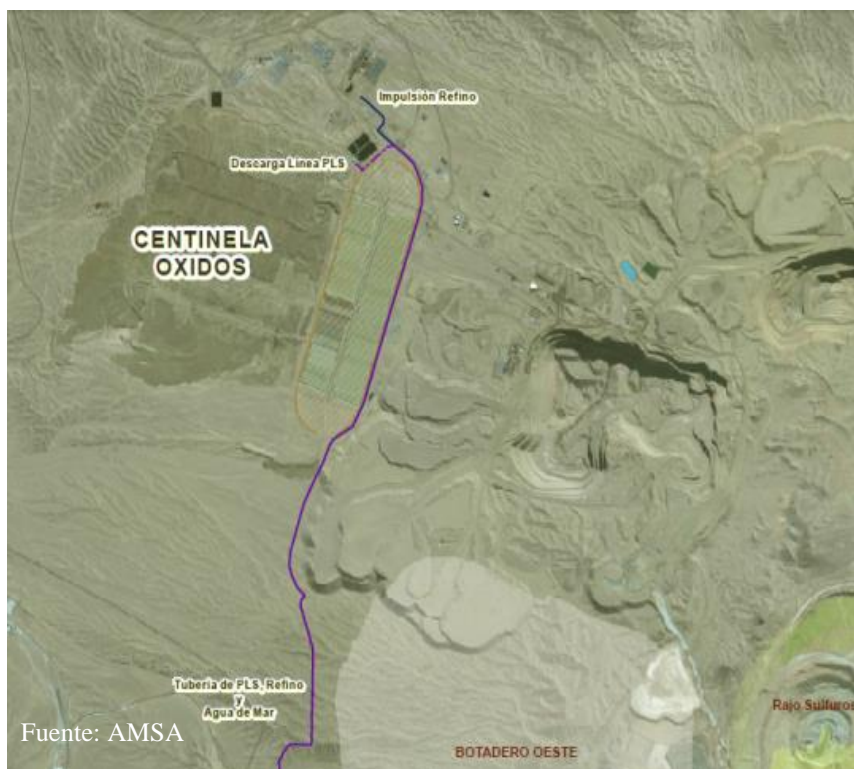


Figura 19: Detalle de Centinela Sulfuros

El área de interacción con Centinela Óxidos, considera el fin de del pipeline de solución PLS y el inicio del pipeline de solución de Refino, y lo más importante, la modificación y Tie-in de la Planta SX. Este detalle se observa en Figura 20. Figura 19



**Figura 20: Detalle de Centinela Óxidos**

#### **4.5 Interacción con Centinela y DMC**

El equipo de proyectos del mandante u Owner Team, desarrolló la interacción y coordinación con el equipo de operaciones de Centinela, como también coordinó los requerimientos de antecedentes e información de proyectos para las empresas contratistas que desarrollaron la ingeniería.

Adicionalmente, se realizaron encuentros entre Operaciones y Proyecto, en los “Talleres de 100 días”, en los cuales se abordaban y analizaban diversos asuntos relativos a los avances, plazos, interferencias, modificaciones u otros. Estos talleres, formaron parte de la Gestión del Cambio que requirió el Proyecto, dada la interacción entre una operación existente y una nueva.

La coordinación e interacción con Minera Centinela no fue fácil, dado que a las dificultades propias de la lejanía de la operación y el lugar donde se desarrollaba el proyecto (Sierra Gorda y Santiago, respectivamente), se sumaban los tiempos de respuestas y requerimientos operativos, propios de una faena en funcionamiento. Adicional a ello, durante el año 2014 a 2016, se desarrolló una reestructuración organizacional y fusión de Minera El Tesoro y Minera Esperanza, transformándose en primera instancia en Minera Centinela Óxidos y Sulfuros, respectivamente, para finalmente unificarse bajo una sola operación, Minera Centinela.

Esta reestructuración, implicó grandes desafíos, coordinaciones y cambios, debido a que implicó modificaciones organizacionales, como jerarquía, dependencias, personal, áreas, procedimientos, acreditaciones, estándares, entre otros, los cuales impactaron al Proyecto OXE, que estaba en

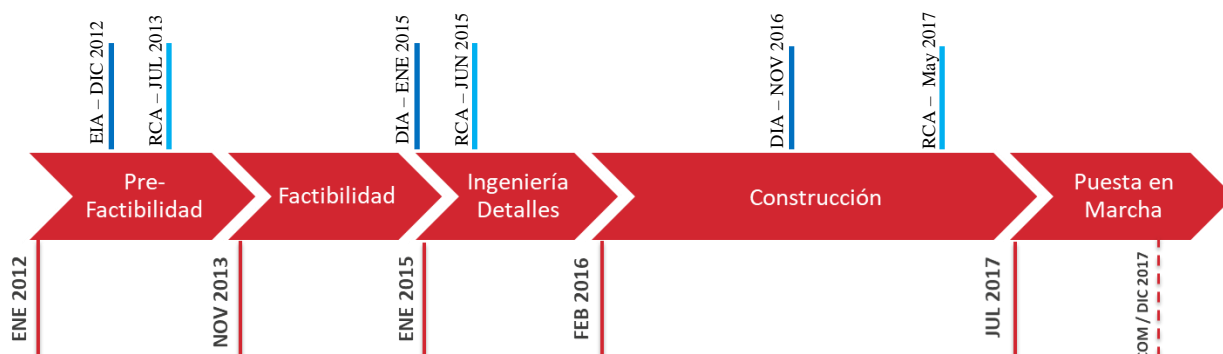
pleno desarrollo y ejecución. Ésta Gestión del Cambio, no fue sencilla e implicó re-trabajos en el proyecto, principalmente en procedimientos y estándares, a los cuales OXE tuvo que acoplarse y adaptarse.

El Proyecto OXE, como está inmerso en el Distrito Minero Centinela (DMC), en el cual AMSA posee varios prospectos y proyectos en fases preliminares para las próximas décadas, también tiene un organismo que resguarda los intereses corporativos, además, las áreas comunes, áreas reservadas, áreas protegidas, áreas públicas, y otros. El Owner Team, también debió gestionar y coordinar el proyecto con DMC, de manera de cumplir con los estándares corporativos y resguardar que se estuviera cumpliendo con el desarrollo distrital.

#### 4.6 Fases de Proyecto de Factibilidad y Previas

Un hito relevante y que marcó el desarrollo del Proyecto OXE, fue haber iniciado tempranamente el Estudio de Impacto Ambiental (EIA), en una fase de ingeniería temprana, en Pre-Factibilidad, y haberla presentado el 06 de diciembre de 2012, con lo cual pudo obtener su Resolución de Calificación Ambiental (RCA) N°0201/2013, con fecha 30 de julio de 2013. Con esto, la Ingeniería de Factibilidad se realizó dentro de un marco legal conocido, lo cual permitió un desarrollo más fluido y con definiciones, pero a su vez limitaba la posibilidad de hacer cambios o ajustes, sin tener que presentar una adenda al proyecto aprobado ambientalmente. Sin embargo, el proyecto realizó mejoras y optimizaciones, que no implicaban cambios en el proceso minero o de impacto al medio ambiente, por lo cual fue posible presentar estas mejoras a la autoridad durante la fase de ejecución (ingeniería de detalles y construcción), a través de tres Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA), de las cuales una fue desistida por OXE, y las otras dos, obtuvieron sus aprobaciones dentro de los plazos esperados.

En Figura 21, se observa cada una de las fases de proyecto y las fechas en las cuales se desarrollaron, pero también se incluyeron las fechas de presentación de EIA y DIA, con sus respectivas aprobaciones del SEA.



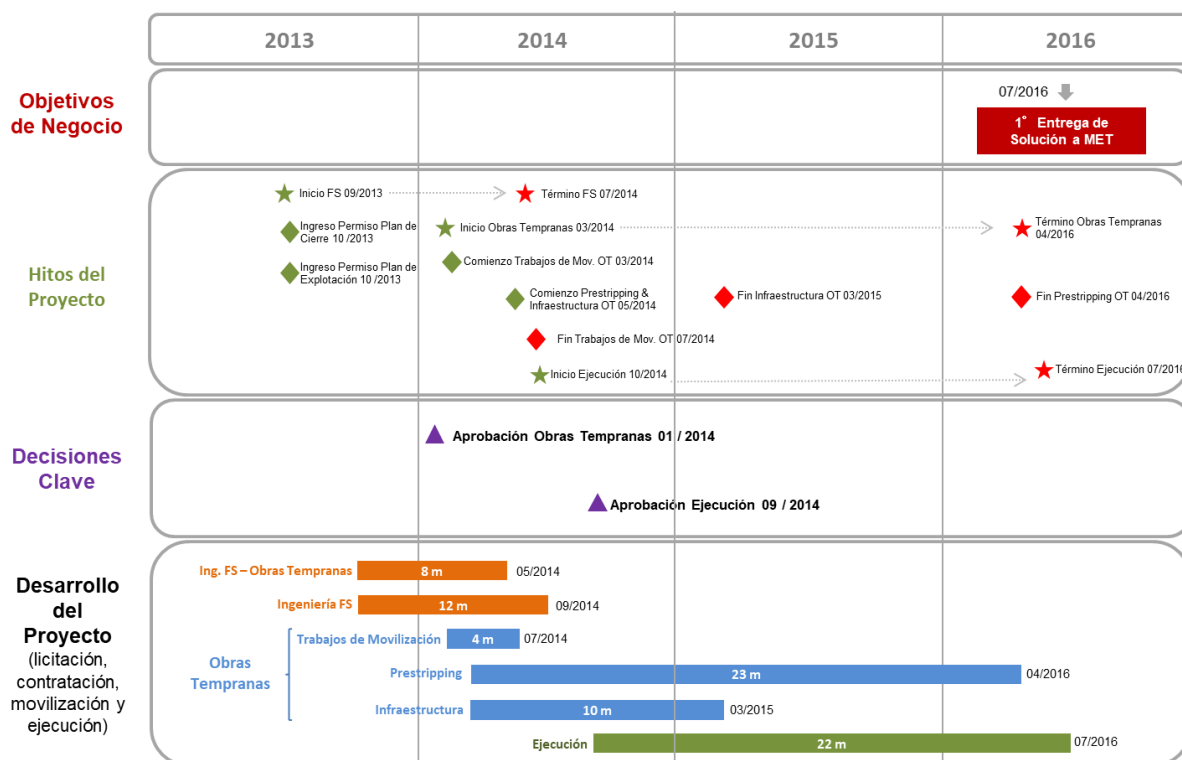
Fuente: [AMSA - Elaboración propia]

**Figura 21: Línea de Tiempo Proyecto OXE**

En Tabla 4-1 (ver sección 4.7.6), se presenta un resumen de los EIA y DIA presentados por el Proyecto OXE al Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), junto con información relevante, tales como, monto de inversión, fecha de presentación o ingreso, estado, región y tipo.

Como uno de los entregables y resultados relevantes de la Fase de Factibilidad, se encuentra la definición del Plan de Ejecución del Proyecto, el que al contar con RCA de Proyecto aprobado, facilitó la planificación, de acuerdo a los objetivos de Proyecto, las directrices de AMSA y

realidades de mercado, lo cual se ilustra en Figura 22 (incluye un análisis retrospectivo del proyecto), la cual difiere levemente a lo indicado en Figura 21, sobre todo en la Fase de Ejecución, lo cual será analizada en las próximas secciones. Como estrategia relevante, se destaca el inicio de obras tempranas en el año 2014, la Ingeniería de Factibilidad entre 2013 y 2014, y la fase de ejecución del proyecto desde el año 2014 hasta el 2016, con el objetivo de realizar la primera entrega de solución PLS a Minera Centinela en Julio de 2016.



Fuente: AMSA

**Figura 22: Fase de Factibilidad – Plan de Ejecución del Proyecto**

De acuerdo a las exigencias corporativas de ADS, el Proyecto OXE desarrolló y cumplió con las Fases de Identificación, Prefactibilidad, Factibilidad, y sus respectivas aprobaciones, previo a iniciar la fase de Ejecución (Ingeniería de Detalles, Procura o Abastecimientos, Construcción y Comisionamiento). Solo a modo comparativo y por la importancia de desarrollar las distintas fases de ingeniería, en Figura 23 se detallan los CAPEX (indicado en Dólar Proyecto, es decir, 1 USD=\$579,063 CLP), para las distintas fases de ADS, en las cuales se observan variaciones del CAPEX producto de la reducción de incertidumbre e incremento de precisión, debido al avance en la definición de Ingeniería.

FASE	Prefactibilidad		Factibilidad	Ejecución	
Desarrollo	Empresa de ingeniería 1	Ajuste interno AMSA	Empresas de Ingeniería y OXE	Empresas de Ingeniería y OXE	
CAPEX	USD 901,0 m	USD 755,5 m	USD 600,4 m	USD 593,4 m	USD 636,3 m

Fuente: AMSA

**Figura 23: Fases ADS Proyecto OXE y CAPEX**

Para destacar la importancia e influencia de la directriz del directorio de AMSA de realizar el Proyecto OXE de una forma distinta, en Figura 24 se desglosa la estrategia de desarrollo de Ingeniería de Factibilidad, la cual se paquetizó en cuatro áreas de interés principal, y luego se subdividió por áreas principales del Proyecto, considerando que las asignaciones de ingeniería no se adjudicaron a un solo contratista, sino que a distintas empresas y con apoyo del equipo de proyecto de OXE, como se indica a continuación:

- Planificación Mina, fue realizada en conjunto por OXE y por una empresa especialista en desarrollo minero
- La Ingeniería de Planta de Lixiviación e Interacción/Ajustes en Minera Centinela, se realizó en conjunto por OXE y dos empresas de ingeniería, donde la descarga del tambor de aglomeración fue el límite de baterías entre ambas
- Permisos y Sustentabilidad, fue abordado por OXE y una empresa especialista
- Mejoramiento de Calidad de Información, fue abordada por OXE y empresas especialistas en cada área, para completar estudios previos.

Una definición relevante de la Fase de Factibilidad, fue la definición final del WBS (Work Breakdown Structure – Estructura de Quiebre o Desglose de Trabajo), que se indica en Figura 25, el cual es muy relevante en el desarrollo de cualquier Proyecto, sobre todo cuando se está interactuando entre un proyecto Brownfield y Greenfield, dado que permite definir áreas operativas y de construcción.





**Figura 24: Fase de Factibilidad – Estrategia de Desarrollo de Ingeniería Paquetizada**

Nivel 1		Nivel 2	
Código	Descripción	Código	Descripción
3000	Encuentro	3100	Mina
		3200	Chancado
		3300	Agglomeración y Transporte de Mineral
		3400	Lixiviación
		3700	Suministro Eléctrico
		3750	Automatización y Control
		3800	Suministro de Agua, Reactivos y Servicios
		3900	Infraestructura, Edificios y Caminos
1000	MET	1400	Lixiviación
		1500	Extracción por Solventes
		1700	Suministro Eléctrico
		1750	Automatización y Control
		1900	Infraestructura, Edificios y Caminos
2000	Esperanza	2400	Lixiviación
		2700	Suministro Eléctrico
		2800	Suministro de Agua, Reactivos y Servicios

Fuente: AMSA

**Figura 25: WBS Proyecto OXE**

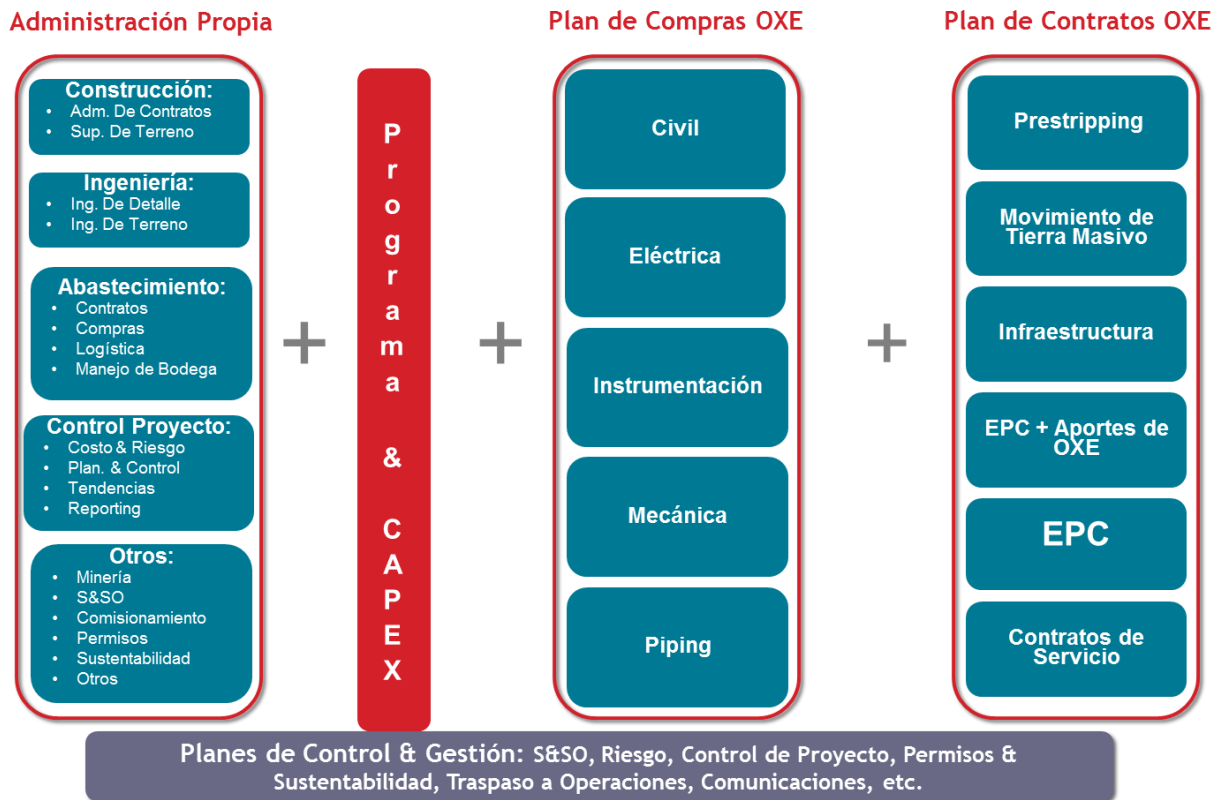
## 4.7 Fase de Ejecución

De acuerdo a las exigencias corporativas de ADS, el Proyecto OXE cumplió con la Fase de Factibilidad y sus respectivas aprobaciones, previo a iniciar la fase de Ejecución (Ingeniería de Detalles, Procura o Abastecimientos, Construcción y Comisionamiento).

A continuación, se detallarán las principales áreas de conocimiento e información relevante de la Fase de Ejecución del Proyecto OXE.

#### 4.7.1 Estrategia de Ejecución

La estrategia de ejecución del proyecto, se focalizó sus esfuerzos de las áreas de conocimiento, concentrándolas en cinco grupos principales, para lograr los objetivos y alcance, de acuerdo los grupos indicado en Figura 26. Adicional a ello, OXE definió que desarrollaría algunas labores y otras serian desarrolladas por empresas colaboradoras y contratistas. A continuación, se realiza un desglose y análisis de cada una.



Fuente: AMSA

**Figura 26: Fase de Ejecución – Estrategia de Ejecución del Proyecto**

- **Administración Propia:**
  - **Construcción:** Se focalizaron en la administración de contratos, su supervisión y correcta ejecución en terreno
  - **Ingeniería:** Realizaron la supervisión del desarrollo y calidad de ingeniería de detalle requeridas en todas sus especialidades y ejecutadas por empresas de ingeniería especializadas (se asignó al igual que en Fase de Factibilidad, paquetes de áreas o instalaciones a distintas empresas colaboradoras, pero se subdividió en más empresas que en Factibilidad), además de su integración y verificación de los límites de batería. También, se hizo cargo de la ejecución de la ingeniería de terreno requerida, con soporte de empresas colaboradoras en terreno (distintas a las que realizaron la ingeniería de detalles)

- Abastecimiento: Realizó las labores de Contratos, Compras, Logística, Manejo de Bodega, las cuales fueron ejecutadas principalmente por empresas colaboradoras, con la supervisión directa del Owner Team
  - Control Proyecto: Las actividades de Costos & Riesgos, Planificación & Control, Tendencias y Reportabilidad, fueron ejecutadas principalmente por el equipo de OXE, con soporte de empresas colaboradoras.
  - Otros: El equipo del dueño, gestionó con apoyo de empresas colaboradoras, las siguientes áreas:
    - Minería
    - Salud y Seguridad Ocupacional (SSO)
    - Comisionamiento
    - Permisos
    - Sustentabilidad
- Programa & CAPEX: Controlar los plazos y costos del proyectos, fue una directriz y criterio basal para el desarrollo del Proyecto, lo cual en la Fase de ejecución, se realizó minuciosamente. Fue desarrollado por el equipo del dueño y empresas colaboradoras.
  - Plan de Compras: El plan de compras, se dividió por áreas, y se programó de acuerdo a los requerimientos de proyectos, de manera de evitar tiempos de bodegaje. Se dividió en cinco áreas principales:
    - Compras área Obras Civiles
    - Compras área Eléctrica
    - Compras área Instrumentación
    - Compras área Mecánica
    - Compras área Piping
 Fue desarrollado por el equipo del dueño y empresas colaboradoras.
  - Plan de Contratos: El plan de contratos, se dividió en las obras principales requeridas por el proyecto, y se priorizó de acuerdo a la planificación de proyecto, de manera de cumplir con los plazos comprometidos. Se dividió en seis contratos principales:
    - Contrato Prestripping
    - Contrato Movimiento de Tierra Masivo
    - Contrato Infraestructura
    - Contrato EPC + Aportes OXE
    - Contrato EPC
    - Contrato de Servicios
 Fue desarrollado por el equipo del dueño y empresas colaboradoras.
  - Planes de Control y Gestión: Para toda la fase de ejecución, se diseñaron planes de control, seguimiento y acción en las siguientes áreas:
    - Salud y Seguridad Ocupacional (SSO)
    - Riesgo
    - Control de Proyecto
    - Permisos y Sustentabilidad
    - Traspaso a Operaciones
    - Comunicaciones
    - Otros

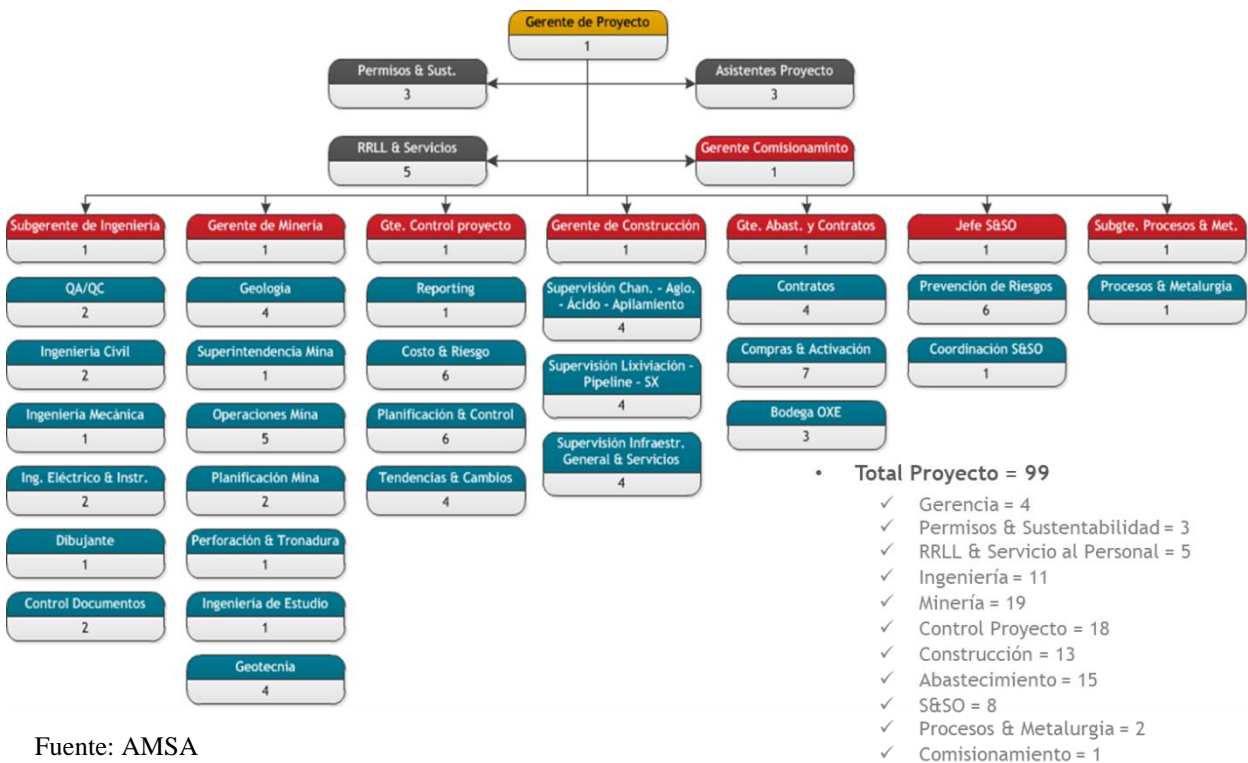
Fue desarrollado por el equipo del dueño y empresas colaboradoras.

#### 4.7.2 Organización y Organigrama

Como se indicó en la sección previa, el equipo de proyectos de OXE (Owner Team), estuvo a cargo de la administración y gestión de todo el proyecto, con el apoyo de empresas colaboradoras y contratistas, y como parte de la estrategia de contratos, algunas áreas o infraestructuras específicas, fueron desarrolladas bajo contratos EPC o asignadas en su ejecución a una empresa reconocida, de forma de optimizar el desarrollo del proyecto.

Para hacer frente al proyecto, se diseñó un organigrama inicial del Owner Team, el cual se ilustra en Figura 27. Esta organización, consideraba un equipo de 99 personas para todo el proyecto, tanto en faena como en oficinas corporativas en Santiago.

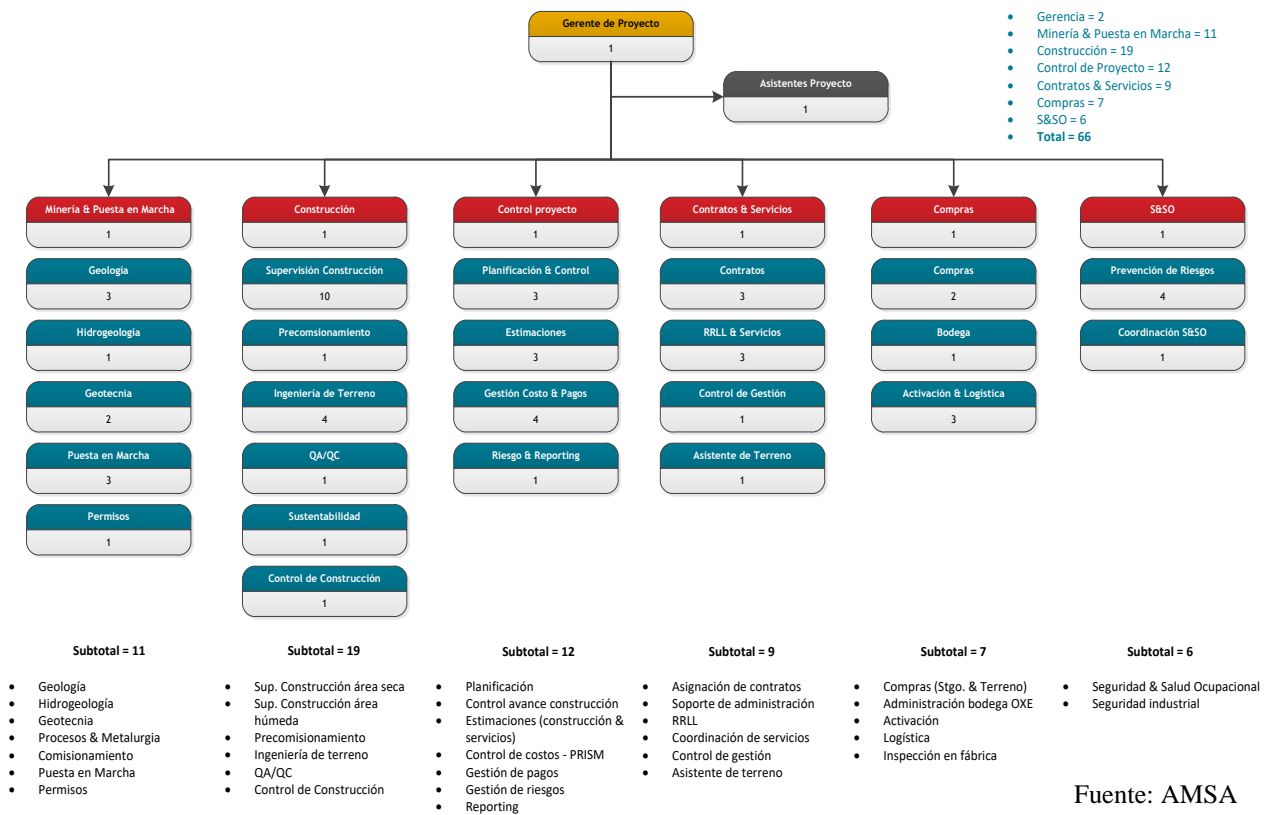
Como se indicó en las secciones previas, el proyecto fue organizado por áreas y/o contratos específicos, los cuales brindaron soporte o desarrollaron infraestructura completa en forma autónoma. Ejemplo de ello, es el contrato de Prestripping, el cual fue asignado a una empresa contratista, externalizando su ejecución y liberando recursos del proyecto para asignarlo a otras funciones.



Fuente: AMSA

**Figura 27: Fase de Ejecución – Organigrama inicial - Owner Team**

De acuerdo a lo que se detallará en sección 4.7.3, el proyecto consideró una ralentización, por lo cual también se requirió ajustar el Owner Team, de 99 a 66 personas, para todo el proyecto, tanto en faena como en oficinas corporativas en Santiago. Este ajuste de organigrama, se ilustra en Figura 28. Este ajuste se ejecutó para poder reducir costos a través de renegociaciones de contratos, y dar mayor holgura a los plazos de ejecución de las obras principales, y se originó principalmente, debido a cambios en el mercado del cobre (baja de precio y de demanda a nivel mundial), pero no se detuvo la construcción del proyecto, se mantuvo a contra ciclo.



Fuente: AMSA

**Figura 28: Fase de Ejecución – Organigrama post Ralentización de Proyecto - Owner Team**

#### 4.7.2.1 Subdivisión e Integración de Ingenierías y EPC del Proyecto OXE

La Ingeniería de Detalles del Proyecto, fue paquetizada y asignada a cinco compañías de ingeniería distintas, de manera de segregar y focalizar el diseño en áreas específicas, a pesar de que aumentaron los límites de batería.

Adicional a ello, como parte de la estrategia de proyecto, se asignaron algunos EPC, de manera de agilizar el desarrollo de la ingeniería de detalles y la ejecución de algunas áreas específicas o equipos, como lo fue el montaje, precomisionamiento y comisionamiento del Sistema Mecanizado de Apilamiento de la Pila Dinámica o el Sistema Supresor de Polvo de Chancador Primario.

Con estas decisiones, se incrementaron los límites de baterías, y la necesidad de integrar y acoplar ingenierías realizadas por distintas empresas, para entregárselas a la empresa ejecutora. Esta labor de integración, la asumió el Owner Team, con apoyo de empresas colaboradoras y subcontratos específicos.

#### 4.7.2.2 Abastecimiento (Procurement)

El área de Abastecimiento, fue un equipo compuesto entre personal del Owner Team y empresas colaboradoras, quienes tuvieron la responsabilidad de gestionar todas las compras y contratos del proyecto, tanto en faena como en oficinas corporativas de Santiago.

Esta área, fue una de las más complejas de desarrollar, debido a que AMSA es una Compañía Minera y no una ejecutora de proyectos, y está regida por estándares y regulaciones nacionales e internacionales, que debieron afrontarse como proyecto y adaptarse a ellas, además de generar procedimientos internos que permitieran la alineación.

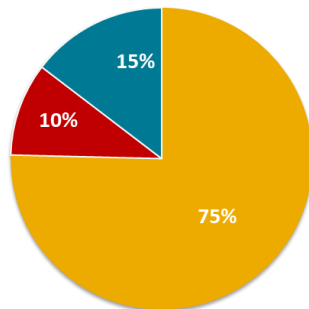
La magnitud de contratos, órdenes de servicios y órdenes de compra del proyecto, se detallan en Figura 29 y Figura 30, destacando que existieron 130 Contratos, 416 órdenes de servicio y 548 órdenes de compra, las cuales aún se encuentran en distintos estatus (cerradas, en proceso de cierre y en ejecución).

### Contratos

Descripción	Cantidad
Cerrados	98
En Proceso de Cierre	13
En Ejecución	19
<b>Total Contratos</b>	<b>130</b>

#### Estatus de Contratos

■ Cerradas ■ En Proceso de Cierre ■ En Ejecución

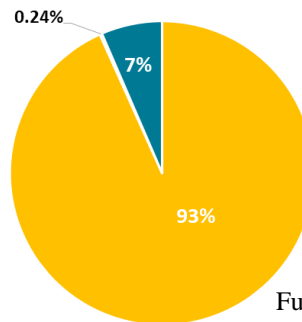


### OST's

Descripción	Cantidad
Cerrados	389
En Proceso de Cierre	1
En Ejecución	27
<b>Total Contratos</b>	<b>416</b>

#### Estatus de OST's

■ Cerrados ■ En Proceso de Cierre ■ En Ejecución



Fuente: AMSA

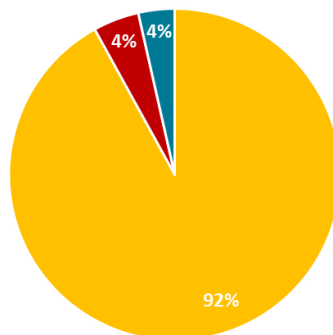
**Figura 29: Contratos y Órdenes de Servicio – Proyecto OXE**

### Órdenes de Compra Terreno

Descripción	Cantidad
Cerradas	390
En Proceso de Cierre	19
En Ejecución	15
<b>Total Contratos</b>	<b>424</b>

#### Estatus de OC's Terreno

■ Cerradas ■ Proceso de Cierre ■ En Ejecución

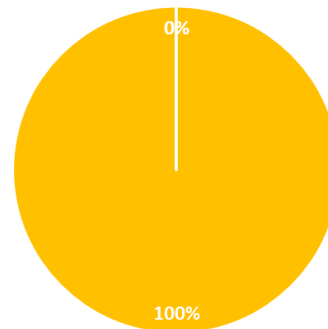


### Órdenes de Compra Santiago

Descripción	Cantidad
Cerrados	124
En Proceso de Cierre	0
Eliminadas	0
<b>Total Contratos</b>	<b>124</b>

#### Órdenes de Compra Santiago

■ Cerrados ■ En Proceso de Cierre ■ Eliminadas



Fuente: AMSA

**Figura 30: Órdenes de Compra – Proyecto OXE**

### **4.7.2.3 Construcción**

Al área de construcción, le correspondió la administración de contratos, su supervisión y correcta ejecución en terreno, lo cual en una primera instancia se subdividió en 3 áreas:

- Chancado, Aglomeración, Ácido y Apilamiento (Encuentro)
- Lixiviación, Pipeline y SX (Encuentro y Centinela Óxidos-Sulfuros)
- Infraestructura General y Servicios (Encuentro y Centinela Óxidos-Sulfuros)

Esta organización o quiebre, se tuvo que ajustar durante la ejecución de las obras, debido a que alguna de ellas dentro de las subdivisiones generadas, eran faenas disímiles, con desafíos y características distintas y en alguno de los casos, muy específicas. En cada una de ellas, se asignó a un “Gerente o Encargado de Área”, quienes reportaban al Gerente de Construcción, de manera de poder gestionar los requerimientos específicos, en zonas alejadas hasta por 17 km del centro de operación del proyecto en faena.

El equipo de construcción, fue soportado por el de ingeniería y por empresas colaboradoras, quienes tenían la misión de supervisar la correcta ejecución de las obras, solucionar cualquier asunto constructivo o de proyecto.

### **4.7.2.4 Precomisionamiento**

El precomisionamiento de los sistemas del proyecto OXE, estuvo a cargo del equipo del dueño, con soporte de empresas colaboradoras.

El proyecto, debió generar procedimientos específicos para realizar esta etapa de proyecto, los cuales no existían al interior de la organización.

Debido a que la ejecución de todas las obras del proyecto no se encontraron finalizadas en el mismo periodo de tiempo, esta etapa debió ser ejecutada en forma parcial por sistemas o subsistemas, de forma de dar avance e ir levantando las observaciones y hallazgos, previo a que todo el proyecto estuviese preparado para entrar en funcionamiento.

### **4.7.2.5 Comisionamiento**

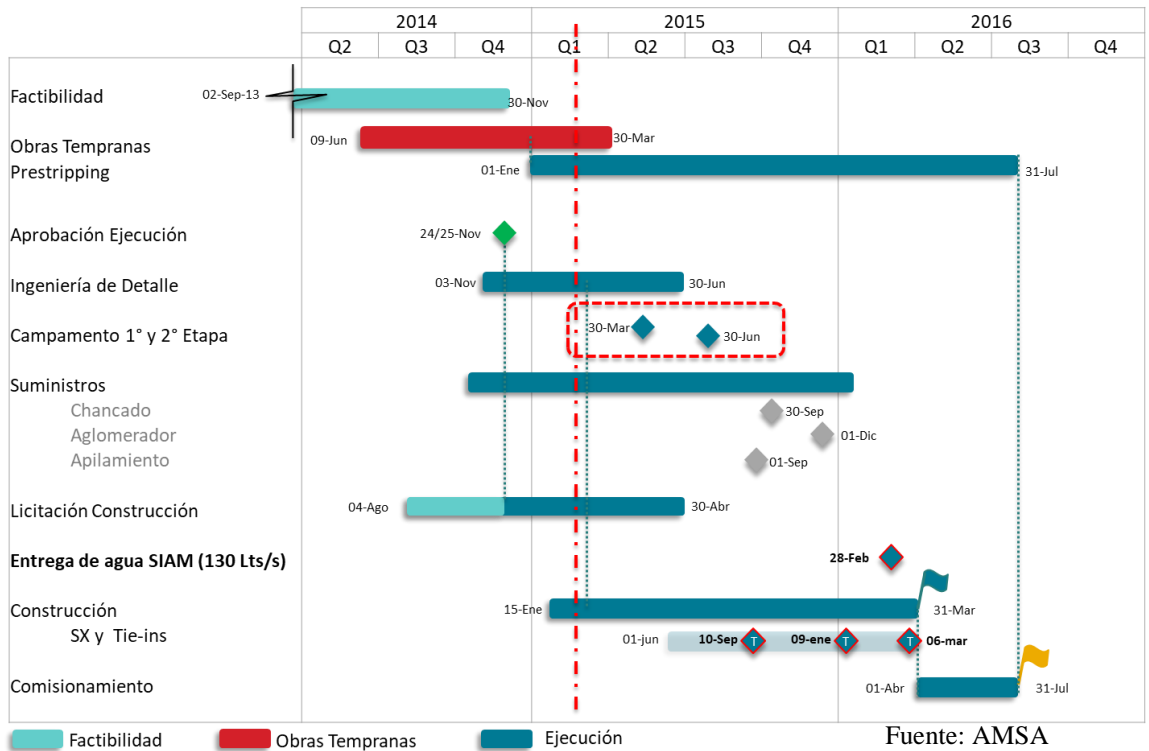
Al igual que en la etapa de precomisionamiento, esta etapa del proyecto estuvo a cargo del equipo del dueño, con soporte de empresas colaboradoras.

El proyecto, debió generar procedimientos específicos para realizar esta etapa, los cuales no existían al interior de la organización.

Una vez ejecutado el precomisionamiento completo de los distintos sistemas que conformaban el proyecto, se pudo proceder a ejecutar esta última etapa, previo a la Puesta en Marcha y entrega a Operaciones. Ver detalles en sección 4.7.3.

## **4.7.3 Programa y Planificación del Proyecto**

La programación y Planificación del Proyecto OXE, se inició rigurosamente con la Estrategia de la etapa de Factibilidad, en donde se definió el Plan de Ejecución del Proyecto, de manera de lograr el principal Hito, que era entregar solución PLS a Minera Centinela en Septiembre de 2016, lo cual se encuentra ilustrado en Figura 31.



**Figura 31: Fase de Ejecución – Programa Maestro (Febrero 2015)**

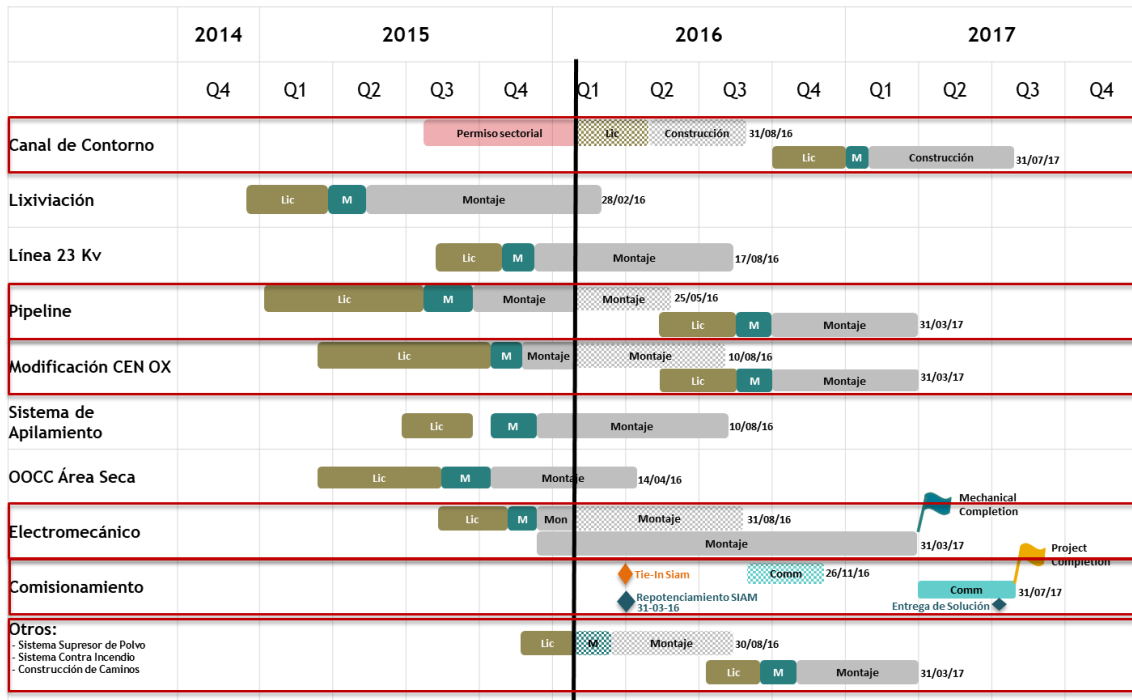
El cambio en las condiciones de Mercado, principalmente marcado por la baja considerable en el precio del Cobre durante el año 2015, sumado a un ajuste y optimización que se realizó en el área de Chancado, implicó que la planificación inicial se retrasase casi 12 meses, pero también se dio la coyuntura de ralentizar el proyecto, lo cual permitió renegociar contratos de construcción, debido a la mejor oferta de precios que ofrecía el mercado y permitió reducir riesgos de asignación de obras o áreas, que se encontraban a cargo de un solo contratista. La suma de todo lo anterior, llevó al Proyecto OXE a presentar una ralentización al Directorio de AMSA, lo cual fue aprobado. Esto implicó un ajuste de los plazos y costos del proyecto, los cuales eran beneficiosos para AMSA, aunque fue un incremento de plazo, compensaban el escenario de atrasarse respecto a la línea base original.

El caso más relevante de esta reprogramación, corresponde al cambio de equipos en el área de chancado, lo cual significó una modificación de plazo de 4 meses. La alternativa de cambiar el proveedor de los equipos de Chancado TRIO SPRINTEK que provenían de la PFS por equipos METSO, en la etapa de Factibilidad, fue producto de la buena oferta técnico-comercial que presentaron, debido a una condición de mercado de baja demanda de equipos mineros, lo cual supo capitalizar adecuadamente OXE.

Con esta directriz, se reprogramó el proyecto, y se cancelaron, se ajustaron y renegociaron contratos, y otros fueron aplazados. Además, se pospuso la entrega de PLS a Minera Centinela hasta el Junio de 2017, lo cual daba plazo adicional a una de las faenas más complejas de ejecutar, la modificación y Tie-ins en la Planta SX de Centinela. Esta modificación de ralentización, puede observarse en Figura 32, y la nueva línea base en Figura 33.

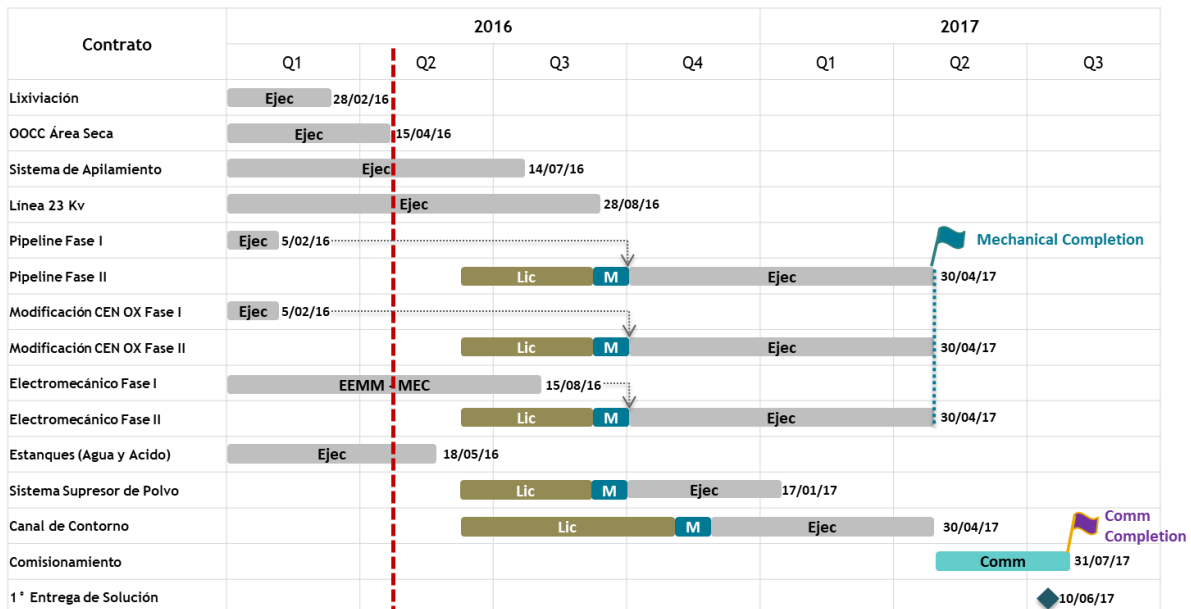


El plazo original del proyecto, para su etapa de ejecución era de aproximadamente 24 meses, con la ralentización, se extendió a aproximadamente 35 meses, y se alcanzó el objetivo de entregar solución PLS a Minera Centinela en Septiembre de 2017, con lo cual se tuvo un retraso aproximado de 2 meses, llegando a 38 meses de fase de ejecución.



Fuente: AMSA

Figura 32: Fase de Ejecución – Programa Ralentizado (Enero 2016)

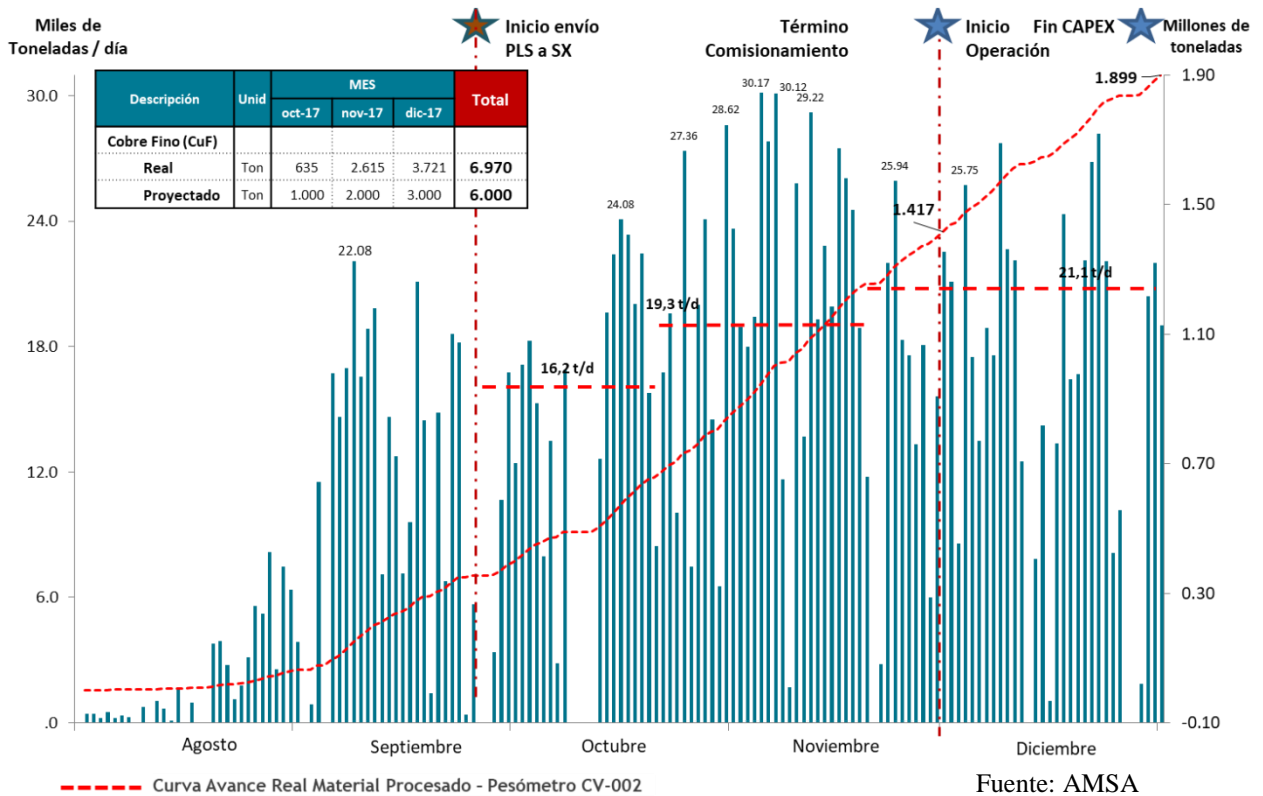


Fuente: AMSA

Figura 33: Fase de Ejecución – Nueva Línea Base (Abril 2016)

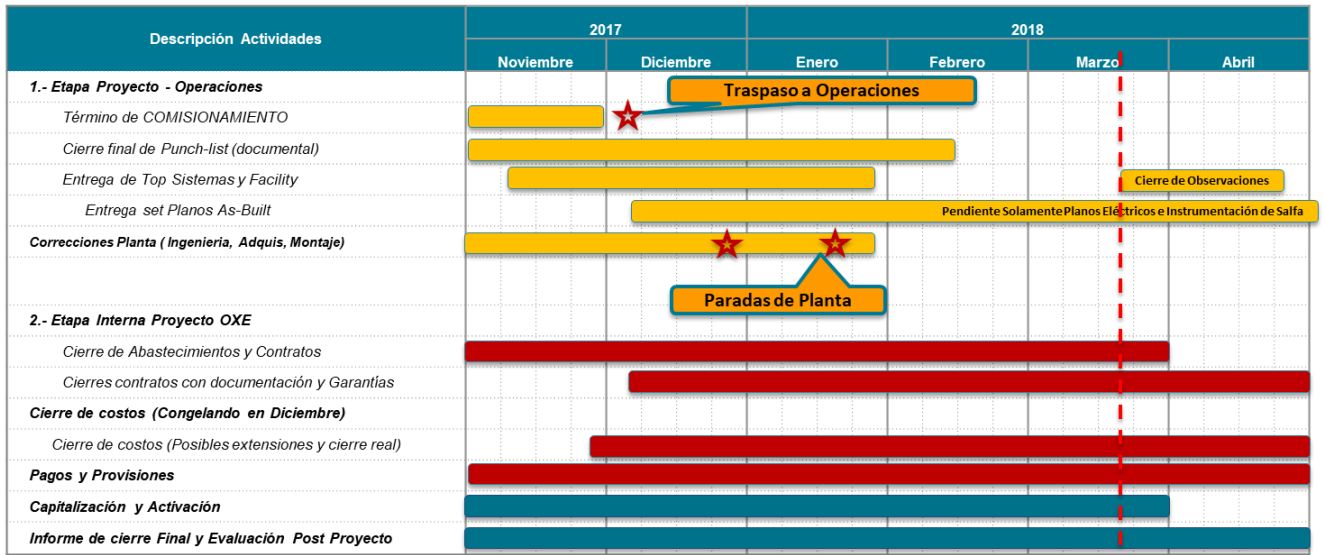
## Cierre de Proyecto

El cierre de un proyecto, no es una tarea fácil. En el caso de OXE, comenzó a entregar solución PLS a Minera Centinela en septiembre de 2017, cumpliendo un objetivo clave del proyecto, pero el Comisionamiento de todas las áreas no había finalizado (se encontraba al 70%). Se encontraba completo en las áreas de la planta de chancado y apilamiento del Heap de lixiviación, pero faltaba el comisionamiento de la modificación de la planta SX de Centinela. Se traspasó provisionalmente a operaciones de Minera Centinela el 1 de diciembre de 2017 (se considera como la fecha de inicio de operaciones), y se dio inicio a la Etapa de Ramp Up de producción. En ese instante del proyecto, se había procesado 1,34 Mton de material, superando la meta de 1,28 Mton. El traspaso final a operaciones, se realizó a finales de enero de 2018. En Figura 34, se ilustra el avance de producción desde el primer envío de solución PLS en Septiembre de 2017



**Figura 34: Programa de Comisionamiento Proyecto OXE**

Como se observa en Figura 35, a mediados de marzo de 2018, se puede indicar que la fase de ejecución alcanzó un total de 40 meses, en vez de los 38 meses indicados previamente. Durante los primeros meses de 2018, se realizaron Paradas de Planta, para realizar ajustes y correcciones atribuibles al proyecto, pero también se inició el cierre administrativo de proyecto, asociados a informes, planos, contratos, costos, entre otros.



Fuente: AMSA

**Figura 35: Programa General de Cierre Proyecto OXE**

#### 4.7.4 Costos

Al igual que los plazos, los costos del proyecto fueron analizados y continuamente monitoreados, lo cual implicó revisiones y optimizaciones desde la etapa de Factibilidad, de forma de poder introducir ahorros a la inversión. Enfocándonos en la etapa de Ejecución, y de acuerdo a lo indicado en el capítulo anterior, existió una modificación de plazos de proyecto, por un ajuste en la estrategia de desarrollo, lo que trajo consigo un ajuste en el valor autorizado por AMSA. Este cambio de aproximadamente 7%, sobre el monto previamente aprobado, se encuentra dentro de los márgenes tolerables por cualquier proyecto de inversión.

Es muy importante destacar, que el proyecto durante todas sus fases, fue estimado y utilizado con un tipo de cambio denominado Dólar Proyecto de 1 USD = \$579,063 CLP, el cual al final de proyecto tuvo que ajustarse según el tipo de cambio real, el cual aproximadamente correspondió a 1 USD = \$612,08 CLP. Como se observa en Figura 36, la línea de CAPEX, muestra la evolución y cambios que tuvo durante el proyecto en sus distintas Fases, en las cuales se produjeron ajustes producto de la reducción de incertidumbre e incremento de precisión, debido al avance en la definición de Ingeniería, como también del cambio de oferta y demanda en la disponibilidad de equipos y en empresas contratistas.



Fuente: AMSA -  
Elaboración propia

**Figura 36: Fases Proyecto OXE y CAPEX**

En Figura 37, se puede observar el desglose de costos del proyecto en distintas partidas Ingeniería (Engineering), Abastecimiento (Procurement), Construcción (Construction), Costos del Dueño (Owner Cost), Contingencia (Contingency), Gestión del Gasto (PEM), Total (Grand Total), Corrección Monetaria (FOREX), los cuales se dividen en Presupuesto (Budget), Compromisos (Commitment), Costos Acumulados (Accrued Cost) y Previsión de Costos (Forecast Cost). Es relevante indicar, que AMSA, aprobó en Agosto de 2017 un máximo EAC de 670 MUSD, por lo cual, el costo de proyecto esperado a término en moneda real, es de 601,98 MUSD, encontrándose dentro del presupuesto aprobado y con una holgura aproximada de 68 MUSD.

CONTROL DE PRESUPUESTO x1.000 USD	PRESUPUESTO			APROBADO		COSTOS INCURRIDOS		COSTOS PROYECTADOS	
	Presupuesto Línea Base	Alcance C.O. & Transferen.	Control de Presupuesto	Actual	ETC	Periodo	Al día de hoy	EAC	Variación
	(a)	(b)	(c=a+b)	(d)	(e)			(f=d+e)	(g=f-c)
INGENIERÍA	10.996	4.368	15.364	16.748	-	39	16.871	16.748	1.384
ADQUISICIONES	144.688	-23.102	121.587	123.452	9	178	123.229	123.461	1.874
CONSTRUCCIÓN	309.404	39.646	349.050	386.239	-600	-379	386.143	385.639	36.589
COSTOS DEL DUEÑO	73.529	7.031	80.561	86.461	1.337	651	84.987	87.798	7.237
CONTINGENCIA	61.667	-49.037	12.630	-	-	-	-	-	-12.630
PEM	-	50.116	50.116	47.876	258	576	45.659	48.134	-1.982
<b>Total General (USD Proy)</b>	<b>600.286</b>	<b>29.021</b>	<b>629.307</b>	<b>660.776</b>	<b>1.004</b>	<b>1.064</b>	<b>656.889</b>	<b>661.780</b>	<b>32.472</b>
Ajuste Tipo de Cambio	-	-	-	-	-	-40	-59.078	-59.800	
<b>Total General (KUSD SAP)</b>	<b>600.286</b>	<b>29.021</b>	<b>629.307</b>	<b>660.776</b>	<b>1.948</b>	<b>1.024</b>	<b>597.812</b>	<b>601.980</b>	

Fuente: AMSA – Adaptación propia

**Figura 37: Costos Proyectos OXE – Cierre a Febrero 2018**

#### 4.7.5 Calidad

La Calidad del Proyecto, estuvo a cargo del Owner Team, quienes velaron y exigieron que las Ingenierías y Procesos Constructivos, fueran ejecutados correctamente por las empresas colaboradoras y contratistas, de acuerdo a los estándares del Proyecto y a las buenas prácticas.

Como se observa en los organigramas de Figura 27 y Figura 28, la función de desarrollar o complementar procedimientos de QA/QC corporativos de AMSA o específicos de OXE, lo ejecutaban dos personas previo a la ralentización del proyecto, pero solo una persona finalizó esta labor en el resto del proyecto.

Como parte de los procesos de calidad establecidos, durante el transcurso del proyecto se realizaron Auditorías Corporativas Internas para verificar la correcta ejecución de los procesos, tanto en el área técnica, financiera y de gestión. Producto de los hallazgos identificados, se desarrollaron actividades de coaching, mentoring y capacitaciones, para mejorar la gestión.

Aunque se indicó en Sección 4.5, los encuentros entre Operaciones y Proyecto en los “Talleres de 100 días”, es parte del proceso de calidad del proyecto, dado que se abordaron y analizaron diversos asuntos relativos a los avances, plazos, interferencias, modificaciones u otros, cuyo objetivo era la correcta ejecución y calidad del producto final.

#### 4.7.6 Licencia para Operar (Permisos y Comunidades)

La “Licencia para Operar una faena minera”, hoy en día es un desafío mayor, dado que la legislación vigente y el empoderamiento de las comunidades en relación a los efectos que provoca en el entorno una minera, requieren de un esfuerzo y dedicación especial.

En línea a las nuevas exigencias del país, el área de Permisos, desarrolló una labor preponderante, dado que ante la existencia de la RCA N°0201/2013, con fecha 30 de julio de 2013, que fue gestionada con ingenierías tempranas (Pre Factibilidad). Con esta definición disponible desde la etapa Factibilidad en adelante, surgieron optimizaciones y ajustes importantes en el Proyecto, los que fueron canalizados a través de ésta área, quienes gestionaron los cambios a través de tres DIA de modificación de proyecto original (EIA y RCA N°0201/2013), de las cuales una se desistió, y finalizaron exitosamente las dos presentadas con sus respectivas RCA aprobadas:

- Primera Optimización Proyecto OXE, con RCA N°0256/2015, con fecha 24 de junio de 2015
- Segunda Optimización Proyecto OXE, con RCA N°0187/2017, con fecha 22 de mayo de 2017

Este trabajo, no solo se enfocó en los cambios de proyecto, sino que también cómo estos fueron gestados con las comunidades y las autoridades, como una modificación que mejora al proyecto original, lo cual permitió una rápida obtención de sus RCA. En Tabla 4-1, se observan los DIA y EIA presentados por el Proyecto OXE.

N°	Nombre	Tipo	Región	Tipología	Titular	Inversión (MMU\$)	Fecha Presentación Fecha de Ingreso(*)	Estado
1	<a href="#">Segunda Optimización Proyecto Óxidos Encuentro</a>	DIA	Segunda	i1	Minera Centinela	14,5000	29/11/2016	Aprobado
2	<a href="#">Segunda Optimización Proyecto Óxidos Encuentro</a>	DIA	Segunda	i1	Minera Centinela	14,5000	11/11/2016	Desistido
3	<a href="#">Optimización Proyecto Óxidos Encuentro</a>	DIA	Segunda	i1	Minera Centinela	80,0000	16/01/2015	Aprobado
4	<a href="#">Proyecto Óxidos Encuentro</a>	EIA	Segunda	i4	Minera Centinela	600,0000	06/12/2012	Aprobado

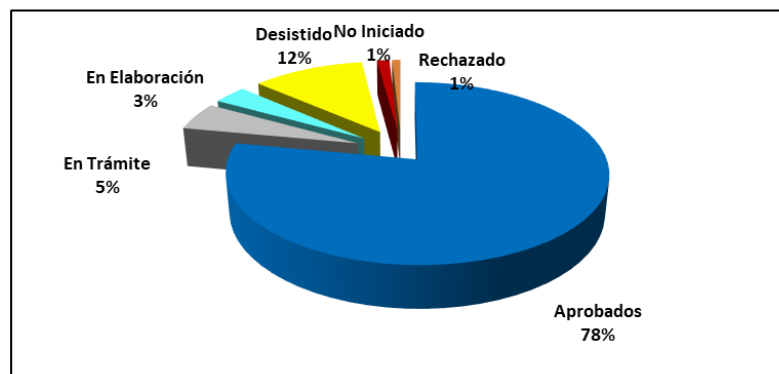
Fuente: SEA

**Tabla 4-1: EIA y DIA de Proyecto OXE presentados a SEA**

En forma complementaria a los permisos globales, EIA y DIA, la construcción de proyectos mineros, también requiere de permisos, pertinencias y otros similares, ante otras entidades gubernamentales, como DGA, Sernageomin, DOM, entre otras. A continuación, en Figura 38, se ilustra el universo de permisos, contenidos en la Matriz General de Permisos del Proyecto OXE (obras tempranas y construcción), al 31 de Noviembre de 2017, dado que a partir del 01 de diciembre de 2017, la gestión de permisos se traspasó a operaciones de Minera Centinela.

UNIVERSO PERMISOS	
Aprobados	184
En Trámite	12
En Elaboración	08
Desistido	27
No iniciado	03
Rechazado	02
<b>TOTAL</b>	<b>236</b>

Fuente: AMSA



**Figura 38: Universo de permisos Proyectos OXE al 31/11/2017**

#### 4.7.7 Riesgos

El proyecto OXE, desde la etapa de Factibilidad, realizó un seguimiento continuo a los riesgos de toda índole: de negocio, de plazos, de costos, de salud, de seguridad, de medio ambiente, permisos, relaciones laborales, suministros, equipos, construcción, secuencias, cambios en terreno, contratos entre otros.

Los Riesgos fueron clasificados en tres grandes Tipos: Claves, Operacionales y de Contratos. Para cada tipo de Riesgo, se realizó un análisis matricial, donde se describió el riesgo, se asignó un código de causa, se definió la causa, se asignó un código de impacto, se definió el impacto, se indicó el área donde ocurrirá el impacto, se definió el responsable del área de impacto, se asignó la categoría o tipo de riesgo, se asignó una clasificación de impacto y probabilidad de ocurrencia de acuerdo a la matriz de riesgos del proyecto y de AMSA. Luego, se definió el nivel de Riesgo, se asignó un código de controles preventivos, se definieron los controles preventivos, se definió un responsable de los controles preventivos, se asignó una fecha de implementación del control preventivo, se definió una frecuencia de revisión de los controles preventivos, se definieron códigos de controles mitigadores, se definieron los controles mitigadores, se asignó un responsable de los controles mitigadores, se asignó una fecha de implementación del control mitigador, y se definió una frecuencia de revisión de los controles mitigadores.

De acuerdo a ello, se realizó un control recurrente de los riesgos identificados y se ejecutó una revisión periódica para incluir cualquier riesgo adicional, que ocurriese durante la ejecución del proyecto.

#### 4.7.8 Seguridad y Salud Ocupacional

En el ámbito de Salud y Seguridad Ocupacional (SSO), se realizó una fuerte campaña durante todo el proyecto, tanto en forma interna como con las empresas contratistas y colaboradoras, para alcanzar el lineamiento de cero lesión, cero daño y sin fatales.

El proyecto, a finales de febrero de 2018 (casi en término de traspaso a operaciones), solo contaba con cuatro accidentes con tiempo perdido (ACTP), lo cual no era la meta propuesta de que fuese cero, pero si es un logro a nivel nacional para las más de 9,8 millones de horas trabajadas que significaba el proyecto, sobre todo porque no ocurrió un fatal.

En Tabla 4-2, se pueden revisar las estadísticas relativas a accidentabilidad del proyecto, con fecha de febrero de 2018, de la cual destaca que el Índice de Frecuencia de accidente con tiempo

perdido estimado a término, el cual es de 0,41 accidentes con tiempo perdido más los fatales de proyecto por cada millón de horas trabajadas, muy inferior a la meta definida en 0,7. A su vez, el Índice de Gravedad de los accidentes sucedidos, se proyecta en 7,43 días perdidos por millón de horas trabajadas, lo cual corresponde a casi el 55% de la meta definida en 13,5.

Febrero 2018																		
PROJECT	FATAL		LTA		NLTA		LTIFR (acc/MMh)				AIFR (acc/MMh)			LTISR - IG (days/MMh)			HP Near Miss Index	
	YTD	Feb-18	YTD	Feb-18	YTD	Feb-18	PTD	YTD	FY2017	Diff%	YTD	FY2017	Diff%	YTD	FY2017	Diff%	YTD	
OXE [Exe]	-	-	-	-	1	-	0,41	-	0,29	(100%)	13,7	11,3	(21%)	-	18,19	(100%)	40,98	
Ítem10	2014		2015		2016		2017		Feb-18	2018		Acum. Proyecto						
HH (Gastadas)	446.262		2.794.895		3.046.292		3.463.366		19.756	73.202		9.824.017						
Índice Frecuencia (CTP+Fatal)	4,48		0,36		0		0,29		0	0		0,41 (Meta = 0,7)						
(en base a 1.000.00 HH)																		
Índice de Gravedad	15,7		1,07		0		18,2		0	0		7,43 (Meta = 13,5)						
Índice Frec. Total (CTP+Fatal+STP)	6,8		14,7		9,5		11,3		0	13,7		11,5						
(en base a 1.000.00 HH)																		
N° Accidentes CTP	2		1		0		1		0	0		4						
N° Accidentes STP	1		40		29		38		0	1		109						
N° Días Perdidos	7		3		0		63		0	0		73						
N° Cuasi Accidentes AP	8		34		140		198		1	3		383						
ICA	17,9		12,2		45,9		57,2		50,6	41,0		39,0						
N° Accidente AP Real																		
(Fatal+CTP AP+STP AP+Accidentes con Daño Material AP)	4		6		15		10		0	0		35						
HH´s actividades SSO	8.872	2,0%	81.465	2,9%	102.123	3,0%	106.918	3,1%	398	2,0%	2.007	2,7%	299.333	3,0%				

● Estimación de HH´s a término: 9.843.000

Fuente: AMSA - Adaptación propia

YTD – Year To Date; PTD – Project To Date; FY – Full Year; LTA – Lost Time Accident; NLTA – Non Lost Time Accident; LTIFR – Lost Time Incident Frequency Rate; LTISR – Lost Time Incident Severity Rate.

**Tabla 4-2: Estadísticas de seguridad Proyecto OXE a Febero de 2018**

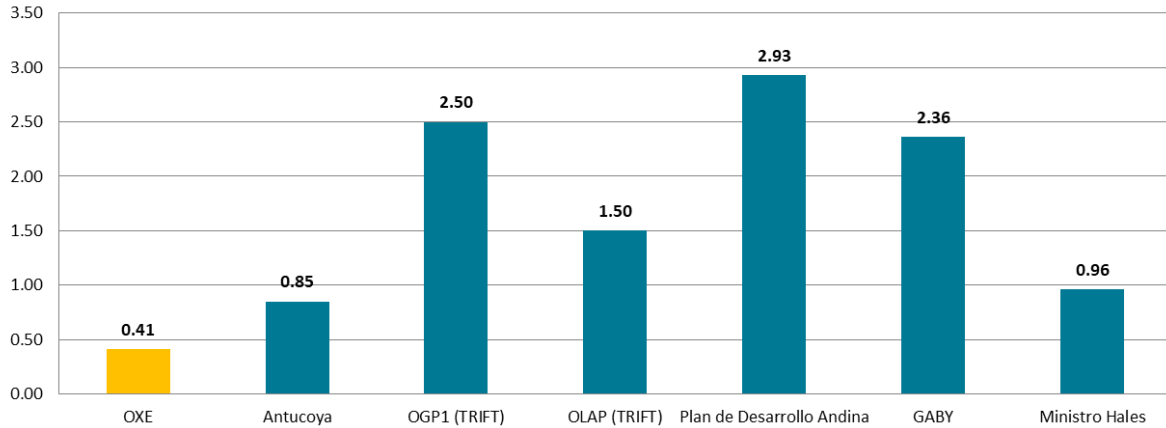
Reforzando los logros alcanzados por el Proyecto OXE relativos a seguridad, en Figura 39 se observa una comparativa de Índice de Frecuencia Global obtenidos en otros proyectos mineros chilenos de los últimos 10 años, dentro de los cuales ha sido el proyecto con el índice de frecuencia más bajo, siendo su más cercano competidor el Proyecto Antucoya, el cual obtuvo un índice de más del doble que el Proyecto OXE. Adicionalmente, durante la fase de ejecución del Proyecto OXE, se recibieron dos premios asociados a la seguridad (ver Figura 40). Esto se debe a la buena gestión realizada por el proyecto en materias de seguridad y prevención de accidentes. A continuación, se detallan los premios obtenidos:

- **Premio Consejo Nacional de Seguridad (29 mayo 2017)**

Proyecto OXE, recibe Premio del Consejo Nacional de Seguridad, por lograr la más baja tasa de índice de frecuencia en su grupo, del año 2016 – categoría. N°45 Servicios a la Minería. El premio, fue recibido por Gerente General Sr. Julio Cortés Donoso, quien comentó “Este logro nos confirmó la buena gestión de seguridad que este proyecto emprendió desde su inicio, y nos invitó a seguir adelante en nuestra filosofía de buscar y marcar a fuego, la creación de una cultura de seguridad en los proyectos de AMSA”.

- **Reconocimiento de ACHS frente a 2.000.000 HH sin accidentes incapacitantes (6 septiembre 2016)**

Proyecto OXE, ejecuta conmemoración de las 2.000.000 HH sin accidentes incapacitantes que se lograron durante en el periodo comprendido entre el 14 de diciembre 2015 al 31 de julio 2016.



- Índice de Frecuencia global: Considera la cantidad de accidentes con tiempo perdido por millón de HH acumuladas en un proyecto.
- TRIFT: Considera el número de accidentes totales por cada millón de horas trabajadas.

Fuente: AMSA

**Figura 39: Índice de Frecuencia Global – Comparativo proyectos**



Fuente: AMSA

**Figura 40: Reconocimientos de Seguridad en Proyecto OXE**

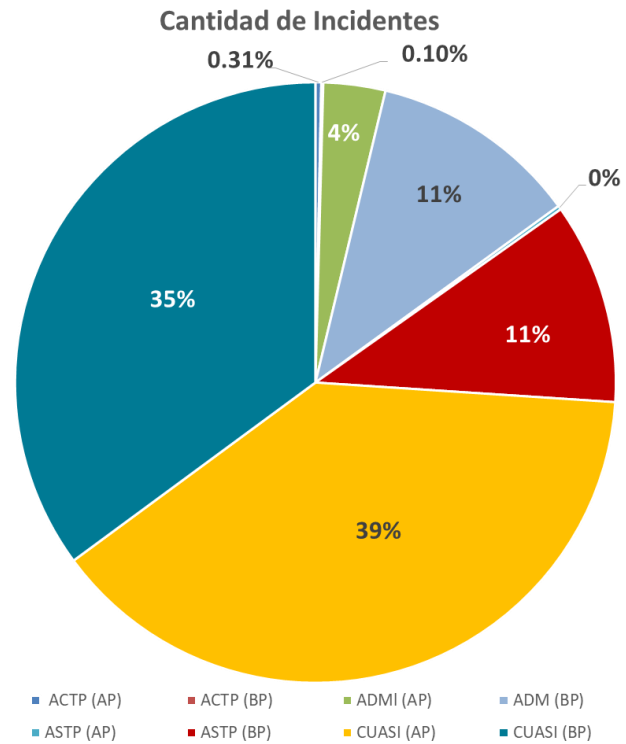


En Figura 41, podemos observar el universo total de incidentes ocurridos en el Proyecto OXE, a diciembre de 2017, que corresponde a 977 incidentes de distinta gravedad, destacando que no existen fatales.

### Total de Incidentes OXE

<b>Cantidad de HH (dic-2017)</b>
<b>9.824.017</b>

Tipo Incidente	Cantidad
Accidentes CTP (AP)	3
Accidentes CTP (BP)	1
Accidentes con Daño Material (AP)	35
Accidente con Daño Material (BP)	109
Accidente STP (AP)	2
Accidente STP (BP)	107
Cuasi Accidente (AP)	383
Cuasi Accidente (BP)	337
<b>Total general</b>	<b>977</b>



Fuente: AMSA

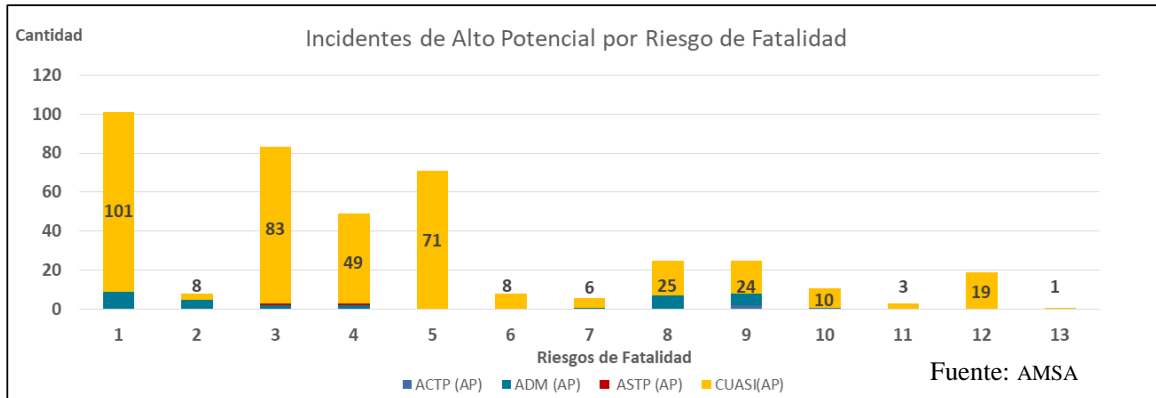
**Figura 41: Total de Incidentes en Proyecto OXE**

Parte de la labor y éxito en relación a las estadísticas de seguridad del Proyecto OXE, se debe a la correcta utilización de los estándares corporativos de AMSA, en los cuales se definen quince Riesgos de Fatalidad, los cuales se exigen eliminar, mitigar o controlar en forma prioritaria y permanente. En Tabla 4-3, se listan los Riesgos de Fatalidad corporativos de AMSA.

N°	Riesgo de Fatalidad
1	Pérdida de Control Vehículo
2	Pérdida de Control Equipo
3	Interacción Personas, Equipos y Vehículos
4	Pérdida de Control en Maniobra de Izaje
5	Pérdida de Equilibrio / Caída desde altura
6	Falla Estructural
7	Caída de objeto
8	Contacto con Energía Eléctrica
9	Liberación Descontrolada de Energía
10	Espacio Confinado
11	Atrapamiento con partes móviles
12	Contacto con Sustancias Peligrosas
13	Incendio
14	Caída de roca / Falla de terreno
15	Pérdida de Control en Manejo de Explosivos

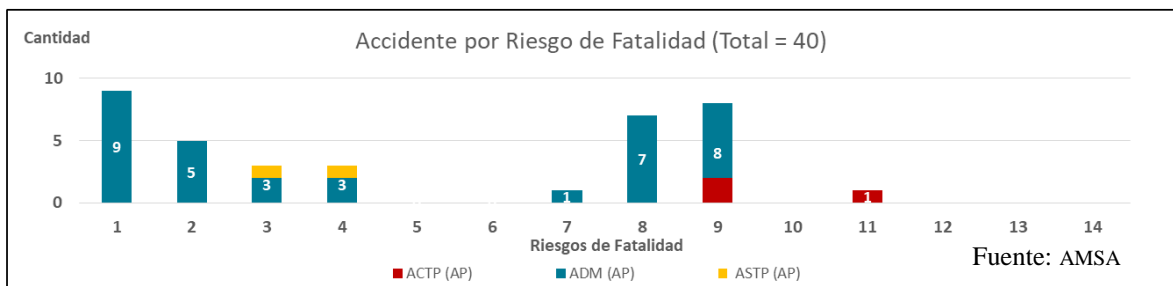
**Tabla 4-3: Riesgos de Fatalidad Corporativos - AMSA**

En Figura 42, Figura 43 y Figura 44, se observa un desglose de los incidentes de alto potencial por riesgo de fatalidad, de acuerdo a la codificación indicada en Tabla 4-3. De estas gráficas, se desprende que el incidente asociado a “pérdida de control de vehículo” es el más recurrente y fue el accidente de alto potencial con mayor cantidad de casos, seguido por “Contacto con Energía Eléctrica” y “Liberación Descontrolada de Energía”. Se destaca que “Caída de roca / Falla de terreno” y “Pérdida de Control en Manejo de Explosivos”, no presentan incidentes.

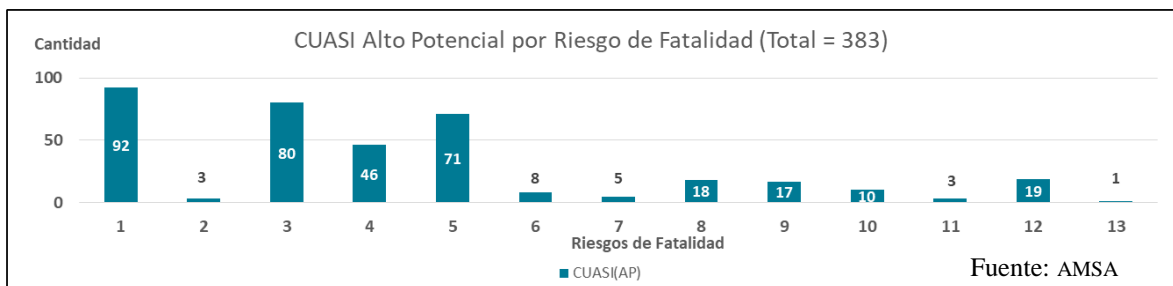


Nota : La cantidad de incidentes asociados a los riesgos de fatalidad son 423 y no contemplan los 554 incidentes de bajo potencial

**Figura 42: Incidentes de Alto Potencial por Riesgo de Fatalidad - Proyecto OXE**

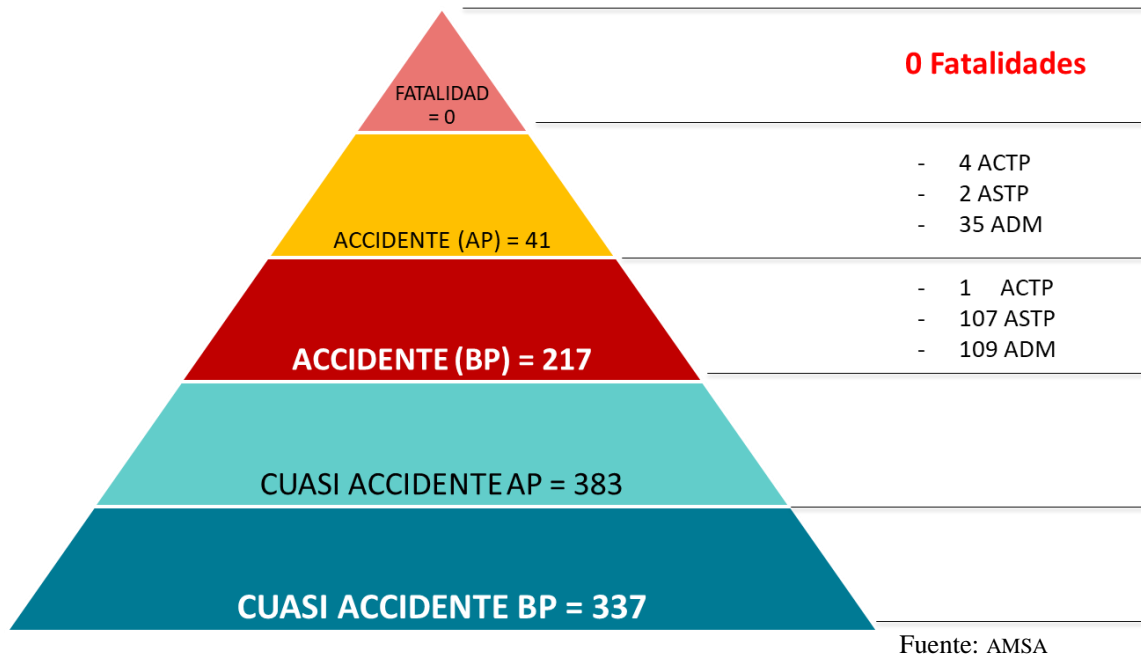


**Figura 43: Accidentes de Alto Potencial por Riesgo de Fatalidad - Proyecto OXE**



**Figura 44: Cuasi accidentes de Alto Potencial por Riesgo de Fatalidad - Proyecto OXE**

Basados en estas estadísticas, y realizando la analogía a la teoría desarrollada por Frank Bird, la cual señala que por cada accidente fatal se presentan 10 accidentes graves, por cada 10 accidentes graves se presentan 30 accidentes leve, se desarrolla la Pirámide de Bird del Proyecto OXE, que se ilustra en Figura 45. En ella, no existen fatales, pero si existen 41 accidentes de alto potencial, 217 accidentes de bajo potencial, 383 cuasi accidentes de alto potencial y 337 cuasi accidentes de bajo potencial, lo cual demuestra que la prevención de accidentes leves, permiten eliminar accidentes más graves.



**Figura 45: Pirámide de Bird - Proyecto OXE**

#### 4.7.9 Lecciones Aprendidas – Equipo del Dueño de Proyecto OXE

Durante el desarrollo del Proyecto OXE, el equipo del Dueño fue compilando las experiencias relevantes, en relación al aprendizaje del Modelo de Gestión utilizado, de las cuales destacan:

- **Resultados**
  - Índice de Frecuencia de accidente con tiempo perdido por cada millón de horas trabajadas de 0,41, considerando que se utilizaron más de 9,8 millones de HH, y solo hubo 4 accidentes con tiempo perdido.
  - El CAPEX final fue de 661 millones de dólares, lo cual corresponde a un 5% costo sobre-programa en moneda de proyecto, equivalente a 602 millones de dólares en moneda real.
  - La fase de ejecución tomó 35 meses, considerando que hubo una extensión de plazo debido al siguiente desglose: 7 meses de ralentización, 4 meses por modificación de la ingeniería en el área de chancado y 4 meses por atrasos en la construcción.
- **Destacados del Proyecto**
  - Resultados de Seguridad muy buenos respecto a los proyectos de la industria de los últimos 10 años
  - Resultado de proyecto se encuentra dentro del rango satisfactorio, según benchmarking de proyectos comparables, considerando variables de plazo y costo. Además, ramp-up se encuentra en desarrollo y acorde a programa, con un avance de 70% al cuarto mes de puesta en marcha
  - Se cumplió con driver principal de contención del costo de capital (5% adicional en dólar de proyecto, y bajo presupuesto considerando dólar real)
  - La condición del mercado favoreció la flexibilidad para ajustar ejecución de proyecto

- Infraestructura, organización y liderazgo del equipo del dueño, generaron buenas relaciones laborales
- **Aprendizajes**
  - Estrategia de ejecución administrada por el Dueño (Ingeniería + compras + construction management)
    - Funcional para la contención del CAPEX
    - Esfuerzo de aprendizaje acelerado durante ejecución respecto de sistemas, procesos y organización
    - Modelo exitoso para proyectos menores y medianos según capacidad de ejecución acotada del owner
    - Se tomó ventaja de un mercado de equipos y servicios de proyectos menos demandados
  - Mejorar calidad y oportunidad con ingenierías especializadas. Fue necesario administrar deficiencias de ingeniería y cambios de última hora a los criterios de diseño, lo que implicó que se materializara el riesgo de atraso (aproximadamente de 4 meses)
  - Excesiva atomización de actividades de compras y contratos. No aporta valor y desfocaliza al equipo de proyecto

## **5 ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL MODELO DE GESTIÓN DE PROYECTO OXE VERSUS MODELO TRADICIONAL DE GESTIÓN DE PROYECTOS**

### **5.1 Análisis respecto a PMBOK y FEL**

Acorde a lo indicado en los capítulos anteriores, a continuación se analizará descriptivamente el Modelo de Gestión del Proyecto OXE, respecto a las recomendaciones de PMBOK y Metodología FEL para la Gestión de Proyectos.

#### **5.1.1 PMBOK**

##### **5.1.1.1 Ejecución de Procesos**

De acuerdo a los lineamientos de PMBOK indicados en sección 2.3.1, lo primero que se revisará respecto al Proyecto OXE, es la “Ejecución de Procesos” para alcanzar los objetivos de la Fase de Ejecución, de acuerdo a lo expuesto en sección 4, para lo cual se tiene:

- a) **Análisis o Inicialización**  
Cada etapa del proyecto, la cual proviene de ingeniería de Pre Factibilidad, consideró una definición inicial de la fase, junto con la aprobación de su inicio, lo cual es parte del ADS de AMSA. Existió una estrategia de proyecto desde su inicio, dado que se anticiparon a la tramitación del EIA con ingeniería temprana, para luego ajustarlo en etapas avanzadas, de manera de optimizar tiempos y recursos.
- b) **Planificación**  
Este punto, fue abordado en bastante detalle por el proyecto y por AMSA, dado que OXE permite la continuidad operacional del área de Óxidos de Minera Centinela y es el Prestripping del Proyecto Sulfuros Encuentro, permitiendo una continuidad y abordar el desarrollo del Distrito Minero Centinela. En el detalle de la fase de ejecución de OXE, se puede indicar que la planificación permitió capitalizar oportunidades de mercado, para realizar cambios en el área de chancado y ralentizar el proyecto, para renegociar contratos, y además identificar los tiempos de retraso en la construcción. Fue una herramienta de gestión continua.
- c) **Ejecución**  
De acuerdo en lo planificado en la fase de Factibilidad, OXE ejecutó las tareas y actividades planificadas, además de modificar y adaptarlas, a las contingencias propias del proyecto y a las oportunidades del mercado. A pesar de que la ejecución se extendió 15 meses más de la línea base original, no se considera un retraso de ejecución, dado que fue consensuado con el Directorio de AMSA, para obtener beneficios económicos, por lo cual se puede indicar que el plazo fue ajustado.
- d) **Supervisión, Seguimiento y Control**  
OXE realizó un control y supervisión permanente de las tareas, obras, compras, contratos, coordinaciones, permisos y actividades planificadas versus las ejecutadas, lo cual se realizaba diariamente y era levantado al equipo semanalmente para compararlo con la

línea base del programa de proyecto, lo cual permitió implementar medidas rectificatorias cuando se detectaron desviaciones o realizar ajustes radicales, como la ralentización del proyecto, cuando se identificaron oportunidades de reducción de costos y mitigación de riesgos, y el ajuste en el área de chancado.

e) Cierre

Para el presente análisis, se define que el cierre de la fase de ejecución se encuentra finalizado, dado que el comisionamiento del proyecto se encuentra al 100%, se realizó traspaso a operaciones del proyecto, OXE está entregando solución PLS a Minera Centinela y Minera Centinela está entregando solución de Refino a OXE. Con esto, el proyecto se encuentra funcionando completamente.

### 5.1.1.2 Áreas de Conocimiento

A su vez, respecto a las nueve “Áreas de Conocimiento” específicos y generales requeridos por el equipo de proyecto, principalmente por sus líderes, quienes se relacionan con competencias específicas de la gestión, definidas en el PMBOK en sección 2.3.1 y a lo expuesto en sección 4, se puede indicar:

a) Gestión de la Integración

Corresponde a los procesos y actividades necesarios para identificar, definir, combinar, unificar y coordinar los diversos procesos y actividades de gestión o dirección del proyecto dentro de los Grupos de Procesos. Considerando los procesos requeridos para la Gestión de la Integración que un proyecto debe considerar de acuerdo a PMBOK, se tiene:

- i. Acta de Constitución del Proyecto, corresponde al documento que autoriza formalmente la existencia de un proyecto y confiere al gerente del proyecto la autoridad para asignar los recursos de la organización a las actividades del proyecto.

Este proceso fue desarrollado, al menos, desde la fase de Prefactibilidad por el Proyecto OXE, por lo cual se considera que fue ejecutado.

En cada fase de OXE, se revisaron los acuerdos previos, el caso de negocios y trabajos requeridos, además de los estándares, procedimientos y factores del entorno de AMSA, tales como la situación económica, recursos humanos, fusión de Minera El Tesoro y Esperanza, con lo cual se realizó el acta de constitución (o documento equivalente interno de AMSA), para luego dar paso a desarrollar el plan de gerenciamiento o dirección de proyecto.

- ii. Plan para el Gerenciamiento o Dirección del Proyecto, el cual consiste en definir, preparar y coordinar todos los planes secundarios e incorporarlos en un plan integral para el gerenciamiento del proyecto. Además, define la manera en que el proyecto se ejecuta, se monitorea, se controla y se cierra.

Este proceso fue desarrollado por el Proyecto OXE, quizás sin los mismos nombres de documentos de proyecto que indica PMBOK, dado que se ajustaron al estándar ADS de AMSA, al alcance del Proyecto y su entorno, por lo cual se

considera que cumple con los requerimientos de PMBOK. Con este plan, se inicia la dirección y gestión de proyectos.

- iii. Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto, corresponde al proceso de liderar y llevar a cabo el trabajo definido en el plan de gerenciamiento o dirección del proyecto, con el fin de alcanzar los objetivos del proyecto.

Este proceso fue desarrollado por el Gerente y Equipo del Proyecto OXE, en forma continua, de acuerdo a la planificación, alcances y objetivos de proyecto, aplicando acciones preventivas, correctivas y de reparación de defectos. La evaluación de este proceso, es satisfactoria, dado que el Proyecto alcanzó el cumplimiento de casi todos sus objetivos, exceptuando que no alcanzó el objetivo en un 100% de cero daño, dado que tuvo cuatro ACTP, pero en compensación logró el mejor índice de frecuencia de ejecución proyectos mineros chilenos en los últimos 10 años. A su vez, es un logro el haber gestionado adecuadamente el trabajo con los Stakeholders internos y externos; haberse adaptados a los cambios internos de AMSA y en Minera Centinela; unificar las ingenierías y diseños de diversas empresas, como también su ejecución con distintos constructores; además, de haber conectado un proyecto nuevo (Greenfield), con una faena operativa (Brownfield). De acuerdo a esto, se considera que se cumple con los requerimientos del proceso de PMBOK.

- iv. Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto, se refiere al proceso de dar seguimiento, revisar e informar del avance del proyecto con respecto a los objetivos de desempeño definidos en el plan de gerenciamiento o dirección del proyecto.

El Proyecto OXE, tenía un equipo robusto en el área de Control de Proyectos, quienes realizaron un seguimiento constante a las distintas métricas relevantes, como costos, plazos, entregables, abastecimiento, ejecución de obras, permisos, recursos, calidad, comunicaciones, stakeholders, entre otras, lo cual permitió al equipo de proyecto, en especial al gerente de proyecto, poder tomar decisiones en base a antecedentes reales y proyectados. Quizás la situación que destaca en este ámbito al Proyecto, fue haber ajustado el área de Chancado debido a una oportunidad de mercado, como también la Ralentización del Proyecto, que sin una adecuada gestión y control de todos los aspectos del Proyecto, y un conocimiento del mercado, no hubiese sido posible, por lo cual se cumple con los requerimientos del proceso de PMBOK.

- v. Realizar el Control Integrado de Cambios, corresponde al proceso de analizar todas las solicitudes de cambio; aprobar y gestionar los cambios a los entregables, activos de los procesos de la organización, documentos del proyecto y plan para la dirección del proyecto; y comunicar las decisiones correspondientes.

El Proyecto OXE, en línea al monitoreo y control de proyecto, pudo realizar un adecuado control integrado de cambios en todos los ámbitos del proyecto. Destacan las gestiones de ajuste de CAPEX y Plazo con el Directorio de AMSA; las dos modificaciones u optimizaciones de proyecto relativas al EIA que implicaron tres DIA (una desistida); los cambios de contratistas de ejecución; los

cambios de proveedores de equipos; entre otros. Este control y gestión del cambio, permitió mantener el Proyecto controlado en todo momento, en especial en lo relativo a costos y plazo, por lo cual se considera que se cumple con los requerimientos del proceso de PMBOK.

- vi. Cerrar el Proyecto, hace referencia al proceso de finalizar todas las actividades en todos los Grupos de Procesos de la Gestión o Dirección de Proyectos para completar formalmente el proyecto o una fase del mismo.

El Proyecto OXE, a la fecha de desarrollo de este trabajo, tiene cerrado gran parte de los procesos relativos a la fase ejecución e incluso traspasado a operaciones el proyecto, solamente faltando el cierre administrativo interno con AMSA, por lo cual se cumple con los requerimientos del proceso de PMBOK.

#### b) Gestión del Alcance

Corresponde a los procesos necesarios para garantizar que el proyecto incluya todo el trabajo requerido, y únicamente el trabajo para completar el proyecto con éxito. Gestionar el alcance del proyecto se enfoca primordialmente en definir y controlar qué se incluye y qué no se incluye en el proyecto. Considerando los procesos requeridos para la Gestión del Alcance que un proyecto debe considerar de acuerdo a PMBOK, se tiene:

- i. Planificar la Gestión del Alcance, corresponde al proceso de crear un plan de gestión del alcance que documente cómo se va a definir, validar y controlar el alcance del proyecto.

Para cada fase de Ingeniería y durante la ejecución, el Proyecto OXE definió documentos de licitación que entregaban un marco definitorio, de validación y control del alcance del proyecto, lo cual fue desarrollado internamente por el equipo del mandante, por lo cual se cumple con los requerimientos del proceso de PMBOK.

- ii. Recopilar Requisitos, hace referencia al proceso de determinar, documentar y gestionar las necesidades y los requisitos de los interesados para cumplir con los objetivos del proyecto.

Previo a la fase de ejecución, en ingenierías de Prefactibilidad y Factibilidad, se realizó casi la totalidad del levantamiento de necesidades y requisitos del Proyecto OXE, sobretodo en la interacción con Minera Centinela y como intervenir el Brownfield, de forma de generar el mínimo impacto posible, lo cual se realizó en conjunto con las empresas de ingeniería que desarrollaron el proyecto en sus distintas áreas. En la fase de ejecución, hubo que precisar o adicionar algunos requerimientos adicionales, especialmente en el área de la Planta SX, dada las interferencias existentes y la complejidad de las modificaciones proyectadas, por lo cual se cumple con los requerimientos del proceso de PMBOK.

- iii. Definir el Alcance, corresponde al proceso de desarrollar una descripción detallada del proyecto y del producto.



Durante las distintas fases de ingeniería del Proyecto OXE, pero principalmente en ingenierías de Prefactibilidad y Factibilidad, se desarrolló y definió en detalle el proyecto, gracias al avance y precisión de la ingeniería, lo cual permitía ajustar y adecuar el alcance. Fue labor del equipo del cliente realizar la compilación y ajustes para la fase en desarrollo o la siguiente, lo cual permitió definir los criterios de aceptación y entregables necesarios para cada fase de proyecto, como también sus exclusiones o restricciones. Es importante señalar, que el desarrollo propio del Proyecto, requirió considerar supuestos de distinta índole (técnicos, comerciales, económicos, entre otros), los que fueron ratificándose o modificándose con el avance de proyecto, para dar cumplimiento al objetivo, por lo cual se cumple con los requerimientos del proceso de PMBOK.

- iv. Crear el WBS, hace referencia al proceso de subdividir los entregables y el trabajo del proyecto en componentes más pequeños y más fáciles de manejar.

Uno de los grandes desafíos del Proyecto OXE, fue generar el quiebre de áreas de trabajo (WBS), de manera de poder generar la subdivisión de entregables, áreas de trabajo durante construcción y operacionales, que permitieran unir el proyecto Greenfield (OXE), con dos faenas en operaciones, que en ese entonces correspondían a Minera El Tesoro y Minera Esperanza (Brownfield), las cuales tenían WBS completamente distintos, dado que la primera era una planta de hidrometalurgia y la segunda era una planta concentradora, y de magnitudes muy diferentes. Este desafío se desarrolló durante la fase Factibilidad, y requirió de pequeños ajustes en la fase de Ejecución. Este proceso cumple con los requerimientos de PMBOK.

- v. Validar el Alcance, se refiere al proceso de formalizar la aceptación de los entregables del proyecto que se hayan completado.

Durante el desarrollo de toda la Ingeniería y Construcción del Proyecto OXE, el equipo del Cliente realizó la labor de revisor de todos los entregables del proyecto, lo cual requirió de una coordinación interna y alineamiento de criterio en las distintas disciplinas que participaron. Ésta tarea se vio facilitada con el apoyo de un software de gestión documental que implementó AMSA en la etapa de Factibilidad, y que el Proyecto OXE tuvo que incorporar. Este software permitió gestionar la trazabilidad de cada documento y a su vez, ser un repositorio de toda la información generada por el Proyecto. Este proceso cumple con los requerimientos de PMBOK.

- vi. Controlar el Alcance, consiste en el proceso de monitorear el estado del proyecto y de la línea base del alcance del producto, y de gestionar cambios a la línea base del alcance.

Como se ha indicado previamente en este trabajo, el área de Control de Proyecto del Proyecto OXE, en todas sus fases de desarrollo, jugó un rol preponderante en el monitoreo de estado del proyecto y de su línea base, permitiendo realizar gestión del cambio en diferentes ámbitos, tanto en ingeniería, construcción, CAPEX, Plazos y ralentización, siempre buscando cumplir de mejor manera el objetivo del Proyecto. Este proceso cumple con los requerimientos de PMBOK.

c) Gestión del Tiempo o Plazo

Corresponde a los procesos requeridos para gestionar el término en plazo del proyecto. Considerando los procesos requeridos para la Gestión del Tiempo o Plazo que un proyecto debe considerar de acuerdo a PMBOK, se tiene:

- i. Planificar la Gestión del Cronograma, corresponde al proceso por medio del cual se establecen las políticas, los procedimientos y la documentación para planificar, desarrollar, gestionar, ejecutar y controlar el cronograma del proyecto.

El Proyecto OXE, a través de su área de Control de Proyecto, utilizó los procedimientos corporativos ADS de AMSA para la planificación del Programa de Proyecto, lo cual realizó en conjunto con las empresas de ingeniería que desarrollaron las etapas de Factibilidad y Detalles, de manera de tener una retroalimentación constante. Esto permitió definir las actividades y plazos adecuados para la fase de ejecución, además de tener herramientas para gestionar, ejecutar y controlar el Programa. Este proceso cumple con los requerimientos de PMBOK.

- ii. Definir las Actividades, hace referencia al proceso de identificar y documentar las acciones específicas que se deben realizar para generar los entregables del proyecto.

El Proyecto OXE, al tener la codificación WBS definida, permitió identificar, definir y gestionar cualquier entregable o actividad, y programarlos en los tiempos y plazos requeridos, de manera de que estos estuviesen disponibles para estimaciones, programación, ejecución, monitoreo y control de trabajo, entre otros, de manera de cumplir los objetivos del Proyecto. Este proceso cumple con los requerimientos de PMBOK.

- iii. Secuenciar las Actividades, es el proceso de identificar y documentar las relaciones existentes entre las actividades del proyecto.

El Proyecto OXE, al tener definidas las actividades requeridas para las distintas fases del proyecto, en especial para la fase de ejecución, definió la secuencia requerida de actividades/entregables globales y particulares del Proyecto, además de relacionarlas y priorizarlas en relación a la Ruta Crítica definida. Este proceso cumple con los requerimientos de PMBOK.

- iv. Estimar los Recursos de las Actividades, se refiere al proceso de estimar el tipo y las cantidades de materiales, recursos humanos, equipos o suministros requeridos para ejecutar cada una de las actividades.

Una vez finalizada la fase de Factibilidad, el Proyecto OXE pudo definir con precisión la estimación de recursos y costos del Proyecto, y con ello solicitar la aprobación del inicio de la fase de ejecución, debido a que se habían desarrollado los entregables y actividades mínimas requeridas para poder evaluar la magnitud de las obras y el personal requerido para poder ejecutarlas. Éste análisis fue desarrollado en primera instancia por las empresas de ingeniería y luego ajustado

por el equipo de proyecto del dueño. Este proceso cumple con los requerimientos de PMBOK.

- v. Estimar la Duración de las Actividades, es el proceso de estimar la cantidad de períodos de trabajo necesarios para finalizar las actividades individuales con los recursos estimados.

De manera análoga al punto recién analizado, la duración de las actividades, quedó definida luego del análisis de recursos y costos de las actividades, con lo cual es posible definir duración de tiempo, de acuerdo a los rendimientos y complejidad de la faena a ejecutar. Éste análisis fue desarrollado en primera instancia por las empresas de ingeniería y luego ajustado por el equipo de proyecto del dueño. Este proceso cumple con los requerimientos de PMBOK.

- vi. Desarrollar el Cronograma, se refiere al proceso de analizar secuencias de actividades, duraciones, requisitos de recursos y restricciones del cronograma para crear el modelo de programación del proyecto.

Una vez ejecutados los análisis indicados en los párrafos anteriores, se procedió a desarrollar el programa de proyecto, con sus secuencias lógicas o requeridas para cumplir los objetivos, de acuerdo a las limitantes o condicionantes de cada actividad. Éste análisis fue desarrollado en primera instancia por las empresas de ingeniería y luego ajustado por el equipo de proyecto del dueño. Este proceso cumple con los requerimientos de PMBOK.

- vii. Controlar el Cronograma, corresponde al proceso de monitorear el estado de las actividades del proyecto para actualizar el avance del mismo

Como se ha indicado previamente en este trabajo, el área de Control de Proyecto del Proyecto OXE, en todas sus fases de desarrollo, jugó un rol preponderante en el monitoreo de estado del proyecto y de su línea base, permitiendo realizar gestión del cambio en diferentes ámbitos, tanto en ingeniería, construcción, CAPEX, Plazos y ralentización, siempre buscando cumplir de mejor manera el objetivo del Proyecto. Este proceso cumple con los requerimientos de PMBOK.

#### d) Gestión de Costos

Corresponde a los procesos relacionados con planificar, estimar, presupuestar, financiar, obtener financiamiento, gestionar y controlar los costos de modo que se complete el proyecto dentro el presupuesto aprobado. Considerando los procesos requeridos para la Gestión de Costos que un proyecto debe considerar de acuerdo a PMBOK, se tiene:

- i. Planificar la Gestión de los Costos, corresponde al proceso que establece las políticas, los procedimientos y la documentación necesarios para planificar, gestionar, ejecutar el gasto y controlar los costos del proyecto.

El Proyecto OXE, a través de su área de Control de Proyecto, utilizó los procedimientos corporativos ADS de AMSA para la planificación de gestión de costos, lo cual realizó en conjunto con las empresas de ingeniería que desarrollaron las etapas de Factibilidad y Detalles, de manera de tener una retroalimentación constante. Esto permitió definir la dirección de costos del

Proyecto en toda su extensión en la fase de ejecución. Este proceso cumple con los requerimientos de PMBOK.

- ii. Estimar los Costos, hace referencia al proceso que consiste en desarrollar una aproximación de los recursos financieros necesarios para completar las actividades del proyecto.

La estimación de costos, se desarrolló desde las fases preliminares del proyecto, y a medida que se incrementaba la precisión de ingeniería, el Costo del Proyecto se iba ajustando. Como se indicó en sección 4.7.4, los costos fueron reduciéndose a medida que se avanzaba con las fases de ingeniería. Una vez que se inició la fase de ejecución, el foco era mantener los costos dentro de los valores o tolerancias admisibles definidas para el proyecto, lo cual fue uno de los objetivos principales alcanzados por el Proyecto OXE. Este proceso cumple con los requerimientos de PMBOK.

- iii. Determinar el Presupuesto, hace referencia al proceso que consiste en sumar los costos estimados de las actividades individuales o de los paquetes de trabajo para establecer una línea base de costo autorizada.

Como ha sido indicado en los párrafos previos, la determinación del presupuesto o CAPEX del Proyecto, fue una labor iterativa entre las distintas fases de Ingeniería, y que en cada una de ellas al finalizar, requerían de una aprobación para poder continuar con la próxima. Una vez finalizada la fase de Factibilidad, se presentó al Directorio de AMSA la línea base del proyecto, y fue con la cual se autorizó la ejecución total del Proyecto. Una vez en la fase de ejecución, este presupuesto fue modificado en un par de oportunidades, de acuerdo a requerimientos y oportunidades que identificó el equipo del dueño, de manera de cumplir los objetivos del proyecto. Este proceso cumple con los requerimientos de PMBOK.

- iv. Controlar los Costos, corresponde al proceso de monitorear el estado del proyecto para actualizar los costos del mismo y gestionar posibles cambios a la línea base de costos.

Los costos del proyecto, se ciñeron a los presupuestos aprobados para la fase de ejecución, modificación en el área de chancado y su posterior ralentización. Si se considera solo el costo aprobado al inicio de la fase de ejecución, se tuvo un incremento cercano al 5% en dólar de proyecto y nulo en dólar real. Como se ha indicado previamente en este trabajo, el área de Control de Proyecto del Proyecto OXE, jugó un rol preponderante en el monitoreo y gestión de cambios, de forma de mantener los costos controlados durante toda la fase de ejecución. Este proceso cumple con los requerimientos de PMBOK.

e) Gestión de la Calidad

Corresponde a los procesos y actividades de la organización ejecutora que establecen las políticas de calidad, los objetivos y las responsabilidades de calidad para que el proyecto satisfaga las necesidades para las que fue acometido, de forma de asegurar que se alcancen y se validen los requisitos del proyecto, incluidos los del producto final.

Considerando los procesos requeridos para la Gestión de la Calidad que un proyecto debe considerar de acuerdo a PMBOK, se tiene:

- i. Planificar la Gestión de la Calidad, corresponde al proceso de identificar los requisitos y/o estándares de calidad para el proyecto y sus entregables, así como de documentar cómo el proyecto demostrará el cumplimiento con los mismos.

El área de QA/QC del Proyecto OXE, basados en los estándares corporativos ADS de AMSA, definió en colaboración al equipo del mandante, los estándares o requisitos de calidad aplicables al proyecto y sus entregables. Esto incluyó los formatos, procesos de revisión y aceptación. Este proceso cumple con los requerimientos de PMBOK.

- ii. Realizar el Aseguramiento de Calidad, hace referencia al proceso que consiste en auditar los requisitos de calidad y los resultados de las mediciones de control de calidad, para asegurar que se utilicen las normas de calidad y las definiciones operacionales adecuadas.

El área de QA/QC del Proyecto OXE, estuvo a cargo de auditar el cumplimiento de los estándares de calidad definidos para el Proyecto. Adicionalmente, el Proyecto fue auditado por AMSA, para revisar el alineamiento a los protocolos y estándares corporativos. También, se consideraron revisiones técnicas por parte del equipo de operaciones de Minera Centinela, y asesores del Proyecto (consultores internos y externos de AMSA). Este proceso cumple con los requerimientos de PMBOK.

- iii. Controlar la Calidad, corresponde al proceso por el que se monitorea y se registran los resultados de la ejecución de las actividades de control de calidad, a fin de evaluar el desempeño y recomendar los cambios necesarios.

El área de QA/QC y el equipo de proyectos del mandante del Proyecto OXE, estuvo a cargo de controlar la calidad del Proyecto en sus distintas fases, inclusive durante la fase de ejecución. Los procedimientos para control de calidad de Precomisionamiento, Comisionamiento y Puesta en Marcha, fueron un desafío para el equipo de proyecto y sus asesores, dado que generalmente estas labores no las realiza el equipo del dueño y se encargan a terceras partes, debido a que requieren de experiencia específica en cada sistema y en su trabajo en conjunto. A pesar de cumplir los requerimientos de PMBOK, es un área que debiese ser robustecida en futuras aplicaciones de este modelo de gestión, en especial en la fase de ejecución, dado que se requiere un control y seguimiento con un equipo y procedimientos con mayor autonomía e independencia, de manera de evitar cualquier posible influencia en resultados.

f) Gestión de los Recursos Humanos

Corresponde a los procesos que organizan, gestionan y conducen al equipo del proyecto, el que está compuesto por las personas a las que se han asignado roles y responsabilidades para completar el proyecto, pudiendo estar asignados a tiempo completo o parcial, y se pueden incorporar o retirar del equipo conforme avanza el proyecto. Considerando los

procesos requeridos para la Gestión de los Recursos Humanos que un proyecto debe considerar de acuerdo a PMBOK, se tiene:

- i. Planificar la Gestión de los Recursos Humanos, corresponde al proceso de identificar y documentar los roles dentro del proyecto, las responsabilidades, las habilidades requeridas y las relaciones de comunicación, así como de crear un plan para la gestión de personal.

El Proyecto OXE, en fase de factibilidad, inició la gestión de recursos humanos, identificando los roles, responsabilidades y habilidades requeridas. Este equipo fue reducido, pero ajustado a las necesidades de administración, supervisión e integración de ingenierías que desarrollaban distintas empresas. A medida que el proyecto lo fue requiriendo, en sus distintas etapas y fases, se fue integrando personal interno y empresas de apoyo externas, en los roles que la planificación lo indicaba, de manera de formar el “Equipo del Dueño” (Owner Team). A su vez, cuando la planificación lo indicaba, se fue desvinculando al Equipo del Dueño, de acuerdo a los requerimientos.

Todos estos procesos, fueron planificados y gestionados por la gerencia del proyecto, en conjunto con el área de Control de Proyectos, y el área de Recursos Humanos corporativa de AMSA. Este proceso cumple con los requerimientos de PMBOK.

- ii. Adquirir el Equipo del Proyecto, corresponde al proceso de confirmar la disponibilidad de los recursos humanos y conseguir el equipo necesario para completar las actividades del proyecto.

Como se indicó en la sección anterior, durante todo el proyecto, se gestionó la disponibilidad de recursos humanos, tanto internos como externos, de forma de cumplir con los objetivos y actividades planificadas. Este proceso cumple con los requerimientos de PMBOK.

- iii. Desarrollar el Equipo del Proyecto, hace referencia al proceso de mejorar las competencias, la interacción entre los miembros del equipo y el ambiente general del equipo para lograr un mejor desempeño del proyecto.

El Equipo de Proyecto, durante las distintas fases del proyecto, realizó diversas actividades para mejorar las competencias, interacción y el ambiente de trabajo.

Estas actividades, en algunos casos fueron generales y en otras específicas de cada área.

Profesionalmente, existieron distintas instancias de aprendizaje y capacitaciones, para nivelar y alinear al equipo para el desafío de gestionar el proyecto, principalmente en herramientas de gestión de proyectos. También existieron cursos de utilización de plataformas de control documental y de actividades inter áreas, de manera de mejorar la interrelación y fluencia de comunicación e información. Cada 100 días, se desarrollaba un Taller para revisar avances y cambios de Proyecto, en sus distintas áreas.

También se planificaron actividades extra laborales, como comidas o salidas grupales, de manera de distender el ambiente laboral.

Este proceso cumple con los requerimientos de PMBOK.

- iv. Dirigir el Equipo del Proyecto, corresponde al proceso de realizar el seguimiento del desempeño de los miembros del equipo, proporcionar retroalimentación, resolver problemas y gestionar cambios a fin de optimizar el desempeño del proyecto.

El proyecto tuvo un peak de 1.200 trabajadores entre el equipo de Proyecto y de Construcción, en faena y en oficina de Santiago (contratistas y personal propio), lo cual fue dirigido por el Gerente de Proyecto y bajo él, el Gerente de Construcción, de Planificación y Control, y de Abastecimiento. Estas cuatro personas, fueron claves en la Administración y Gestión de Recursos Humanos del Proyecto, para alcanzar los objetivos del Proyecto

Cabe destacar durante todo el desarrollo del proyecto, no se registraron conflictos laborales, lo cual obedece a que OXE utilizó una estrategia de considerar un buen estándar de instalaciones de campamento y casino, donde no se hacían diferencias entre equipo del dueño y contratistas, el sistema de turnos se adecuó a 10x10 días para empresas colaboradoras, y 7x7 o 4x3 días para el equipo del dueño. Además de ello, las comunicaciones y relaciones con los contratistas principales y proveedores del proyecto se realizaron de manera fluida, constante y directa.

Para obtener los resultados mencionados previamente, OXE ejecutó diferentes iniciativas y metodologías de relaciones con los contratistas, de las cuales se pueden destacar las siguientes:

- **Implementación de un turno de trabajo 10x10 para las empresas colaboradoras:**

Previo a la etapa de ejecución, el Equipo de Proyectos realizó un análisis comparativo de turnos de trabajo utilizados en distintos proyectos mineros, analizando los turnos de trabajo más utilizados en faenas para mano de obra directa: 10x10 días versus un turno 14x7 días.

En los resultados obtenidos, se visualizó que las diferencias del factor de rendimiento o productividad (PF), y de costo no eran mayormente significativas. Sin embargo, al considerar dentro del análisis el hecho de que en la gran mayoría de los proyectos en donde se utilizó un turno 14x7 días, se presenciaron huelgas por parte de las empresas contratistas en conjunto con sus respectivos sindicatos, con el objetivo principal de obtener el cambio a un turno de trabajo 10 x 10. Debido a lo anterior, dichos proyectos tuvieron como consecuencia altos costos y extensión en sus plazos de ejecución debido al cambio de turno en una etapa intermedia del proyecto.

Tomando en consideración estas experiencias previas en la ejecución de proyectos mineros, y en conjunto con el hecho de que al trabajar en un turno de menor cantidad de horas, la productividad se incrementa en los últimos días del turno, como también mejoran los índices de seguridad laboral al estar expuestos a menos horas de trabajo y aumentar las horas de descanso, y con el objetivo de cumplir con el primer valor de AMSA “respeto a las personas”, el Proyecto tomó la decisión de implementar turnos de trabajo 10x10 días para la mano de obra directa.

- **Campamento:**

El estándar considerado para el campamento del Proyecto OXE, se definió en función del bienestar de los trabajadores, alineado con el principal valor de AMSA, “respeto a las personas”. Como resultado de las buenas condiciones del campamento, no se tuvo reclamos por parte de las empresas colaboradoras por las condiciones de los dormitorios, áreas comunes, áreas recreativas ni del casino.

- **Casino de proyecto único:**

Con el objetivo de lograr un ambiente de igualdad e integración de todas las personas que formaron parte del proyecto, no se realizó diferenciación alguna para el casino entre el personal AMSA y de empresas colaboradoras, todos compartieron la misma comida y en el mismo espacio físico. Esto fue destacado positivamente en reiteradas ocasiones por las empresas colaboradoras.

Este proceso cumple con los requerimientos de PMBOK.

g) **Gestión de las Comunicaciones**

Corresponde a los procesos requeridos para asegurar que la planificación, recopilación, creación, distribución, almacenamiento, recuperación, gestión, control, monitoreo y disposición final de la información del proyecto sean oportunos y adecuados. Una comunicación eficaz crea un puente entre diferentes interesados que pueden tener diferentes antecedentes culturales y organizacionales, diferentes niveles de experiencia, y diferentes perspectivas e intereses, lo cual impacta o influye en la ejecución o resultado del proyecto. Considerando los procesos requeridos para la Gestión de Comunicaciones que un proyecto debe considerar de acuerdo a PMBOK, se tiene:

- i. Planificar la Gestión de las Comunicaciones, hace referencia al proceso de desarrollar un enfoque y un plan adecuados para las comunicaciones del proyecto sobre la base de las necesidades y requisitos de información de los interesados y de los activos de la organización disponibles.

El Proyecto OXE, desde su etapa de factibilidad, planificó la utilización de comunicaciones formales, directas y utilizando los canales adecuados (personas con capacidad y autoridad de comunicación/decisiones, como también los sistemas tecnológicos).

Estas comunicaciones, se iniciaron con la reunión de inicio o KOM (Kick-off meeting, por sus siglas en inglés), entre las distintas áreas del Equipo del Dueño y



de la Empresa Contratista o de Apoyo, en la cual se definieron y ratificaron las condiciones del contrato. En ella, unos de los puntos relevantes, fueron las comunicaciones de proyecto, tanto por temas administrativos como técnicos, incluyendo el envío de información/antecedentes de proyecto. En estas reuniones, quedaron definidos los flujos, personas y tiempos de las comunicaciones del proyecto.

Este proceso cumple con los requerimientos de PMBOK.

- ii. Gestionar las Comunicaciones, corresponde al proceso de crear, recopilar, distribuir, almacenar, recuperar y realizar la disposición final de la información del proyecto de acuerdo con el plan de gestión de las comunicaciones.

El Proyecto OXE, en la etapa de factibilidad, implementó el sistema de gestión documental Aconex, como parte de una directriz corporativa, para mejorar las comunicaciones del Grupo Minero AMSA.

Este software (Aconex), permite vincular a todos los involucrados en el proyecto, desde el Equipo del Dueño, los Contratistas, Subcontratistas, Proveedores, entre otros, permitiendo crear, recopilar, distribuir, almacenar, recuperar y realizar la disposición final de toda la información generada en el proyecto, con lo cual se generó una trazabilidad, fluidez y transparencia en el manejo de información.

Internamente, el Equipo del Dueño, realizó comunicaciones a través de correos electrónicos o reuniones informativas, además de utilizar los paneles informativos que se encontraban en los muros de las oficinas de Santiago y Faena, de forma de difundir información relevante.

Más detalles y ejemplos de comunicaciones, se indican en la siguiente sección.

Este proceso cumple con los requerimientos de PMBOK.

- iii. Controlar las Comunicaciones, hace referencia al proceso de monitorear y controlar las comunicaciones a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto para asegurar que se satisfagan las necesidades de información de los interesados del proyecto.

Como se indicó en el párrafo anterior, el Proyecto OXE, utilizó el sistema de gestión documental Aconex, el cual permite hacer seguimiento de cualquier comunicación generada dentro del proyecto en tiempo real, lo cual permite monitorear y controlar la información.

Adicionalmente, dos Asistentes y un equipo de personas del área de Control documental, manejaban los flujos de información, y los distribuían a las personas o entidades correspondientes, bajo las directrices del Proyecto y del Gerente de Proyectos. También, se consideraron campañas de difusión en oficinas y terreno, para asegurar que el mensaje que se requería entregar, llegase a todos los involucrados.

Como se ha indicado previamente, el proyecto tuvo un peak de 1.200 trabajadores entre el equipo de Proyecto y de Construcción, en faena y en oficina de Santiago, siendo las comunicaciones un asunto relevante, para lo cual OXE ejecutó diferentes iniciativas, de las cuales se pueden destacar las siguientes:

- **Comunicación de Riesgos de Fatalidad**  
Para lograr la rápida implementación y entendimiento de los riesgos transversales de fatalidad del grupo AMSA, se realizaron inspecciones de seguridad programadas y campañas de difusión.
- **Comité Paritario**  
El comité paritario del proyecto OXE, focalizó sus esfuerzos en mejorar continuamente las condiciones de trabajo para las personas, chequear el cumplimiento de los estándares de Seguridad y Salud Ocupacional del grupo y mantener comunicación constante con las personas de las empresas colaboradoras para así relacionarse de manera efectiva con ellos. Para cumplir con esto, se realizaron iniciativas tales como las caminatas paritarias, inspecciones a las condiciones del campamento (dormitorios y casino) y del lugar de trabajo, además de realizar premiaciones a empresas y trabajadores para potenciar el trabajo seguro y el auto-cuidado.
- **Comunicación con contratistas principales**  
La comunicación formal comenzó en los KOM, reunión en la cual se daba la partida al contrato por parte de cada uno de los departamentos del proyecto. A lo largo de la ejecución del contrato, se llevaron a cabo reuniones de trabajo semanales interdisciplinarias y reuniones independientes por departamento dentro de cada contrato. La comunicación formal se mantuvo a través de cartas contractuales y RFI's. Para los contratos de servicio, la comunicación contractual era similar a la de un contrato de montaje, pero dada la distinta naturaleza del trabajo y alcances existía un trato más directo y personalizado en el día a día.
- **Comunicación con proveedores**  
El inicio de la comunicación, fue similar a la de los contratistas principales, comenzando con una reunión KOM, informando temas contractuales y los canales de comunicación, que para este caso es el activador del proyecto. El canal principal y formal de comunicación es el activador, quien se respalda técnicamente con el departamento de ingeniería y valida la recepción de la compra con el departamento de calidad (tanto para la recepción en el lugar de procedencia como en el de llegada (OXE)).

Este proceso cumple con los requerimientos de PMBOK.

#### h) Gestión de Riesgos

Corresponde a los procesos para llevar a cabo la planificación de la gestión de riesgos, así como la identificación, análisis, planificación de respuesta y control de los riesgos de un proyecto. Los objetivos de la gestión de los riesgos del proyecto consisten en aumentar la probabilidad y el impacto de los eventos positivos, y disminuir la probabilidad y el

impacto de los eventos negativos en el proyecto. Considerando los procesos requeridos para la Gestión de Riesgos que un proyecto debe considerar de acuerdo a PMBOK, se tiene:

- i. Planificar la Gestión de los Riesgos, corresponde al proceso de definir cómo realizar las actividades de gestión de riesgos de un proyecto.

El Proyecto OXE, desde su etapa de pre factibilidad, desarrolló una gestión y análisis de riesgo de proyecto y de su ejecución, con las distintas empresas contratistas de ingeniería e internamente. Esta gestión, se realizó basados en los estándares de Gestión de Riesgos Corporativos de AMSA (parte de los ADS), los cuales entregan las directrices y clasifican los riesgos.

Este proceso cumple con los requerimientos de PMBOK.

- ii. Identificar los Riesgos, hace referencia al proceso de determinar los riesgos que pueden afectar al proyecto y documentar sus características.

Como se indicó en sección anterior, la identificación de riesgos del Proyecto, se inició en etapa de pre factibilidad. Este proceso se realizó bajo las directrices indicadas en el documento ADS de Gestión de Riesgos Corporativos, el cual entrega lineamientos para cada etapa o fase de proyecto.

Esta identificación, estuvo a cargo de las empresas contratistas y del equipo del dueño, y además, se realizaron talleres multidisciplinarios, multiempresas, con operaciones/mantenimiento, consultores y equipo del dueño, de forma de abarcar todas las aristas posibles, y documentarlas para su posterior análisis.

Este proceso cumple con los requerimientos de PMBOK.

- iii. Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos, se refiere al proceso de priorizar riesgos para análisis o acción posterior, evaluando y combinando la probabilidad de ocurrencia e impacto de dichos riesgos.

Basados en los estándares ADS de AMSA, luego de identificar los riesgos presentes en el proyecto en sus diversas fases, se procedió a evaluar cualitativamente los riesgos, lo cual fue desarrollado continuamente durante el proyecto, especialmente previo a su ejecución, en la etapa de factibilidad e ingeniería de detalles, en talleres multidisciplinarios, multiempresas, con operaciones/mantenimiento, consultores y equipo del dueño.

Este proceso cumple con los requerimientos de PMBOK.

- iv. Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos, corresponde al proceso de analizar numéricamente el efecto de los riesgos identificados sobre los objetivos generales del proyecto.

En forma análoga a lo indicado en sección iii., se realizó el análisis cualitativo de riesgos. Este proceso cumple con los requerimientos de PMBOK.

- v. Planificar la Respuesta a los Riesgos, se refiere al proceso de desarrollar opciones y acciones para mejorar las oportunidades y reducir las amenazas a los objetivos del proyecto.

De acuerdo a los resultados obtenidos de los análisis cualitativos y cuantitativo de los riesgos identificados, el Equipo de Proyecto (equipo del dueño y empresas de ingeniería o de apoyo), analizaron las alternativas u opciones existentes para reducir o mitigar los riesgos en rangos aceptables por ADS de AMSA, con lo cual se planificaron las acciones a seguir y ejecutar, como mejoras al proyecto. Este proceso cumple con los requerimientos de PMBOK.

- vi. Controlar los Riesgos, corresponde al proceso de implementar los planes de respuesta a los riesgos, dar seguimiento a los riesgos identificados, monitorear los riesgos residuales, identificar nuevos riesgos y evaluar la efectividad del proceso de gestión de los riesgos a través del proyecto.

Como se indica en las secciones anteriores, el Proyecto OXE desarrolló una identificación, evaluación y análisis de riesgos, como también su planificación de respuesta, lo cual fue registrado y monitoreado continuamente, a lo largo de su desarrollo, con lo cual se logró un control, seguimiento y mitigaciones/eliminación de los riesgos que fueron identificados. Ejemplo de medidas o iniciativas utilizadas por OXE en la fase de ejecución, se pueden destacar las siguientes:

- **Caminatas Cero Accidente**  
Cada fin de semana, equipos multidisciplinarios realizaban caminatas de seguridad en diferentes áreas del proyecto, con el objeto de chequear que la ejecución de los trabajos se realizaran de acuerdo a los estándares de seguridad del proyecto (HCR, HVCC, procedimientos específicos). En esta caminata también se revisaban las condiciones de trabajo, se reconocían las buenas prácticas y se buscaba potenciar el liderazgo de los trabajadores dentro de su mismo equipo.
- **Comité Paritario**  
El comité paritario del proyecto OXE, focalizó sus esfuerzos en mejorar continuamente las condiciones de trabajo para las personas, chequear el cumplimiento de los estándares de Seguridad y Salud Ocupacional del grupo y mantener comunicación constante con las personas de las empresas colaboradoras para así relacionarse de manera efectiva con ellos. Para cumplir con esto, se realizaron iniciativas tales como las caminatas paritarias, inspecciones a las condiciones del campamento (dormitorios y casino), y del lugar de trabajo, además de realizar premiaciones a empresas y trabajadores para potenciar el trabajo seguro y el auto-cuidado.

Este proceso cumple con los requerimientos de PMBOK.

- i) Gestión de las Adquisiciones del proyecto  
Corresponde a los procesos necesarios para comprar o adquirir productos, servicios o resultados que es preciso obtener fuera del equipo del proyecto, incluyendo los procesos

de gestión del contrato y de control de cambios requeridos para desarrollar y administrar contratos u órdenes de compra emitidos por miembros autorizados del equipo del proyecto. También se considera la administración de las obligaciones contractuales contraídas por el equipo del proyecto en virtud del contrato. Considerando los procesos requeridos para la Gestión de las Adquisiciones que un proyecto debe considerar de acuerdo a PMBOK, se tiene:

- i. Planificar la Gestión de las Adquisiciones, es el proceso de documentar las decisiones de adquisiciones del proyecto, especificar el enfoque e identificar a los proveedores potenciales.

El Proyecto OXE, desde su etapa de factibilidad, inició las labores de identificar y clasificar técnico y económicamente a los proveedores y empresas contratistas, que potencialmente podían ejecutar el proyecto, de acuerdo a las directrices definidas. Esto se realizó en base a un proceso de cotizaciones presupuestarias (inicialmente), para luego iniciar el proceso de cotizaciones “a firme”.

Este proceso cumple con los requerimientos de PMBOK.

- ii. Efectuar las Adquisiciones, corresponde al proceso de obtener respuestas de los proveedores, seleccionarlos y adjudicarles un contrato.

Al finalizar la etapa de Factibilidad, el proyecto OXE activó el área de adquisiciones para los equipos y contratos críticos, los cuales tomaban mayores tiempos de entrega, basados en los antecedentes provenientes de ingeniería, y de acuerdo a los estándares comerciales definidos para el proyecto, y considerando los listados de proveedores definidos, salvo algunas excepciones, debido a que por coyunturas del mercado, se pudo adquirir equipos y sistemas top de línea, que bajo otras condiciones, no se hubieran podido adquirir.

En esta etapa, el equipo del dueño, apoyado en empresas contratista, tuvo que generar documentación y procedimientos que no existían al interior de la compañía (AMSA), además de adaptarse a los procedimientos corporativos generales, los cuales a veces, dificultaron los tiempos y fluidez de los procesos de adquisiciones, debido a los montos involucrados y requerimientos de aprobaciones, que a través de un contrato tipo EPCM, no hubiera sucedido.

Se detectó una elevada atomización de contratos y adquisiciones, que complejizó el desarrollo del proyecto, dado que se requería un seguimiento y control extenso, con la necesidad de un equipo de personas numeroso.

Este proceso cumple con los requerimientos de PMBOK.

- iii. Controlar las Adquisiciones, hace referencia al proceso de gestionar las relaciones de adquisiciones, monitorear la ejecución de los contratos, y efectuar cambios y correcciones según corresponda.

El área de adquisiciones del Proyecto OXE, fue numeroso, con aproximadamente 15 personas durante el peak de la fase de ejecución del proyecto. Ellos

gestionaron, monitorearon y realizaron cambios o ajustes de las adquisiciones y contratos.

Este proceso cumple con los requerimientos de PMBOK.

- iv. Cerrar las Adquisiciones, corresponde al proceso de finalizar cada adquisición para el proyecto.

El área de adquisiciones del Proyecto OXE, se encargó de finalizar cada adquisición y contrato durante la fase de ejecución del proyecto.

Este proceso cumple con los requerimientos de PMBOK.

j) Gestión de los Interesados (Stakeholders) del proyecto

Corresponde a los procesos necesarios para identificar a las personas, grupos u organizaciones que pueden afectar o ser afectados por el proyecto, para analizar las expectativas de los interesados y su impacto en el proyecto, y para desarrollar estrategias de gestión adecuadas a fin de lograr la participación eficaz de los interesados en las decisiones y en la ejecución del proyecto. Esta labor, requiere de una comunicación continua con los interesados para comprender sus necesidades y expectativas, abordando los incidentes en el momento en que ocurren, gestionando conflictos de intereses y fomentando una adecuada participación de los interesados en las decisiones y actividades del proyecto, cuando corresponda. La satisfacción de los interesados debe gestionarse como uno de los objetivos clave del proyecto. Considerando los procesos requeridos para la Gestión de los Interesados (Stakeholders), que un proyecto debe considerar de acuerdo a PMBOK, se tiene:

- i. Identificar a los Interesados, consiste en el proceso de identificar las personas, grupos u organizaciones que podrían afectar o ser afectados por una decisión, actividad o resultado del proyecto, así como de analizar y documentar información relevante relativa a sus intereses, participación, interdependencias, influencia y posible impacto en el éxito del proyecto.

Como fue comentado en sección 4.7.6, el Proyecto OXE desde su etapa de Pre Factibilidad hasta Ejecución, desarrolló un proceso de identificación de interesados o stakeholders, que prácticamente fue continua, de manera de lograr la licencia para operar. Estos interesados, no solo fueron externos a AMSA, sino que también fueron internos, principalmente con Minera Centinela.

Este proceso cumple con los requerimientos de PMBOK.

- ii. Planificar la Gestión de los Interesados, corresponde al proceso de desarrollar estrategias de gestión adecuadas para lograr la participación eficaz de los interesados a lo largo del ciclo de vida del proyecto, con base en el análisis de sus necesidades, intereses y el posible impacto en el éxito del proyecto.

La Planificación de Gestión de interesados o stakeholders, fue desarrollada a medida que se identificaban estos grupos, y dependiendo de la influencia o importancia de ellos, se realizó una estrategia específica para abordarlos adecuadamente.

Este proceso cumple con los requerimientos de PMBOK.

- iii. Gestionar la Participación de los Interesados, hace referencia al proceso de comunicarse y trabajar con los interesados para satisfacer sus necesidades/expectativas, abordar los incidentes en el momento en que ocurren y fomentar la participación adecuada de los interesados en las actividades del proyecto a lo largo del ciclo de vida del mismo.

La Gestión de participación de interesados o stakeholders, fue desarrollada en distintas etapas del proyecto, dependiendo de la influencia o importancia de ellos, de manera de estar oportunamente presentes, para que tuvieran una participación adecuada en las actividades. Ejemplo de ello, son los Talleres de 100 días o los talleres HAZOP, Constructibilidad y Mantenibilidad, en la cual participaba el “interesado” principal, el Cliente Final del Proyecto, además de los Operadores/Mantenedores de Minera Centinela, y las empresas colaboradoras.

Este proceso cumple con los requerimientos de PMBOK.

- iv. Controlar la Participación de los Interesados, radica en el proceso de monitorear globalmente las relaciones de los interesados del proyecto, y ajustar las estrategias y los planes para involucrar a los interesados.

El control de la participación de interesados o stakeholders, fue uno de los desafíos del proyecto, principalmente en el proceso de desarrollo de ingeniería, donde se levantaron ajustes, mejoras y optimizaciones a la Ingeniería de Pre Factibilidad, con la cual se desarrolló la EIA del Proyecto OXE.

Estos ajustes, implicaron realizar tres DIA adicionales de modificación del Proyecto (una se desistió), como también implicaron informar y convencer al Cliente Final (operaciones/mantenimiento de Minera Centinela).

El control se considera efectivo, dado que el proyecto se pudo implementar y actualmente está operando, por lo cual, este proceso cumple con los requerimientos de PMBOK.

Como conclusión del análisis comparativo realizado en detalle para la “Ejecución de Procesos” y para las “Áreas de Conocimiento” definidas en PMBOK para el Proyecto OXE, se puede indicar que se cumplieron todas las recomendaciones y lineamientos identificados, que han sido compiladas por PMI para el desarrollo de proyectos de inversión de capital. Sin embargo, se recomienda realizar mejoras en algunas áreas de conocimiento, como son la Gestión de Calidad y Adquisiciones, de manera de robustecer el Modelo de Gestión propuesto. Se destaca también, que las áreas de Gestión de Interesados, de Riesgos, de Recursos Humanos, Tiempo y Costos, fueron abordadas en forma adecuada y sobresaliente, permitiendo capitalizar las oportunidades que se dieron en el transcurso del proyecto.

### **5.1.2 FEL**

La metodología utilizada en el Proyecto OXE, se basó en el Sistema de Entrega de Activos o ADS corporativos de AMSA, los cuales utilizan el concepto de puertas de aprobación, donde en

cada portón (final de una fase), se aprueba o no, para dar continuidad a la siguiente etapa o volver a una fase previa, lo cual es la base de la Metodología y recomendaciones de la metodología FEL, por lo cual se cumplen las directrices recomendadas de ejecutar los análisis y ejecución en forma gradual y comprensiva.

Para el Proyecto OXE, se destaca que su fase de ejecución, se encuentra finalizada al momento de realización de este trabajo, dado que se encuentra concluida la Puesta en Marcha y la entrega formal a Operaciones.

Para comprender un poco más de la metodología FEL, se destaca que sus fases son:

- FEL 1, corresponde a la etapa del Plan de Negocios
- FEL 2, corresponde al Plan de las Condiciones de Contorno
- FEL 3, corresponde al Plan de Implementación

Su foco, es que siempre podrá existir la posibilidad de cancelar o retornar a una fase previa, de forma de que se obtenga el mejor producto final, de acuerdo a las directrices consideradas. Considerando estas definiciones, y de acuerdo a estadísticas, el 75% de las ideas no prosperan cuando son sometidas a la “Puerta de Aprobación de FEL 1”; apenas el 50% de los Proyectos que logran pasar el primer portón de aprobación, logran aprobar el “Portal de Aprobación de FEL 2”, y solo el 1% de ellas, logra aprobar “Portal de Aprobación de FEL 3”, por lo cual el Proyecto OXE, es una de las pocas “ideas” que permanecieron en el tiempo y lograron transformarse en proyectos factibles de ejecución, bajo la metodología FEL de IPA.

El IPA destaca doce “Prácticas que entregan valor” de un proyecto o VIPs (por sus siglas en inglés, Value Improving Practices), las cuales, para el éxito del Emprendimiento, deben ser sistematizadas e iniciadas, idealmente al comenzar un Proyecto.

A continuación, se analizarán cada una de las doce prácticas recomendadas por IPA, y su relación con el Proyecto OXE:

1. Calidad Total, se relaciona con la facilidad de expansión del Proyecto, su nivel de automatización, y la calidad intrínseca del producto.

El Proyecto OXE, de acuerdo a la definición planteada, visualizó posibles expansiones, lo cual permitiría un posible incremento en el procesamiento de mineral o ajustar los ciclos de lixiviación, a través de la reserva de áreas del Layout del Proyecto, lo cual está informado en las RCA aprobadas. Esto implicaría incrementar el procesamiento en el Heap Leach, lo cual requeriría de ajustes en el sistema de transporte de material y de irrigación/colección de soluciones (extensiones), lo cual es factible de realizar.

En relación a la automatización de la planta de chancado y lixiviación, se proyectó un sistema de control lo más autónomo posible, el cual incluye:

- sistema de irrigación de soluciones en el Heap controlado en forma remota
- planta de chancado controlada remotamente
- manejo de soluciones de Refino, ILS, PLS, ácido sulfúrico, agua fresca y de proceso, controladas remotamente
- apilamiento de Heap mecanizado, con operación en cabina y con control remoto desde terreno



La calidad del producto o proyecto, será considerada adecuada y que cumple satisfactoriamente, dado que ya fue entregada a operación.

Se considera que el Proyecto OXE cumple con esta VIP de IPA.

2. Constructibilidad, se refiere al desarrollo de “Análisis del Proyecto”, por especialistas en montaje, con lo objetivo de economizar el dinero y disminuir el plazo durante la fase de construcción.

El Proyecto OXE, realizó en etapas de Factibilidad e Ingeniería de Detalles, Talleres de Constructibilidad del Proyecto, pero en estas etapas, no se realizó un análisis detallado o específico, enfocado en la optimización de costos o plazos durante la fase de construcción. Este análisis, si fue desarrollado por las empresas contratistas de construcción y montaje, en la medida de lo posible, y por ejemplo, se modificó la instalación de hormigón in-situ, por hormigón prefabricado en las fundaciones.

Se considera que el Proyecto OXE cumple parcialmente con esta VIP de IPA, y es una recomendación que debiese evaluarse o abordarse en forma temprana en un futuro proyecto utilizando esta metodología de gestión.

3. Especificaciones normalizadas, se refiere a seguir patrones severos que permitan mejorar la eficiencia de fabricación, calidad del producto, costos de operación y seguridad del personal.

El Proyecto OXE, definió un estándar o patrón de acuerdo a los objetivos del proyecto, el cual se proyecta para una operación de 8 años. En base a ello, se definió la eficiencia de fabricación, calidad del producto, costos de operación y seguridad del personal, alineado a los estándares corporativos de AMSA, especialmente en lo referente a seguridad de las personas.

Se considera que el Proyecto OXE cumple con esta VIP de IPA.

4. Proyecto en la Capacidad real, esto se refiere a la capacidad proyectada de la planta, se ajuste a los requerimientos reales y que los “factores de seguridad”, no sean sobre ni sub valorados, de manera de no incurrir en sobrecostos.

El Proyecto OXE, definió un estándar para los 8 años proyectados de operación, y durante la ingeniería de factibilidad y de detalles, se ajustaron parámetros de diseño, para no sobredimensionar sistemas, equipos ni instalaciones, de forma de ajustar los costos del proyecto y cumplir los objetivos planteados.

Se considera que el Proyecto OXE cumple con esta VIP de IPA.

5. Optimización Energética, hace referencia a la consideración de simulaciones de utilización de energías presentes en el proyecto (eléctrica, mecánica, hidráulica u otra), con el objetivo de minimizar costos e impactos al medio ambiente durante la operación.

El Proyecto OXE, realizó en etapas de Factibilidad e Ingeniería de Detalles, una optimización de las potencias requeridas por los sistemas y equipos, pero no se realizó una simulación de optimización de uso de energías presentes, y sus eventuales impactos al medio ambiente, adicionales a los análisis de riesgos realizados.

Se considera que el Proyecto OXE cumple parcialmente con esta VIP de IPA, y es una recomendación que debiese evaluarse o abordarse en forma temprana en un futuro proyecto utilizando esta metodología de gestión, sobre todo considerando el uso de las ERNC, de forma de ajustar costos de operación e impactos al medio ambiente.

6. Mantenimiento Preventivo, considera que en el proyecto utilice en los equipos y sistemas, sensores que permitan evitar o pronosticar posibles fallas, de manera de poder realizar mantención previa a ese instante, de forma de favorecer a la operación/mantención.

El Proyecto OXE, consideró sensores de control y monitoreo de sistemas y equipos, pero no se focalizó en que estos permitieran facilitar el mantenimiento preventivo.

Se considera que el Proyecto OXE cumple parcialmente con esta VIP de IPA, y es una recomendación que debiese evaluarse o abordarse en forma temprana en un futuro proyecto utilizando esta metodología de gestión.

7. Confiabilidad del Proceso, corresponde a la definición de metas de operatividad (utilización real de los sistemas), de manera definir el proceso y sus dimensiones/capacidades, de forma que maximicen el uso de las instalaciones en costo y seguridad.

El Proyecto OXE, consideró la evaluación de la confiabilidad de sus sistemas, realizándolos en forma separada y luego en su globalidad, basados en los valores obtenidos de la experiencia de las empresas de ingeniería que diseñaron el proyecto. Se realizaron simulaciones de la utilización real de cada uno de ellas, de acuerdo a los objetivos del proyecto y de manera de no tener una sobredimensión de sistemas que provocara un incremento de costos.

Se considera que el Proyecto OXE cumple parcialmente con esta VIP de IPA, y es una recomendación que debiese evaluarse o abordarse en forma temprana en un futuro proyecto utilizando esta metodología de gestión, considerando simulaciones con softwares que evalúen la confiabilidad operacional en mayor detalle, sobre todo con los cuellos de botella, detenciones inesperadas, autonomía de los sistemas, y hagan una evaluación holística con los costos de proyecto, de forma que permitan revisar los beneficios y complicaciones para la operación. Por ejemplo, la utilización del software RMES.

8. Simplificación del Proceso, se refiere a la metodología disciplinada para reducir costos de inversión (CAPEX), y también costos de operación (OPEX), a través de la eliminación de etapas y/o combinación de procesos.

El Proyecto OXE, durante su etapa de Factibilidad, desarrollo una optimización y ajuste del proceso, sistemas y Layout, respecto a lo desarrollado en Pre Factibilidad, en post de reducir el CAPEX y OPEX.

Se considera que el Proyecto OXE cumple con esta VIP de IPA.

9. Selección de Tecnología, corresponde al proceso formal de búsqueda de tecnologías, dentro y fuera de la Compañía, que sean más actuales y mejores que las que se encuentran en uso, con la consideración que éstas deben estar probadas.

El Proyecto OXE, durante su etapa de Factibilidad, investigó sobre tecnologías actuales, que permitieran una mejora al proceso y optimización de costos, considerando que estas se encontrasen probadas en otra faena de similares características.

Se considera que el Proyecto OXE cumple con esta VIP de IPA.

10. Estudio de Ingeniería de Valor, se refiere al proceso de verificar, a través de una metodología científica, si existen ítems que pueden ser eliminados o modificados dentro del proyecto, debido a que no agregan valor, las cuales se implementaron. Ejemplo de ello, es la optimización de espacios del Layout en el área OXE, como también la definición de área de posibles futuras expansiones del Heap y ROM.

El Proyecto OXE, durante su etapa de Factibilidad, desarrolló una ingeniería de valor en su inicio, de la cual surgieron oportunidades de mejoras al proyecto.

Se considera que el Proyecto OXE cumple con esta VIP de IPA, pero es una oportunidad de incrementar los resultados, realizando una ingeniería formal, previa a la etapa de Factibilidad.

11. Minimización de residuos, corresponde a un estudio detallado del Proyecto, que verifique u optimice la generación de residuos al mínimo posible.

El Proyecto OXE, durante el desarrollo del proyecto, revisó la generación de residuos, pero no se realizó un estudio específico que permitiera evaluar la disminución de ellos, a través de una optimización o reutilización.

Se considera que el Proyecto OXE no cumple con esta VIP de IPA, y es una recomendación que debiese evaluarse o abordarse en forma temprana en un futuro proyecto utilizando esta metodología de gestión, especialmente por la relevancia medioambiental que los residuos mineros generan en la sociedad.

12. Modelación de Proyecto en 3D, considera la utilización de softwares de diseño, dibujo, abastecimiento e información específica de los sistemas, que permitan modelar el proyecto en su totalidad, de forma de identificar omisiones dimensionales, análisis de interferencias y mejor comprensión para la etapa de ejecución y operación del Proyecto.

El Proyecto OXE, no desarrollo en forma completa un modelo 3D “inteligente”, que utilizase la tecnología disponible actualmente, la cual permite visualizar el proyecto en forma integral, desde una visión general, el seguimiento de la etapa de abastecimiento y construcción, hasta la identificación de los componentes de una bomba de impulsión de agua, que faciliten su montaje o mantención.

Se considera que el Proyecto OXE cumple parcialmente con esta VIP de IPA, y es una recomendación que debiese evaluarse o abordarse en forma temprana en un futuro proyecto utilizando esta metodología de gestión, especialmente por las bondades que otorga un modelo 3D “inteligente” para la etapa de operación. Actualmente, esto debiese ser una exigencia mínima para el desarrollo de proyectos de ingeniería.

Como conclusión del análisis de la utilización FEL, se puede indicar que AMSA posee procedimientos ADS alineados con esta metodología, y que fueron correctamente utilizados en el Proyecto OXE. Sin embargo, existen doce recomendaciones VIPs de IPA para el desarrollo de proyectos, de las cuales, en general se cumplen parcialmente, existiendo oportunidades de mejora, respecto a la utilización de software 3D, minimización de residuos, confiabilidad del proceso, mantenimiento preventivo y optimización energética.

## **5.2 Análisis respecto a la utilización de un EPCM**

La modalidad contractual de desarrollar la etapa de ejecución de proyectos a través EPCM (Ingeniería, Construcción, Abastecimientos y Gestión), obedece principalmente a una evaluación de riesgos y a los recursos o capacidad técnico-profesional que tenga una compañía en un determinado instante de tiempo para ejecutar un proyecto.

En un EPCM, la empresa especialista no construye, sino que encarga a un tercero la construcción en nombre y a cuenta del Mandante. El contratista desarrolla directamente la ingeniería de detalles e incluso la ingeniería básica (depende de cuando sea integrado al proyecto), pero actúa por cuenta del Mandante en todas las compras y contratos de construcción (incluyendo los procesos de licitaciones). Además, realiza el gerenciamiento del proyecto (dirige, integra y coordina todos los trabajos y proveedores o contratistas, además de gestionar riesgos, aprueba estados de pago, entre otros). Bajo esta modalidad, el escenario ideal es que el Mandante cuente con un equipo propio de profesionales con experiencia para asistir al contratista EPCM como Patrocinador (apoya, abre puertas, gestiona riesgos), y Contraparte (es contraparte, ITO, aprueba, paga y califica), tanto en el gerenciamiento y administración de los contratos.

En esta modalidad se transfieren algunos riesgos desde el Mandante al contratista EPCM, usualmente acotado a un porcentaje del valor total del contrato. De la misma forma, estos contratos usualmente tienen cláusulas de incentivos para el contratista por reducir los plazos o costos definidos. Adicionalmente, los contratistas EPCM, tienen desarrollados, probados y alineados los sistemas, procedimientos y equipos profesionales, cuando ejecutan un EPCM.

La metodología utilizada por el Proyecto OXE, consistió en que el Mandante asumió el gerenciamiento del proyecto, contrató por separado la ingeniería, realizó por su cuenta las compras y contratos, licitó y contrató la construcción, y por consiguiente, asumió la mayor parte de los riesgos de la ejecución. Esto conllevó a que debió considerar un equipo de profesionales experimentados internamente, además de considerar soporte de empresas colaboradoras y contratistas para ejecutar el servicio. Adicionalmente, no contaba con los sistemas y procedimientos que las empresas especialistas en EPCM poseen, y estuvo limitado a los lineamientos corporativos de AMSA. Sin embargo, se ejecutaron acciones que disminuían las brechas con un contratista EPCM y se realizó un adecuado seguimiento de Riesgos, Costos y Plazos, que permitieron alcanzar gran parte de los factores de éxitos definidos, y cumplir con la mayoría de las directrices de PMBOK y FEL. Considerando lo antes expuesto, en referencia al Proyecto OXE, se indica:

- a) **Gestión de Riesgos:** El contrato tipo EPCM, es una tarea conjunta entre el contratista EPCM y el Mandante, por lo cual no hay una transferencia completa de responsabilidades, y ambas partes deben trabajar en conjunto. En el caso del Proyecto OXE, toda la responsabilidad de Gestión de Riesgos la asumió el Mandante.
- b) **Gestión de Costos:** A pesar de los incentivos o multas que puedan existir en los contratos por reducir costos, es usual que el contratista de EPCM cobre un porcentaje de las compras que realiza en nombre del Mandante, incluso siendo parte de su gestión, lo cual incrementa los costos del proyecto. Adicionalmente, como no es el Cliente final para el proveedor, sino que es un intermediario, los precios de venta podrían ser mayores en comparación a que la compra sea gestionada directamente por el Mandante. En el caso del Proyecto OXE, el Mandante realizó toda la gestión de compras, y pudo capitalizar oportunidades de reducción de costos importantes, sin cobros de comisiones intermedias y generando inmediatamente un vínculo con el proveedor, sin un intermediario.
- c) **Gestión de Plazos:** El contratista EPCM, podría verse incentivado a disminuir plazos de proyectos, dependiendo de los incentivos o multas indicados en el contrato, pero si ellos no generan un atractivo adecuado, no hay motivación alguna para desarrollar un trabajo sobresaliente y disminuir los tiempos de ejecución. En el caso del Proyecto OXE, toda la gestión de plazos, estaba alineada a la estrategia corporativa y del cliente final, Minera Centinela, por lo cual podían realizarse ajustes en pos de cumplir objetivos específicos. En este caso, se ralentizó el proyecto para capitalizar oportunidades de mejoras en la planta de chancado y en la reducción de costos del proyecto, aun considerando que se estaba sacrificando un año de producción, lo cual pudo ser compensado con un acuerdo y ajuste operacional de la producción de Minera Centinela, todo lo cual fue producto de coyunturas de mercado, tales como: bajo precio del cobre, baja demanda de equipos mineros, baja demanda de empresas constructoras y contratistas, lo cual permitió optimizar el CAPEX del Proyecto.
- d) **Procedimientos:** El contratista de EPCM, es un especialista en el desarrollo de estos tipos de contratos, y su organización está orientada a optimizar y gestionar todos sus alcances, de acuerdo a las buenas prácticas de la industria y a su experiencia propia. En el caso del Proyecto OXE, AMSA no era una empresa experta en desarrollo ni de ejecución de proyectos, tampoco tenía todos los procedimientos requeridos ni el personal idóneo para ello, por lo cual tuvo que preparar un equipo interno y contratar empresas de apoyo y asesores, que le permitieran desarrollar el proyecto.

### **5.3 Cumplimiento de Factores de Éxito del Proyecto**

Los Factores de Éxito definidos para el Proyecto OXE por parte de AMSA, tienen el siguiente grado de cumplimiento:

- **Excelencia en resultados de seguridad (cero lesión, cero daño y sin fatales): CUMPLE PARCIALMENTE** el objetivo “cero”, dado que existieron cuatro accidentes con tiempo perdido en aproximadamente 9,8 millones de HH. Sin embargo, se destaca que ha sido el mejor proyecto de la Industria Minera en los últimos 10 años, en cuanto a Índice de Frecuencia Global, con índice de 0,41 por millón de HH, siendo su más cercano competidor con 0,85 por millón de HH (Proyecto Antucoya). Adicionalmente, durante la

fase de ejecución del proyecto se recibieron 2 premios asociados a la seguridad, “Premio Consejo Nacional de Seguridad (logró la tasa más baja de índice de frecuencia del año 2016 en la categoría N°45 Servicios a la Minería.)”, y “Reconocimiento de ACHS ante 2.000.000 HH sin accidentes incapacitantes (entre 14/12/2015 y 31/07/2016)”.

- Licencia para operar, gestión de permisos, plazos y relaciones con la comunidad: CUMPLE cabalmente, dado que se logró la gestión de todos los permisos e incluso dos DIA de optimización del Proyecto con sus respectivas RCA, aprobadas durante la fase de ejecución. No se registraron conflictos o paralizaciones por incumplimiento de permisos, plazos o transgresiones a acuerdo con la comunidad y autoridad.
- Máxima sinergia con el Distrito Minero Centinela (Minera Centinela): CUMPLE cabalmente, dado que se aprovecharon al máximo las instalaciones y suministros de existentes en DMC, para el desarrollo de OXE, destacando la reutilización-expansión de la Planta SX, el empalme al Suministro Eléctrico existente y la conexión a la aducción de agua de mar.
- Aprovechar las condiciones del mercado, enfocándose en calidad, plazo y costo: CUMPLE cabalmente, dado que se aprovecharon las oportunidades existentes en el mercado de equipos, empresas de ingeniería y contratistas-construtores. También, se benefició de la baja en precio del cobre, lo cual afectó a varios sectores económicos del país, la industria y el mundo, lo cual permitió ralentizar el proyecto para renegociar contratos, equipos e insumos. Un ejemplo de los ahorros y oportunidades, fue la compra del Campamento de Pascua Lama y la Planta de Chancado, respectivamente, lo cual representó una importante reducción de Costos y compra de equipos de primera línea, que en otro contexto de mercado, quizás no hubiera sido posible.
- CAPEX: identificar oportunidades de ahorro: CUMPLE cabalmente. De forma análoga al caso anterior, existieron varias oportunidades de reducción de costos de inversión que el proyecto supo capitalizar, además de verse beneficiado por los ajustes de precio entre “Dólar Proyecto” y “Dólar Real”, lo cual implicó que el proyecto al final, tuviese un costo menor al aprobado por Directorio AMSA. El CAPEX final fue de 661 millones de dólares, lo cual corresponde a un 5% costo sobre-programa en moneda de proyecto, equivalente a 602 millones de dólares en moneda real, cumpliéndose la directriz principal de contención del costo de capital (5% adicional en dólar de proyecto, y bajo el presupuesto considerando dólar real).
- Plazos: La fase de ejecución tomó 35 meses, considerando que hubo una extensión de plazo debido al siguiente desglose: 7 meses de ralentización, 4 meses por modificación de la ingeniería en el área de chancado y 4 meses por atrasos en la construcción. La condición del mercado favoreció la flexibilidad para ajustar ejecución de proyecto, lo cual fue autorizado por el Directorio de AMSA, por lo cual se indica que CUMPLE.
- Gestión de Riesgos: implementar controles que permitan mitigar los riesgos a niveles aceptables para la aprobación de la fase de construcción: CUMPLE, debido a que logró eliminar, mitigar y controlar de forma oportuna los riesgos críticos, obteniendo la aprobación y construcción de la fase de construcción. Además, mantuvo su labor de control y mitigación de riesgos durante toda la fase de construcción.

- Proyecto administrado por equipo del dueño: CUMPLE cabalmente, dado que el equipo de proyecto, lideró cada una de las etapas o fases, a pesar de las dificultades y aprendizajes que significó el desafío. Además, la Infraestructura, organización y liderazgo del equipo del dueño utilizado, generaron buenas relaciones laborales.
- Control de Proyecto: internalización del proceso de control, resultando en ahorros y know-how dentro de la Compañía: CUMPLE PARCIALMENTE, debido a que no todo el equipo era interno y por ende, no se capturó 100% el conocimiento adquirido.

Como conclusión, se puede indicar que el Proyecto OXE cumplió casi el 100% de los Factores de éxito, debido a que en los resultados de seguridad, existieron 4 accidentes con tiempo perdido y no fue un resultado “cero daño”, sin embargo, ha sido el mejor proyecto de la Industria Minera en los últimos 10 años, en cuanto a Índice de Frecuencia Global, con índice de 0,41 por millón de HH, además de recibir dos reconocimientos a nivel nacional. Por otro lado, en Control de Proyectos, no todo el know-how quedó en la Compañía, dado que el equipo no era 100% AMSA. En todos los otros Factores de Éxito, se alcanzó el cumplimiento. Adicionalmente, el resultado del proyecto OXE se encuentra dentro del rango satisfactorio, según benchmarking de proyectos comparables (antecedente de AMSA), considerando variables de plazo y costo, considerando además, que el ramp-up se encuentra en desarrollo y acorde a programa, con un avance de 70% al cuarto mes de puesta en marcha (criterio IPA).

## 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

Una metodología de Gestión de Proyectos, por sí sola no garantiza alcanzar el éxito de un proyecto. Se requiere un trabajo en equipo y seguimiento constante de las distintas variables y recomendaciones que en la literatura se señalan como exitosas, pero éstas deben homologarse a la realidad de cada proyecto. En la literatura hay diversos casos de aplicaciones de una metodología para el mismo tipo de proyecto, que en algunos casos tuvo resultados exitosos, en otros regulares y en otros desastrosos.

Como indica PMBOK, un proyecto se define como *“un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único, con un principio y un final definidos. El final se alcanza cuando se logran los objetivos del proyecto o cuando se termina el proyecto porque sus objetivos no se cumplirán o no podrán ser cumplidos, o cuando ya no existe la necesidad que dio origen al proyecto”*. Junto con ello, la gestión de proyectos es *“la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo, lo cual se logra mediante la aplicación e integración adecuadas de procesos de gestión de proyectos, agrupados lógicamente (Idea, Planificación, Organización y Ejecución, Monitoreo y Control, y Cierre o Entrega a Operaciones)”*, es decir, es una metodología de administración y dirección de proyectos integrada, que permite transformar una decisión inversional en una realidad dentro de un marco de seguridad, calidad, tiempo y costos. Ambos conceptos implican que la metodología utilizada en un proyecto, no necesariamente será efectiva en todos los casos, dado que depende de múltiples variables que los diferencian.

La metodología utilizada por el Proyecto OXE, consistió en que el Mandante asumió el gerenciamiento del proyecto, contrató por separado la ingeniería, realizó por su cuenta las compras y contratos, licitó y contrató la construcción, y por consiguiente, asumió la mayor parte de los riesgos por la ejecución del proyecto.

El desarrollo del Proyecto OXE y la utilización del Sistema de Entrega de Activos o ADS de AMSA, permitieron que el proyecto estuviese alineado en forma general con las recomendaciones de PMBOK de PMI y la Metodología FEL de IPA, para la Gestión de Proyectos.

Como conclusión del análisis comparativo realizado en detalle para la “Ejecución de Procesos” y para las “Áreas de Conocimiento” definidas en PMBOK para el Proyecto OXE, se puede indicar que se cumplieron todas las recomendaciones y lineamientos identificadas y compiladas por PMI para el desarrollo de proyectos de inversión de capital. Sin embargo, se recomienda realizar mejoras en algunas áreas de conocimiento, como son la Gestión de Calidad y Adquisiciones, de manera de robustecer el Modelo de Gestión propuesto. Se destaca también, que las áreas de Gestión de Interesados, de Riesgos, de Recursos Humanos, Tiempo y Costos, fueron abordadas en forma adecuada y sobresaliente, permitiendo capitalizar las oportunidades que se dieron en el transcurso del proyecto.

Como conclusión del análisis de la utilización FEL de IPA, se puede indicar que AMSA posee procedimientos ADS alineados con esta metodología, y que fueron correctamente utilizados en el Proyecto OXE. Sin embargo, existen doce recomendaciones VIPs de IPA para el desarrollo de



proyectos, de las cuales, en general el proyecto las cumple parcialmente, pero existen oportunidades de mejora, pero existen otras que no fueron consideradas, estas son: utilización de software 3D, minimización de residuos, confiabilidad del proceso, mantenimiento preventivo y optimización energética.

Respecto a considerar la modalidad contractual de desarrollar la etapa de ejecución de proyectos a través EPCM (Ingeniería, Construcción, Abastecimientos y Gestión), se señala que esta obedece principalmente a una evaluación de riesgos y a los recursos o capacidad técnico-profesional que tenga una compañía en un determinado instante de tiempo para ejecutar un proyecto. Esto conllevó a que el Proyecto OXE debió considerar un equipo de profesionales experimentados internamente, además de considerar soporte de empresas colaboradoras y contratistas para ejecutar el servicio. Adicionalmente, no contaba con los sistemas y procedimientos que las empresas especialistas en EPCM poseen, y estuvo limitado a los lineamientos corporativos de AMSA. Sin embargo, se ejecutaron acciones que disminuían las brechas con un contratista EPCM y se realizó un adecuado seguimiento de Riesgos, Costos y Plazos, que permitieron alcanzar gran parte de los factores de éxitos definidos, y cumplir con la mayoría de las directrices de PMBOK y FEL.

Los factores de Éxito definidos para el Proyecto OXE, tienen el siguiente grado de cumplimiento:

- Excelencia en resultados de seguridad (cero lesión, cero daño y sin fatales): CUMPLE PARCIALMENTE el objetivo “cero”, dado que existieron cuatro accidentes con tiempo perdido en aproximadamente 9,8 millones de HH. Sin embargo, se destaca que ha sido el mejor proyecto de la Industria Minera en los últimos 10 años, en cuanto a Índice de Frecuencia Global, con índice de 0,41 por millón de HH, siendo su más cercano competidor con 0,85 por millón de HH (Proyecto Antucoya). Adicionalmente, durante la fase de ejecución del proyecto se recibieron 2 premios asociados a la seguridad, “Premio Consejo Nacional de Seguridad (logró la tasa más baja de índice de frecuencia del año 2016 en la categoría N°45 Servicios a la Minería.)” y “Reconocimiento de ACHS ante 2.000.000 HH sin accidentes incapacitantes (entre 14/12/2015 y 31/07/2016)”.
- Licencia para operar, gestión de permisos, plazos y relaciones con la comunidad: CUMPLE cabalmente, dado que se logró la gestión de todos los permisos e incluso se realizaron tres DIA de optimización del Proyecto (una se desistió), con sus respectivas RCA aprobadas durante la fase de ejecución. No se registraron conflictos o paralizaciones por incumplimiento de permisos, plazos o transgresiones a acuerdo con la comunidad y autoridad. Se destaca que la estrategia de obtener EIA y RCA con ingenierías preliminares, y luego ajustar las optimizaciones con DIA, fue adecuada y exitosa.
- Máxima sinergia con el Distrito Minero Centinela (Minera Centinela): CUMPLE cabalmente, dado que se aprovecharon al máximo las instalaciones y suministros de existentes en DMC, para el desarrollo de OXE, destacando la reutilización-expansión de la Planta SX, el empalme al Suministro Eléctrico existente y la conexión a la aducción de agua de mar.
- Aprovechar las condiciones del mercado, enfocándose en calidad, plazo y costo: CUMPLE cabalmente, dado que se aprovecharon las oportunidades existentes en el mercado de equipos, empresas de ingeniería y contratistas-constructores. También, se

benefició de la baja en precio del cobre, lo cual afectó a varios sectores económicos del país, la industria y el mundo, lo cual permitió ralentizar el proyecto para renegociar contratos, equipos e insumos. Un ejemplo de los ahorros y oportunidades, fue la compra del Campamento de Pascua Lama y la Planta de Chancado, respectivamente, lo cual representó una importante reducción de Costos y compra de equipos de primera línea, que en otro contexto de mercado, quizás no hubiera sido posible.

- CAPEX: identificar oportunidades de ahorro: CUMPLE cabalmente. De forma análoga al caso anterior, existieron varias oportunidades de reducción de costos de inversión que el proyecto supo capitalizar, además de verse beneficiado por los ajustes de precio entre “Dólar Proyecto” y “Dólar Real”, lo cual implicó que el proyecto al final, tuviese un costo menor al aprobado por Directorio AMSA. El CAPEX final fue de 661 millones de dólares, lo cual corresponde a un 5% costo sobre-programa en moneda de proyecto, equivalente a 602 millones de dólares en moneda real, cumpliéndose la directriz principal de contención del costo de capital
- Plazos: La fase de ejecución tomó 35 meses, considerando que hubo una extensión de plazo debido al siguiente desglose: 7 meses de ralentización, 4 meses por modificación de la ingeniería en el área de chancado y 4 meses por atrasos en la construcción. La condición del mercado favoreció la flexibilidad para ajustar ejecución de proyecto, lo cual fue autorizado por el Directorio de AMSA, por lo cual se indica que CUMPLE.
- Gestión de Riesgos: implementar controles que permitan mitigar los riesgos a niveles aceptables para la aprobación de la fase de construcción: CUMPLE, debido a que logró eliminar, mitigar y controlar de forma oportuna los riesgos críticos, obteniendo la aprobación y construcción de la fase de construcción. Además, mantuvo su labor de control y mitigación de riesgos durante toda la fase de construcción.
- Proyecto administrado por equipo del dueño: CUMPLE cabalmente, dado que el equipo de proyecto, lideró cada una de las etapas o fases, a pesar de las dificultades y aprendizajes que significó el desafío. Además, la Infraestructura, organización y liderazgo del equipo del dueño utilizado, generaron buenas relaciones laborales.
- Control de Proyecto: internalización del proceso de control, resultando en ahorros y know-how dentro de la Compañía: CUMPLE PARCIALMENTE, no todo el equipo era interno y por ende, no se capturó 100% el conocimiento adquirido.

Como conclusión, se puede indicar que el Proyecto OXE cumplió casi el 100% de los Factores de éxito, debido a que en los resultados de seguridad, existieron 4 accidentes con tiempo perdido y no fue un resultado “cero daño”, sin embargo, ha sido el mejor proyecto de la Industria Minera en los últimos 10 años, en cuanto a Índice de Frecuencia Global, con índice de 0,41 por millón de HH, además de recibir dos reconocimientos a nivel nacional. Por otro lado, en Control de Proyectos, no todo el know-how quedó en la Compañía, dado que el equipo no era 100% AMSA. En todos los otros Factores de Éxito, se alcanzó el cumplimiento. Adicionalmente, el resultado del proyecto OXE se encuentra dentro del rango satisfactorio, según benchmarking de proyectos comparables (antecedente de AMSA), considerando variables de plazo y costo, considerando además, que el ramp-up se encuentra en desarrollo y acorde a programa, con un avance de 70% al cuarto mes de puesta en marcha (criterio IPA).

Cabe destacar que un Proyecto requiere de un trabajo colaborativo entre todas las partes involucradas, y no basta solo de sistemas de gestión y profesionales experimentados, se requiere también de entregar los lineamientos y antecedentes en tiempo y calidad requerida, para obtener los resultados esperados. Además, una experiencia exitosa de gestión de proyectos, no necesariamente será exitosa en otro lugar y tiempo, dado que cada Proyecto depende de múltiples variables y condicionantes, que lo hacen único.

## 6.2 Recomendaciones

De acuerdo al análisis realizado, se generan las siguientes recomendaciones al Modelo de Gestión del Proyecto OXE:

- Robustecer el organigrama del Owner Team, tanto para las Fases Preliminares del Proyecto como para su Ejecución, especialmente en las siguientes áreas:
  - Integración de Ingenierías de distintas empresas. Debiese ser un área que incluya ingenieros y proyectistas que hagan la labor de checker y primer filtro, previo a pasar al área de ingeniería y revisión interdisciplinaria.
  - Agregar un Deputy Manager para el Gerente de Proyecto, de manera de tener un apoyo en el área de gestión de proyectos, para que el gerente tenga más libertades y tiempo para la dirección y gestión del proyecto.
  - Revisar la dotación de especialistas en el área Ingeniería y Construcción, e idealmente tener un equipo Senior con apoyo de un Junior o Ingeniero A/B, de manera de liberarlo de labores administrativas que no requieren de ese expertise, y además de manera de formar las próximas generaciones de especialistas con el sello de la Compañía
  - Integrar un área específica de Recursos Humanos al proyecto, la cual puede incluir las labores de Comunicaciones
  - Gestión de Calidad, debe implementarse como un área fuerte, que sea capaz de identificar hallazgos o falencias en los procesos, estándares y procedimientos requeridos por el Proyecto. A su vez, en la etapa de ejecución, debe ser un área que gestione y administre la correcta ejecución de las diversas faenas, a través de protocolos ad-hoc.
  - Implementar el área de Control Documental, ligado al área de calidad, desde el inicio de las fases de proyecto.
  - Revisar la atomización de actividades de compras y contratos, dado el exceso de carga para el área de Abastecimientos, lo cual no fue un gran aporte y desfocaliza a equipo de proyecto
  
- Una mejora importante que se debe considerar al modelo de gestión utilizado, es dar continuidad durante la etapa de construcción, precomisionamiento y comisionamiento, a las empresas diseñadoras de los sistemas e instalaciones, dado que ellos proyectaron los diseños y conocen los sistemas de mejor forma que una empresa contratista. Adicionalmente, existe un riesgo asociado al excluirlos, que corresponde a modificaciones de diseño realizadas por terceros, dado que se pierden las garantías del diseño original.
  
- Si se desarrolla un proyecto Greenfield con iteración en un Brownfield, o es un solamente un Brownfield, se requiere de un área de Proyecto y otra de operaciones,

específica en coordinación y gestión por ambos lados, dado que la experiencia en este proyecto y en otros de otras compañías y diversas magnitudes, demuestran que si no existe personal de dedicación exclusiva ello, las gestiones se diluyen o demoran tiempos que el proyecto no tiene.

- Se recomienda que esta metodología sea utilizada en proyectos con rango de inversión de capital que oscile entre los 200 y 600 millones de dólares, los cuales podrían identificarse como proyectos mineros intermedios. Sobre o bajo estos montos, el nivel de requerimientos del equipo del dueño, está sobrevalorado o subvalorado, respectivamente, o el organigrama requerido diferirá bastante. Pero como se indicó, esto hay que analizarlo proyecto a proyecto, de acuerdo a sus requerimientos específicos.
- Otra alternativa para utilizar este modelo de gestión en un Mega Proyecto, es considerar su subdivisión, es decir, considerar subproyectos separables físicamente y que puedan tener equipos de proyecto dedicados y con controles separados.
- Se recomienda incorporar la tecnología de Modelos o Maquetas 3D “Inteligente”, que permitan realizar una integración más fluida de distintas ingenierías y especialidades, además deservir como una herramienta de identificación de omisiones, interferencias, planificación de construcción y apoyo a operaciones.
- Se recomienda realizar análisis de minimización de residuos y optimización en el uso de energías, de manera de incorporar a la Sustentabilidad como parte fundamental de la metodología, y colaborar con la preservación del Medio Ambiente, directriz mandatoria en todo tipo de proyectos en la actualidad.
- Se recomienda incorporar una instancia formal de ingeniería de valor y confiabilidad de los procesos, de manera de identificar optimizaciones adicionales que permitan un proyecto más seguro y con costos más controlados.
- Se recomienda incorporar desde la fase de Prefactibilidad, el concepto constructivo de “modularización” (construcción tipo LEGO), lo cual permite optimizaciones de materiales, costos y plazos de proyecto, los cuales no pueden ser capitalizados de la misma forma en ingenierías avanzadas.

## 7 GLOSARIO

ACTP:	Accidente con tiempo perdido - Lost Time Accident (LTA)
ADM:	Accidente con daño material
AMSA:	Antofagasta Minerals S.A.
AP:	Alto potencial (en este documento, asociado al riesgo de fatalidad)
ASTP:	Accidente sin tiempo perdido - Non Lost Time Accident (NLTA)
BP:	Bajo potencial (en este documento, asociado al riesgo de fatalidad)
CAPEX:	Capital Expenditure - Inversión de Capital
CUASI:	Cuasi accidente
DGA:	Dirección General de Aguas
DMC:	Distrito Minero Centinela
DOM:	Dirección de Obras Municipales
DSD:	Documento de Soporte de Decisión
EAC:	Estimate at Completion
EIA:	Estudio de Impacto Ambiental
EPCM:	Engineering, Procurement and Construction Management – Ingeniería, Abastecimiento y Gestión de Construcción
ERNC:	Energías renovables no convencionales
ETC:	Estimate to Complete
FEL:	Front-End Loading / Fases por Puertas
FY	Full Year – Todo el año
HH:	Horas Hombre
HSEC:	Health, Safety, Environment and Community - Salud, Seguridad, Medioambiente y Comunidad
ICA:	Índice de Cuasi Accidente
ICE:	Informe Consolidado de Evaluación Ambiental

ILS:	Intermediate Leach Solution / Solución intermedia en Cobre
IPA:	Independent Project Analysis – Análisis Independientes de Proyectos
KOM:	Kick-off meeting - Reunión de inicio
LTA:	Lost Time Accident - Accidente con tiempo perdido (ACTP)
LTIFR:	Lost Time Incident Frequency Rate – Tasa de Frecuencia de Accidente con Tiempo Perdido
LTISR:	Lost Time Incident Severity Rate – Tasa de Severidad de accidente con Tiempo Perdido
Mton:	Millones de toneladas
NLTA:	Non Lost Time Accident - Accidente sin tiempo perdido (ASTP)
OXE:	Proyecto Óxidos Encuentro
PF:	Performance Factor - Factor de Rendimiento o Productividad
PLS:	Pregnant Leach Solution / Solución rica en Cobre
PMI:	Project Management Institute – Instituto de Gestión de Proyectos
PMBOK:	A Guide to the Project Management Body of Knowledge - Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos
PTD:	Project To Date – Proyecto a la fecha
QA/QC:	Quality Assurance / Quality Control – Aseguramiento de Calidad / Control de Calidad
RCA:	Resolución de Calificación Ambiental
RO:	Reverse Osmosis / Osmosis Inversa
SEA:	Servicio de Evaluación ambiental
Sernageomin:	Servicio nacional de geología y minería
Stakeholders:	Interesados (personas u organizaciones), afectadas por las actividades o decisiones de un empresa o proyecto
SIAM:	Sistema de impulsión de agua de mar
SSO:	Salud y Seguridad Ocupacional
VIPs:	Value Improving Practices, - Prácticas que entregan valor

WBS: Work Breakdown Structure – Estructura de Quiebre o Desglose de Trabajo

YTD: Year To Date – Año a la fecha

## 8 BIBLIOGRAFÍA

1. Antofagasta Minerals, Dirección de Abastecimientos (DAB), Documentos y Procedimientos Proyecto OXE, 2017 [en línea] <<http://dab.aminerals.cl>> [consulta: 20 agosto 2017]
2. Aranguiz, I. Marzo 2014. Proyecto Óxidos Encuentro – Grupo Antofagasta Minerals Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN). En: Asociación de Proveedores Industriales de la Minería (APRIMIN), Mayo 2014 [en línea] <[http://www.aprimin.cl/Ap/descargas/VPP\\_OXE\\_FS\\_Presentacion\\_APRIMIN\\_Rev\\_4.pdf](http://www.aprimin.cl/Ap/descargas/VPP_OXE_FS_Presentacion_APRIMIN_Rev_4.pdf)> [consulta: 12 junio 2017]
3. Brown, J. 2012. Managing Large-Scale Capital Projects. En: 2012 Americas School of Mines [en línea] <<https://www.pwc.com/gx/en/mining/school-of-mines/2012/pwc-managing-large-scale-capital-projects.pdf>> [consulta: 22 octubre 2017]
4. Dyvinetz P., J. M. 2010. Curso de Gestión de Proyectos para Curso IN586 del DII de la U. de Chile
5. Flyvbjerg, B. 2014. What you should know about megaprojects and why: an overview. Project Management Journal, 45(2), 6–19. [en línea] <<http://dx.doi.org/10.1002/pmj.21409>> [consulta: 20 agosto 2017]
6. Galleguillos, A. 2016. BROWNFIELD: La Jugada Maestra De AMSA [en línea] Revista Transporte Total <<http://www.transportetotal.cl/2016/10/17/brownfield-la-jugada-maestra-de-amsa/>> [consulta:7 enero 2018]
7. Hidalgo R., P. D. 2013, Modelo de Gestión y Administración de Proyectos Operacionales. Tesis de Magister de en Gestión y Dirección de Empresas. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. 88p.
8. Independent Project Analysis (IPA), 2017 [en línea] <<http://www.ipaglobal.com/>> [consulta: 20 agosto 2017]
9. Lavingia, N. J. 2006. How to Create a World Class Project Management Organization. 2006 [en línea] <<http://www.icoste.org/AACE2006%20Papers/pm01.pdf>> [consulta: 22 octubre 2017]
10. Revista Minería Chilena (MCH). 2015. Antofagasta Minerals, Encuentro Proyecto Óxidos y Sulfuros. MINERIA CHILENA. N°403:23.
11. MASSMIN 2000, 29 October - 2 November 2000. 2000. Brisbane, Queensland. Australasian Institute of Mining and Metallurgy. 63-70p.
12. McKinsey&Company, July 2015. Megaprojects: The good, the bad, and the better. [en línea] <<https://www.mckinsey.de/files/megaprojects-the-good-the-bad-and-the-better.pdf>> [consulta: 22 octubre 2017]



13. Merrow, E. April 2011. Why Large Projects Fail More Often. [en línea] <[http://aprendizajevirtual.pemex.com/nuevo/Why\\_Large\\_Projects\\_Fail\\_%20Final.pdf](http://aprendizajevirtual.pemex.com/nuevo/Why_Large_Projects_Fail_%20Final.pdf)> [consulta: 22 octubre 2017]
14. Merrow, E. April 2012. Industrial Megaprojects – Concepts, Strategies and Practices for Success. En: European Construction Institute (ECI) 23rd Annual Conference 2012 [en línea] <<https://es.scribd.com/document/210480969/2-Ed-Merrow-Presentation>> [consulta: 22 octubre 2017]
15. Brookes, N. 2015. Delivering European Megaprojects. University of Leeds, London. University of Leeds. 30p.
16. Olivares P., F. A. 2014, Gestión de Riesgos en mega proyectos, y su aplicación al proyecto Caserones. Tesis de Magister de en Gestión y Dirección de Empresas. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. 123p.
17. Pérez P., E. E. 2014. La gestión del cambio en un sistema de gestión de proyectos. Tesis de Magister de en Gestión y Dirección de Empresas. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. 95p.
18. Portal Minero, 2014. AMSA estima la construcción de Óxidos Encuentro partirá en 2015 [en línea] Revista Transporte Total <<http://www.portalminero.com/pages/viewpage.action?pageId=94314581>> [consulta: 15 septiembre 2017]
19. Portal Minero, 2014. Antofagasta Minerals apuesta por volver a liderar desarrollo de sus nuevos proyectos [en línea] Revista Transporte Total <<http://www.portalminero.com/pages/viewpage.action?pageId=94314581>> [consulta: 15 septiembre 2017]
20. Project Management Institute (PMI), 2013. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK®). Quinta Edición. Newton Square, Pensilvania, EE.UU. Project Management Institute. 596p.
21. Recursos en Project Manangement, 2017 [en línea] <<https://www.recursosenprojectmanagement.com/metodologia-de-gestion-de-proyectos/>> [consulta: 7 enero 2018]
22. Relle, B. y Gilge, C. 2014. Successfully Managing Construction Mega-Projects [en línea] <<http://www.areadevelopment.com/construction-project-planning/Q3-2014/strategy-managing-construction-mega-projects-227226.shtml>> [consulta: 24 octubre 2017]
23. Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), 2017 [en línea] <<http://www.sernageomin.cl>> [consulta: 20 agosto 2017]
24. Servicio de Evaluación Ambiental (SEIA), 2017. RCA – DIA Segunda Optimización Proyecto Óxidos Encuentro [en línea] <[http://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=ficha&id\\_expediente=2131955034](http://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=ficha&id_expediente=2131955034)> [consulta: 22 octubre 2017]

25. Servicio de Evaluación Ambiental (SEIA), 2017. RCA – DIA Primera Optimización Proyecto Óxidos Encuentro [en línea] <[http://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=ficha&id\\_expediente=2130154656](http://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=ficha&id_expediente=2130154656)> [consulta: 22 octubre 2017]
26. Servicio de Evaluación Ambiental (SEIA), 2017. RCA – EIA Proyecto Óxidos Encuentro [en línea] <[http://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=ficha&id\\_expediente=7598704](http://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=ficha&id_expediente=7598704)> [consulta: 22 octubre 2017]
27. Tovar, J. 2012. Metodología de gerencia de proyectos bajo enfoque Front-End-Loading (FEL). Caso de Estudio: Departamento de Ingeniería de Sistemas. UNEXPO – Caracas. Trabajo Especial de Grado Tesis de Postgrado en Gerencia de Proyectos. Caracas, Universidad Católica Andrés Bello, Vicerrectorado Académico, Estudios de Postgrado, Área de Ciencias Administrativa y de Gestión, Postgrado en Gerencia de Proyectos. 176p.
28. Vicepresidente de Proyectos AMSA. 13 de Junio de 2013. Cartera de Proyectos -Antofagasta Minerals. En: Asociación de Proveedores Industriales de la Minería (APRIMIN), Junio 2013 [en línea] <<http://www.aprimin.cl/Ap/descargas/ProyectosAMSAv1.pdf>> [consulta: 12 junio 2017]
29. Wittig, R. 2013. Mining and Metals Mega Project Development: Optimising Current Practices and Strategies. En: Coal Operators Conference 2013. University of Wollongong, Australia. Faculty of Engineering and Information Sciences. pp. 393-399
30. Wittig, R. 2014. Standardising and Optimising the Project Development Lifecycle [en línea] <<http://epublications.bond.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1063&context=pib>> [consulta: 22 octubre 2017]