



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MINAS

METODOLOGÍA DE GESTIÓN DE INFORMACIÓN EN EL PROCESO DE PLANIFICACIÓN MINERA DE CODELCO

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL DE MINAS

PATRICIO ALEJANDRO ÁVILA FUENTES

PROFESOR GUÍA:
NELSON GONZALO RUMINÓ ESPINOZA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
JAIME HENRÍQUEZ MOLINA
JAVIER CORNEJO GONZÁLEZ

SANTIAGO DE CHILE

2018

**RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR
AL TÍTULO DE:** Ingeniero Civil de Minas
POR: Patricio Alejandro Ávila Fuentes
FECHA: 28 de febrero de 2018
PROFESOR GUÍA: Nelson Gonzalo Ruminó Espinoza

METODOLOGÍA DE GESTIÓN DE INFORMACIÓN EN EL PROCESO DE PLANIFICACIÓN MINERA DE CODELCO

La planificación minera es un proceso global e integral (roca a cátodo) que a través de distintas etapas permite determinar el valor del negocio minero, definir cursos de acción a seguir y apoyar la toma de decisiones, que maximicen la creación de valor de las Compañías mineras. Estas etapas requieren el análisis de extensos volúmenes de información para la obtención de resultados.

Las grandes empresas mineras como Codelco administran más de una división, en consecuencia, la problemática planteada se vuelve más difícil de resolver. Considerando lo anterior es necesario implementar una herramienta que asegure el manejo de la información que sustenta el plan minero de cada faena, y adicionalmente permita a la Corporación tomar decisiones.

El trabajo por desarrollar tiene como objetivo principal asegurar la trazabilidad de los planes mineros. Para ello se elabora una metodología de gestión, que permite poner en marcha la herramienta computacional, mejorando la calidad, sustento, robustez y oportunidad de la información. La metodología propuesta corresponde a la conceptualización de cinco macro etapas que construyen el Plan Minero Metalúrgico de Codelco (PND), identificando inputs, objetivos, outputs y responsables del proceso. Las etapas se modelan a través de un flujo secuencial para cada división, en donde participan los involucrados principales. Este diseño es materializado en la herramienta computacional denominada Workflow.

Los entregables de cada etapa son los que respaldan la formulación del plan minero. El Workflow permite a cada planificador asignar una categoría a cada archivo publicado en el sistema. Para medir el porcentaje de éxito del proceso de respaldo de cada división se define un indicador que incluye dos variables, una asociada al cumplimiento en fecha (X) y la otra a la catalogación de la información (Y). Por tratarse de la primera vez que se implementa esta herramienta, los resultados de esta iteración definen la línea base para los años venideros.

Para el cálculo del indicador se toma la información (outputs) de cada división hasta la etapa 3 correspondiente al diseño minero. Los resultados arrojan que cinco de seis divisiones tienen un porcentaje de éxito en el proceso de respaldo por sobre el 75%. Sin embargo, se detectaron varias desviaciones que pueden ser mejoradas para aumentar el valor del indicador con el tiempo. Dentro de las principales, se encuentra el retraso de las divisiones producto del proceso de revisión y la ausencia de información y/o documentos que deben ser publicados en la plataforma digital.

El sistema propuesto asegura la trazabilidad, permitiendo el acceso expedito a la información de cada etapa del proceso. La correcta definición del diseño conceptual mejora la trazabilidad, formalidad y oportunidad de la información, esto con la implementación de la herramienta computacional permite facilitar el manejo y el acceso a la información. Este conjunto ayuda a disminuir los reprocesos, aumenta la capacidad de análisis asegurando el respaldo de los planes mineros, y mejora el nivel de gestión en las divisiones.

Abstract

Mine planning is a global and integral process (from rock to cathode) that through many stages allows to determine the value of the mining business, define courses of action to be followed and to support the decision making process, to maximize the creation of value for mining Companies. These stages require the analysis of substantial amounts of information to obtain results.

Large mining companies such as Codelco, manage multiple mines in different locations, therefore the problems raised become harder to solve. Considering the latter, it becomes necessary to implement a tool that ensures the management of the information that supports mine planning of each mine site, and that enables the Corporation to make decisions.

The main objective of the work to be developed is to assure the traceability of mine planning. For this purpose, a management methodology is elaborated. This methodology allows the computational tool, improving the quality, sustenance, soundness and opportunity of the information. The proposed methodology is the conceptualization of five macro stages that compose the Metallurgical Mine Planning of Codelco, identifying inputs, objectives, outputs and accountabilities of the process. The stages are modeled through a sequential flow for each mine, where the main collaborators are involved. This design materializes in a computational tool denominated Workflow.

The deliverables of each stage support the formulation of the mine planning. Workflow allows each planner to assign a category to each published document in the system. To measure the success rate of the backup process of each mine site, a two-variable index is designed, one variable associated to completion on time (X), and the other associated to classification of information (Y). As it is the first time this tool is implemented, the results of this iteration define a guideline for years to come.

For calculating the index, the outputs of each mine site are considered up to stage three, of mine design. The results show that five out of six mines have a success rate of 75% regarding the backup process. Nonetheless, several deviations were detected, that may be improved to increase the value of the time index. Within the main ones are the delay of the Divisions in the reviewing process and the absence of information and/or documents that must be publish in the digital platform.

The suggested system ensures traceability, allowing the expedite access to the information of each stage of the process.

The correct definition of the conceptual design improves traceability, formality and opportuneness of information, this along with the implementation of the computational tool facilitates the access and management of information. This array helps decrease reprocessing, increases the analysis capacity ensuring the mine planning backup, and optimizes the level of management among mine sites administrations.

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a mis papás Carolina y Patricio por el amor intangible, por todos los valores inculcados y por el apoyo incondicional que siempre me han brindado, la familia que hoy conformamos es obra de ustedes. Podría seguir todo el día escribiendo cosas lindas, pero las palabras sobran, los amo mucho. Gracias a mis hermanos: Marcelo, Nicolás y Camilo por permitirme ser el hermano mayor que ustedes merecen, vivir tantas alegrías y por la linda amistad que hemos construido. Me pone muy contento decir que todo esto es por y gracias a mi familia.

Gracias a mis abuelos, tíos y primos por estar siempre ahí, por generar ese vínculo familiar tan bonito, por el apoyo y cariño sincero. Si bien todos son importantes para mí, quiero destacar y poner en un altar a mi mami y tata, quienes me conocen saben todo lo que significan en mi vida.

Gracias al destino por permitirme conocer a una gran compañera de vida, que por más de cuatro años estuvo en las buenas y en las malas. Con tu amor, amistad, apoyo y paciencia enfrentar el día a día se hizo mucho más sencillo. He progresado mucho gracias a ti, te amo Valentina.

Agradecer a mis tutores de memoria Nelson y don Jaime por guiarme durante todo el proceso, por la paciencia y buena disposición para ayudar en todas las etapas vividas. Destacar a Javier Cornejo, por su gran apoyo como profesor, confianza y consejos. Mencionar también al grupo conformado por la Gerencia de Recursos Mineros, siempre me brindaron su apoyo y alegría. Agradecer a Mario León, una persona increíble, con una disposición de Oro, sin tu ayuda esto no podría haber sido posible.

Como no agradecer a mis grandes amigos/hermanos del colegio con los cuales mantuve esa linda amistad en el tiempo: Ramón, Bartito, Roni, Gustavo, Roberto, Pelao, C Nicolás. A mis amigos de la U, con los que formé un gran lazo más allá de lo académico, Claudio, Dieguin, Edu, Dimi, Felipe, Esteban, Mila. A los mineros: Mati, Cata, Álvaro, Paine, Félix y Bastián, por siempre dar cara hasta el último minuto, por esas noches de estudio y pera infinita. A mis amigos de fútbol de la selección. En fin a cada uno de ustedes, muchas gracias por tanta alegría y buena onda.

Para finalizar, agradecer al timonel general de Codelco, don Nelson Pizarro. Cuando estaba buscando tema de memoria, toqué muchas puertas y mandé demasiados correos sin respuesta, pero usted me dio una oportunidad, muchas gracias por creer.

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Motivación.....	2
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo principal.....	2
1.2.2 Objetivos específicos	3
1.3 Alcances	3
1.4 Metodología de Trabajo.....	3
1.5 Estructura del Informe	4
CAPÍTULO II.....	5
2. ANTECEDENTES.....	5
2.1 Marco Teórico.....	5
2.1.1 Planificación Minera	5
2.1.2 Minería Subterránea- Block Panel Caving	6
2.1.2.1 Planificación Subterránea	9
2.1.3 Minería a Cielo Abierto.....	13
2.1.3.1 Planificación Cielo abierto.....	14
2.1.4 Planificación de largo plazo en Codelco.....	18
2.1.4.1 Proceso PEX.....	18
2.1.4.2 Proceso de Planificación Anual.....	20
2.2 Procesos y estandarización	21
2.2.1 Procesos	21
2.2.1.1 ¿Qué es un proceso?.....	21
2.2.1.2 Enfoque de gestión por procesos.....	21
2.2.1.3 Tipos de procesos.....	22
2.2.1.4 Elementos de un proceso	23
2.2.1.5 Factores de un proceso	23
2.2.1.6 Técnicas para la identificación de procesos.....	24
2.2.2 Estandarización de procesos	26
2.2.2.1 Técnicas para estandarizar procesos	27
2.2.3 Metodología para Construir un indicador de desempeño.....	29
2.3 Estado del arte de la Corporación	30

2.3.1	Transferencia de Mejores Prácticas de Tecnologías de la Información para la Planificación Minera a nivel Corporativo (2010).....	30
2.3.2	Estandarización del Proceso Planificación Minera del Presupuesto (Revisión 0) División El Teniente-Codelco.....	35
CAPÍTULO III.....		38
3.	CONCEPTUALIZACIÓN DEL CICLO DE PLANIFICACIÓN MINERO METALÚRGICO.....	38
3.1	Organigrama del área de planificación	39
3.2	Descripción del proceso de planificación actual	40
3.2.1	Actualización de bases de datos	41
3.2.2	Construcción del Plan Minero Metalúrgico	42
3.2.3	Evaluación Económica	43
3.3	Reestructuración del Proceso.....	43
CAPÍTULO IV		46
4.	DISEÑO CONCEPTUAL	46
4.1	Roles y responsabilidades	46
4.2	Diseño del flujo: etapas, actividades, inputs y outputs.....	47
4.2.1	Etapa N°0: Designación de actores.....	48
4.2.2	Etapa N°1: Conciliación Información Base.....	48
4.2.3	Etapa N° 2 Optimización económica.....	52
4.2.3.1	Etapa N°2 Rajo abierto: Determinación de Pit Final y Definición de Secuencia Económica.	52
4.2.3.2	Etapa N° 2 Subterránea: Modelo de Bloques Diluido y Envoltente de Recursos.....	54
4.2.4	Etapa N°3 Rajo Abierto: Diseño de Fases Minero.....	56
4.2.5	Etapa Auxiliar: Verificación Información Base para Opciones.....	58
4.2.6	Etapa N°3 Subterránea: Análisis de Opciones Subterránea	59
4.2.7	Etapa N°4: Análisis de Opciones.....	61
4.2.8	Etapa N°5: Plan Minero.....	64
4.2.8.1	Plan Minero PSD.....	66
4.2.8.2	Plan Minero PND	67
4.3	Medición del respaldo de información en el sistema.	69
4.3.1	Definición de KPI: Porcentaje de éxito en el proceso de respaldo.	71
CAPÍTULO V		74
5.	IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA Y MEDICIÓN DEL DESEMPEÑO DIVISIONAL	74

5.1	Lineamientos para implementar la herramienta computacional.....	76
5.2	Puesta en marcha de la Herramienta.	77
5.3	Medición del proceso de respaldo divisional	79
CAPÍTULO VI		82
6.ANÁLISIS DE RESULTADOS		82
6.1	Del cumplimiento en fecha.....	82
6.2	De la catalogación de documentos.....	84
6.3	Del indicador “Porcentaje de éxito del proceso de respaldo”.....	86
CAPÍTULO VII		89
7.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		89
7.1	Conclusiones Generales.....	89
7.2	Recomendaciones	92
CAPÍTULO VIII		94
8.BIBLIOGRAFÍA.....		94
ANEXOS.....		96
Anexo A		96
Anexo B Calendario de etapas y actividades del Ciclo de Planificación		97
Anexo C: Escenarios para el manejo de materiales.....		99
Anexo D: Variantes de hundimiento en Panel Caving.....		100
Hundimiento Convencional.....		100
Hundimiento Previo		101
Hundimiento Avanzado		102
Anexo E: Esquema general del proceso de Planificación		103
Anexo F: Resultados Cumplimiento en fecha (X).....		105
Anexo G: Resultados Catalogación de Información (Y)		106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Divisiones de Codelco	2
Figura 2.1: (a) Block Caving típico con sistema de buitras, (b) Explotación en configuración Panel Caving.	7
Figura 2.2: Explotación en configuración Macro bloques (V. C. de Proyectos, 2009).	8
Figura 2.3: Interacción del macizo rocoso dentro del proceso de planificación	10
Figura 2.4: Modelos fundamentales que afectan los parámetros de planificación de una mina de Block Caving	10
Figura 2.5 Método eficiente de frontera utilizado para valorar el riesgo y el retorno de diferentes configuraciones de un sistema minero para apoyar la toma de decisiones estratégicas.	12
Figura 2.6: Fases esquemáticas para el desarrollo de un rajo	13
Figura 2.7 Esquemización del proceso de planificación largo plazo	15
Figura 2.8 Modelos fundamentales en planificación a cielo abierto.....	16
Figura 2.9 Fuentes de incertidumbre en proyectos mineros.....	17
Figura 2.10 Modelo de estimación tradicional versus estimación estocástica.	18
Figura 2.11 Estructura del Proceso PEX	19
Figura 2.12 Gráfico de una cadena de valor genérica.....	25
Figura 2.13 Estructura básica del MICG.....	26
Figura 2.14 Captura y procesamiento de información divisiones en estudio	33
Figura 2.15 Salida y publicación de información divisiones en estudio	34
Figura 2.16 Modelo de Estandarización Proceso de Planificación división El Teniente.	36
Figura 2.17 Esquema situación Proceso de Planificación año 2016.	36
Figura 3.1 Organigrama General de Planificación	39
Figura 3.2 Descripción del proceso productivo en Codelco.....	40
Figura 3.3 Descripción etapas del proceso de planificación minero metalúrgico.....	41
Figura 3.4 Ciclo de planificación minero metalúrgico Workflow.....	45
Figura 4.1 Modelo de estandarización Proceso de Planificación Minero Metalúrgico	46
Figura 4.2 Identificación de responsables	47
Figura 4.3 Flujo Conciliación Información Base.....	49
Figura 4.4 Flujo Determinación Pit Final y Definición de Secuencia Económica	53

Figura 4.5 Flujo Modelo de Bloques Diluido y Envolvente de Recursos.....	55
Figura 4.6 Flujo Diseño de Fases Minero	56
Figura 4.7 Flujo Etapa Auxiliar: Verificación Información Base Opciones	58
Figura 4.8 Flujo Análisis de opciones subterráneas	60
Figura 4.9 Flujo Análisis de Opciones	62
Figura 4.10 Flujo Plan Minero PSD-PND.....	66
Figura 5.1 Modelo Cliente – Servidor	74
Figura 5.2 Home Principal del Workflow de Planificación.....	77
Figura 5.3 Workflow Faena 4-Etapa 2 Rajo Pit Final.....	78
Figura 7.1 Home Principal de acceso actualizado al mes de Agosto	91
Figura A 0.1 Descripción del proceso de estandarización en la división el Teniente.....	96
Figura D 0.2 Zonas de concentración de esfuerzos.	100
Figura D 0.3 Hundimiento Convencional.	101
Figura D 0.4 Hundimiento Previo.....	101
Figura D 0.5 Hundimiento Avanzado.....	102
Figura E 0.6 Esquema general del proceso de Planificación-Parte 1	103
Figura E 0.7 Esquema general del proceso de Planificación- Parte 2.....	104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Equipos comunes en los procesos productivos, rajo abierto.	14
Tabla 2-2 Eventos que desencadenan en un Proceso Pex	19
Tabla 2-3: Ejemplo de simbología empleada en diagrama de flujo.	28
Tabla 2-4 Actividades y contenido de cada una de las etapas	31
Tabla 2-5 Sistemas por etapa año 2010.....	33
Tabla 3-1 Reestructuración del Ciclo de Planificación Minero Metalúrgico	44
Tabla 4-1 Simbología flujograma ciclo de planificación minero metalúrgico	48
Tabla 4-2 Inputs-Outputs Conciliación Información Base	51
Tabla 4-3 Inputs-Outputs Determinación Pit Final y Definición de Secuencia Económica	54
Tabla 4-4 Inputs-Outputs Flujo Modelo de Bloques Diluido y Envolverte de Recursos .	55
Tabla 4-5 Inputs-Outputs Diseño de Fases Minero	57
Tabla 4-6 Inputs Análisis de Opciones	59
Tabla 4-7 Inputs-Outputs Análisis de Opciones Subterránea.	61
Tabla 4-8 Outputs Análisis de Opciones.....	64
Tabla 4-9 Inputs Plan Minero PSD-PND.....	65
Tabla 4-10 Outputs Plan Minero PSD.....	67
Tabla 4-11 Outputs Plan Minero PND	69
Tabla 4-12 Resumen calendarización de actividades.....	70
Tabla 4-13 Distribución de ponderación para definir KPI.....	71
Tabla 4-14 Matriz para el indicador “Porcentaje de éxito del proceso de respaldo”.	72
Tabla 5-1 Resultados del cumplimiento en fecha por faena y etapa(X).....	80
Tabla 5-2 Catalogación general de documentos	80
Tabla 5-3 Resultados Catalogación de Información (Y)	81
Tabla 5-4 Resultados para el indicador Porcentaje de éxito de proceso de respaldo ...	81
Tabla 6-1 Cumplimiento en fecha por faena a nivel general.....	82
Tabla 6-2 Cumplimiento en fecha por roles	84
Tabla 6-3 Catalogación de documentos (Y) divisional.....	86
Tabla 6-4 Cuadro resumen Indicador y variables	87
Tabla 6-5 Resultados de la proyección del indicador	88

Tabla B 0-1: Calendario detallado de etapas y actividades del Ciclo de Planificación- Parte 1.....97

Tabla B 0-2: Calendario detallado de etapas y actividades del Ciclo de Planificación- Parte 2.....98

Tabla C 0-3 Abanico de Escenarios Base de Sistemas de Manejo de Materiales99

Tabla F 0-4 Fechas de publicación, validación y aprobación de las etapas.105

Tabla F 0-5 Semanas de retraso con respecto al plazo estipulado105

Tabla G 0-6 Catalogación de documentos de salida por división y etapa106

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la mayoría de las empresas mineras se caracterizan por compartir lineamientos corporativos y objetivos similares, generando diversos planes de producción para darle sustentabilidad a las minas que poseen. Sin embargo, no existe una estandarización de los procesos internos que utilizan.

En el caso de la minería chilena de cobre, gran parte de las faenas mineras planifican de manera estratégica los recursos disponibles, rigiéndose por la misión de la compañía y tomando en consideración la situación de mercado y la disponibilidad de los activos. Por lo que la planificación juega un rol fundamental en el negocio. En particular, la planificación táctica a largo plazo busca generar un plan minero-metalúrgico que contempla la definición del cómo y cuándo se extraerán y procesarán los recursos mineros en cada uno de los períodos de la vida de la mina. Dado que el proceso implica manejar volúmenes de información extensos en varias frentes, usualmente para facilitar la organización y ejecución de actividades, el ciclo de planificación se divide en diversas etapas secuenciales. No obstante, este sistema posee como desventaja que las etapas son desarrolladas de manera local, perdiendo en cierta medida el óptimo global y por otra parte se necesita un método para traspasar la información de manera correcta.

Según lo anterior, los sistemas de soporte de información pueden ayudar a resolver la problemática del manejo de información. Primero, a través de software integrado se pueden agrupar varias etapas que hoy operan por separado. Segundo, existen alternativas que operan como bases de datos y están directamente conectadas a las fases del ciclo. Para aprovechar estas herramientas, surge la necesidad de estandarizar las etapas de tal manera de definir los elementos mínimos que se necesitan y se producen en cada una de las etapas, todo esto con el objetivo de entregar trazabilidad al ciclo de planificación.

Desde el punto de vista empresarial, cada vez es más frecuente ver compañías operando con múltiples divisiones. Bajo esa condición, para obtener el mayor beneficio del negocio es primordial tener acceso a los planes mineros que ejecuta cada faena. Sin embargo, el control y gestión a nivel corporativo se tiene que realizar sobre elementos comparables.

Actualmente, Codelco no posee un sistema tecnológico que permita el respaldo y acceso a la información que sustenta el plan minero para cada una de las divisiones. Además, el problema se dificulta por el carácter multidivisional de la Compañía, ya que al plantear una solución se debe tomar en consideración el proceso que desarrolla cada faena.

El presente trabajo se enmarca en el desarrollo de una memoria para la obtención del grado académico de Ingeniero Civil de Minas otorgado por la Universidad de Chile.

1.1 Motivación

En la práctica, a pesar de que las faenas mineras pertenezcan a la misma compañía, sigan sus directrices corporativas y entreguen el mismo producto final, utilizan diferentes herramientas y metodologías de trabajo. Esta es la situación que se vive en Codelco, operando con las siguientes siete divisiones: Radomiro Tomic, Ministro Hales, Chuquicamata, Salvador, Gabriela Mistral, Ventanas, Andina, Casa Matriz, El Teniente.



Figura 1.1: Divisiones de Codelco

Por otra parte, cuatro de las siete faenas operan ambos tipos de minería y esto incrementa el espectro de información.

La Corporación Nacional del Cobre, persigue la excelencia y busca el mejoramiento continuo para estar entre los mejores de la industria.

En pos de seguir perfeccionando el proceso productivo a nivel corporativo y creciendo de forma sostenida, la Gerencia de Recursos Mineros (GRM), ubicada en la Casa Matriz de la empresa, busca desarrollar e implementar una herramienta de gestión que permita generar un cambio cultural en la compañía. De esta manera se estandarizan los procesos y se mejora la calidad, trazabilidad y oportunidad de la información, como también se incrementa la calidad de los análisis en la toma de decisiones en las etapas del ciclo de planificación.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo principal

- Asegurar la trazabilidad de la información que sustenta el ciclo de planificación minera.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar las etapas y los sustentos mínimos del proceso de planificación minera en Codelco.
- Diseñar el flujo de trabajo del proceso de planificación minera.
- Implementar una nueva forma de manejar la información a través de una herramienta.
- Cuantificar el desempeño del proceso de respaldo.
- Identificar oportunidades de mejora del diseño.

1.3 Alcances

La metodología propuesta tiene los siguientes alcances:

- Aplicar en todas las etapas de planificación de largo plazo.
- Las bases geo-minero metalúrgicas son consideradas como información de entrada al proceso de planificación (modelos).
- Definir etapas de planificación que representen el proceso de manejo de información.
- Los entregables de cada etapa son medidos en cuanto al plazo y publicación en el sistema (catalogación).
- La programación computacional es desarrollada por un equipo externo utilizando los recursos disponibles en la compañía. Se utiliza una herramienta computación para el manejo de información.

1.4 Metodología de Trabajo

A continuación, se describe la metodología de trabajo utilizada para lograr los objetivos planeados, a través de una serie de actividades y tareas.

1. Interiorización en la Gerencia de Recursos Mineros: Reconocimientos de las actividades de la GRM, Revisión del Ciclo de Planificación Minera de Codelco.
2. Recopilación y revisión de antecedentes, tales como: Procesos y técnicas de estandarización, Planificación Minera y Estado del arte.
3. Conceptualización de la estandarización: Identificar el proceso vigente de la compañía y reestructurar según el formato requerido.
4. Diseño: Definir el flujo de proceso, objetivos, inputs, outputs, participación de responsables y medición del respaldo de información.
5. Implementación: Puesta en marcha de herramienta computacional y medición del desempeño divisional.
6. Análisis: Identificar principales desviaciones y proponer oportunidades de mejora.

1.5 Estructura del Informe

Se resume el contenido de cada capítulo a modo de dar a entender la estructura de este trabajo:

- Capítulo I: Corresponde a la introducción y motivación del tema de estudio. Definición del objetivo principal y los objetivos específicos, junto a los alcances de la investigación y la metodología de trabajo.
- Capítulo II: Contiene los antecedentes y revisión bibliográfica sobre la planificación minera, técnicas de estandarización de procesos y estado del arte.
- Capítulo III: Presenta la conceptualización del Ciclo de Planificación Minera a través de una contextualización en base a los roles y al proceso vigente de planificación; para realizar una propuesta de reestructuración de etapas.
- Capítulo IV: Este capítulo contiene el diseño conceptual, enmarcado en definir el flujo, objetivos, inputs, outputs, participación de responsables y medición del proceso de respaldo.
- Capítulo V: Se presenta la puesta en marcha de la herramienta computacional y posteriormente la medición de los resultados.
- Capítulo VI: Se analizan los resultados obtenidos de la memoria, correspondiente a medir el porcentaje de éxito del proceso de respaldo. Además, se realiza una proyección en el tiempo del indicador.
- Capítulo VII: Este capítulo contiene las conclusiones y recomendaciones para futuros trabajos de la memoria
- Capítulo VIII: Contiene las referencias utilizadas en el trabajo.

CAPÍTULO II

2. ANTECEDENTES

2.1 Marco Teórico

2.1.1 Planificación Minera

Dentro del esquema organizacional de las empresas mineras, es usual que se presente un plan de trabajo a los directores corporativos. En el caso de CODELCO, el Decreto ley 1.350 del Ministerio de Minería norma a contar del 2010 (artículo 6): “Antes del 30 de marzo de cada año, el directorio deberá aprobar el Plan de Negocio y Desarrollo de la Empresa para el próximo trienio. Este plan deberá incorporar los montos anuales de inversiones y financiamiento y los excedentes anuales, que se estima que la Empresa generará durante dicho trienio y deberá darse conocimiento del mismo a los ministros de Hacienda y Minería.”. De esta forma, con el documento descrito se tiene un respaldo para conseguir préstamos, justificar inversiones y en el caso de empresas que cotizan en la bolsa, repercutir sobre el valor de las acciones. Entonces, el problema de fondo se encuentra en transformar el recurso mineral en el mejor negocio productivo. Es aquí donde surge la disciplina de planificación minera, proceso de la Ingeniería de Minas que se dedica a ejecutar la optimización de dicha tarea (Rubio, 2006)], tomando en consideración los objetivos estratégicos de la corporación, sean estos maximizar el valor presente neto (VAN), el volumen total de los recursos minerales, maximizar el tiempo de explotación, minimizar el riesgo de la inversión, entre otros. Es posible separar en niveles el proceso de planificación de acuerdo a las características de las decisiones tomadas (Newman et al, 2007):

- **Estratégicas:** Se refieren a la elección de los métodos de explotación, capacidad mina y de procesamiento y, en general las estimaciones de los recursos minerales. El principal objetivo de la planificación estratégica es sincronizar el mercado con los recursos disponibles y la misión de la compañía.
- **Tácticas:** Corresponden a la especificación de los procesos a realizar a lo largo de la vida de la mina, como los programas de producción de largo plazo y los modelos de programación para la utilización de equipos y plantas de procesamiento. La planificación táctica o conceptual determina la forma de alcanzar el objetivo establecido previamente por la planificación estratégica. Su resultado es el plan minero, que define el cómo y el cuándo se extraerán los recursos, estableciendo los recursos humanos y materiales a utilizar.
- **Operativas:** Se realizan con frecuencia diaria, por ejemplo, dirección de despacho de un camión. Dentro de la planificación operativa se incluyen los procesos e índices operativos resultantes del plan minero. Es aquí cuando se produce la retroalimentación con la planificación conceptual.

Finalmente, en función del nivel de precisión de los datos y de la escala espacial de los períodos de duración del plan minero, este se descompone en diferentes

horizontes de planificación minera, los cuales constituyen una herramienta para tratar la incertidumbre dentro del proceso minero. Estos son:

- **Largo Plazo:** La planificación de largo plazo define una envolvente económica en función de los recursos minerales disponibles, sobre la cual se trabajará para establecer un plan minero anual, estableciendo el tamaño de la mina, el método, capacidad de producción, secuencia de explotación, y el perfil de leyes de corte. Se incorporan variables más bien promedio y generales, debido a que el tamaño del problema a resolver no permite un mayor nivel de detalle, considerando las heurísticas utilizadas actualmente.
- **Mediano Plazo:** La planificación de mediano plazo, por lo general, abarca un horizonte de tiempo trianual y anual, y produce planes de producción orientados a obtener las metas productivas en el corto plazo definidas en el largo plazo. Permite asegurar el presupuesto de operaciones y retroalimentar la planificación de largo plazo.
- **Planificación de Corto Plazo:** El horizonte de tiempo de esta planificación es diario, semanal, mensual y trimestral. Es en esta instancia de planificación donde se deben analizar los recursos utilizados en la operación de la mina. Debe recopilar la información operacional de modo de retroalimentar la planificación de mediano plazo.

A continuación, se aborda el concepto de planificación desde el punto de vista del método de explotación.

2.1.2 Minería Subterránea- Block Panel Caving

Método de explotación de minería subterránea que se caracteriza por requerir un cuerpo mineralizado de grandes extensiones. El quiebre y hundimiento de la roca se induce a través de un corte basal; proceso que se realiza con métodos convencionales de perforación y tronadura, el cual produce esfuerzos inducidos en la columna de roca. Estos esfuerzos inducidos, sumados a los esfuerzos tectónicos presentes y principalmente a la fuerza de gravedad, generan inestabilidad en la columna de roca dando comienzo a la socavación.

La socavación continúa a medida que avanza la extracción de material desde el punto de extracción, transportando el material hacia un pique de traspaso encargado de dirigirlo hasta el proceso siguiente ya sea de reducción o de transporte.

En este método destacan las siguientes variantes

- 1) **Block Caving:** se caracteriza por el hundimiento por medio de bloques. Requiere una mayor preparación ya que los desarrollos de los distintos niveles se deben realizar antes de comenzar con la extracción del mineral. Entre sus ventajas se encuentra una mayor flexibilidad en el control de tiraje, lo cual ayuda a controlar la dilución de material estéril.

- 2) Panel Caving: similar a la variante anterior, pero en este caso el desarrollo de los distintos niveles se realiza de manera simultánea a medida que se socavan paneles del macizo rocoso. Entre sus ventajas se encuentra que genera flujos de caja en un periodo más temprano del proyecto con lo cual es posible recuperar la inversión más rápido. También se prefiere esta variante cuando la extensión del footprint es demasiado grande o cuando el nivel de producción se encuentra a demasiada profundidad (roca primaria). Este método de explotación posee distintas variantes operacionales, conocidas como: Hundimiento Convencional, Hundimiento Previo y Hundimiento avanzado, el detalle y descripción de cada uno de estos se encuentra en el Anexo D.

La Figura 2.1 muestra las diferencias entre ambas variantes. Por un lado, se tiene una explotación de Block Caving típico con sistema de buitras, cuyos desarrollos de los distintos niveles se terminan una vez que entra en producción el bloque. Caso contrario ocurre con Panel Caving, los desarrollos son simultáneos a la producción, cuyo hundimiento o socavación se realiza de un extremo a otro.

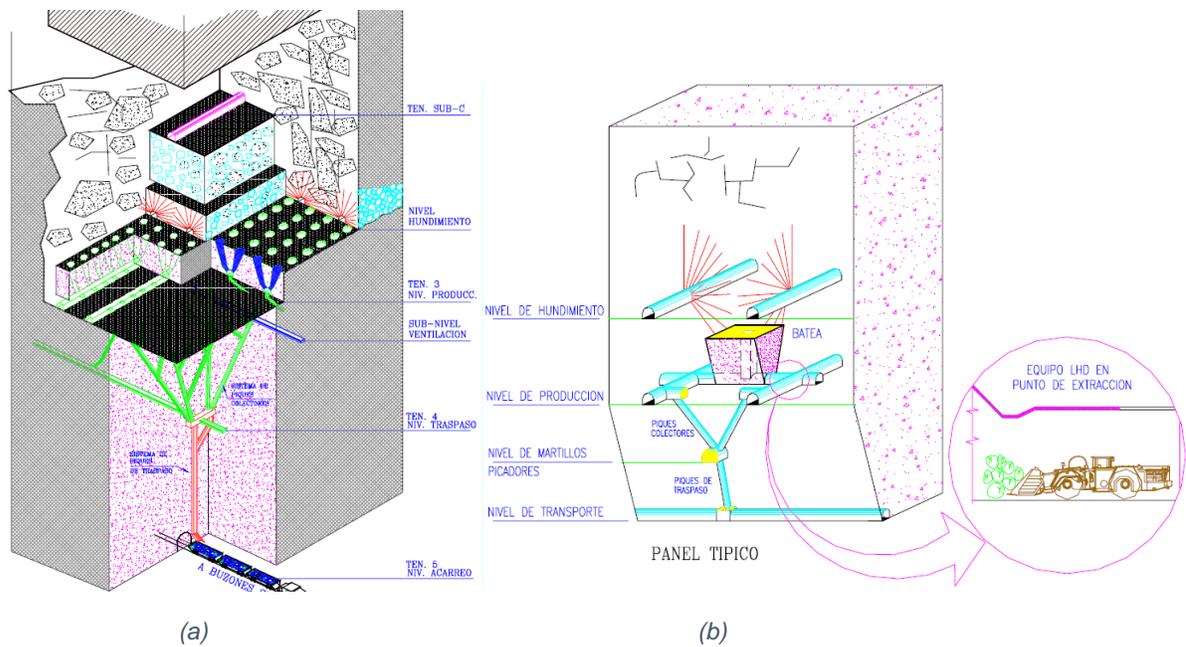


Figura 2.1: (a) Block Caving típico con sistema de buitras, (b) Explotación en configuración Panel Caving.

Los actuales avances en este método de explotación han llevado al surgimiento de lo que en un inicio correspondía a un híbrido entre el Block y Panel Caving, pero que hoy se considera una variante adicional, este es el Macro Bloque, definido como la unidad básica de explotación, donde en cada uno se realiza de manera independiente las etapas de preparación, socavación y producción. Comprende áreas de un Block Caving, de 20,000 a 55,000 m² y entre cada uno de los bloques se dejan pilares destinados a mantener la estabilidad durante el desarrollo de las actividades en los Macro bloques continuos (Vergara, 2014).

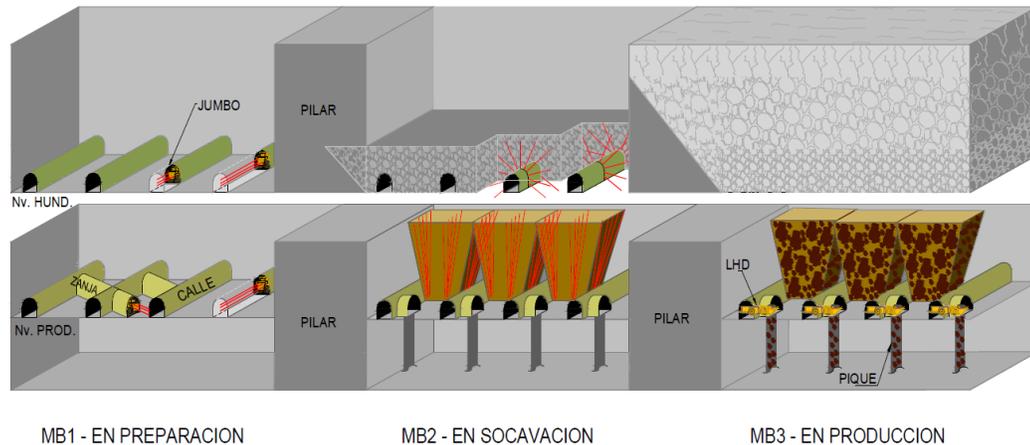


Figura 2.2: Explotación en configuración Macro bloques (V. C. de Proyectos, 2009).

La minería por Block/Panel Caving se caracteriza por una fuerte dependencia con el diseño minero, ya que este comprende todas las labores e infraestructura de la mina. En esta línea, la caracterización geológica y geotécnica del cuerpo mineralizado limita las construcciones.

Una vez que se identifican las propiedades geológicas, geomecánicas y todas las variables que tienen relación directa con la operación de la mina se procede a materializar el modelo de bloques.

Posteriormente viene la determinación del diseño minero y del manejo de materiales. Ambas etapas están conectadas de una u otra forma al ritmo de producción de la mina. Pero por lo general se desarrollan los siguientes niveles:

- Nivel de hundimiento: Se realiza la socavación de la columna mineralizada mediante perforación y tronadura.
- Nivel de producción: Se carga la roca desde el punto de extracción y es transportada mediante equipos mecanizados hasta un pique de traspaso.
- Nivel de ventilación: Permite el ingreso de aire fresco y la descarga del aire viciado desde los niveles de producción.
- Nivel de transporte intermedio: Se produce el carguío y transporte de mineral proveniente desde el nivel de producción. Este nivel está sujeto a las condiciones de la faena, pudiendo no ser necesario.
- Nivel de transporte: Carguío y transporte al exterior.
- Nivel de reducción secundaria: Se realiza la reducción del mineral, actualmente en faenas con grandes niveles de producción se dispone de un área de chancado.

El sistema de manejo de materiales está directamente conectado al diseño minero, por lo que no es posible indicar solo una opción en algún proyecto minero sin haber realizado un estudio previo de varias alternativas. Con el objetivo de identificar algunas opciones viables se presenta la, el abanico de escenarios base de sistema de manejo de materiales del estudio de pre factibilidad del proyecto Chuquicamata Subterráneo.

2.1.2.1 Planificación Subterránea

La planificación del método Block Caving es una tarea difícil que depende de un modelo predictivo eficaz del comportamiento del macizo rocoso y del sistema minero.

El método depende de procesos naturales para su éxito y de investigaciones geotécnicas más detalladas del mineral que otros tipos de explotación. Los parámetros geotécnicos principales de la planificación del Block Caving son (Brown 2003):

- **Hundibilidad:** Evaluación que generalmente implica una predicción del radio hidráulico (área / perímetro) para que comience el hundimiento a partir de características geomecánicas dadas o estimadas.
- **Propagación del hundimiento:** Capacidad de la cueva para continuar con la propagación una vez que el hundimiento haya iniciado. Existen múltiples factores que influyen en la propagación tales como: el diseño, la tasa hundimiento, stress inducido, límites del túnel, características geotécnicas, entre otros.
- **Fragmentación:** el grado de fragmentación es un resultado del proceso de hundimiento. Este factor repercute sobre el diseño y espaciado de los puntos de extracción.
- **Estabilidad de la excavación:** se refiere a la estabilidad durante la vida del diseño y la necesidad de apoyo o refuerzo de excavaciones mineras, incluyendo túneles, excavaciones a nivel de extracción, puntos de extracción y elementos de infraestructura de la mina.

Varias decisiones relacionadas con el diseño y la planificación de la mina del Block Caving se basan en el modelamiento inicial que posee un alto grado de incertidumbre con respecto a la estimación del comportamiento del macizo rocoso.

Debido a esto, el modelamiento debe incorporar una gran cantidad de variables adicionales para comprender de manera integral la relación que existe entre el cuerpo mineralizado y el sistema de extracción. La interacción entre estos modelos iniciales se muestra en la Figura 2.3 (Rubio, 2004):

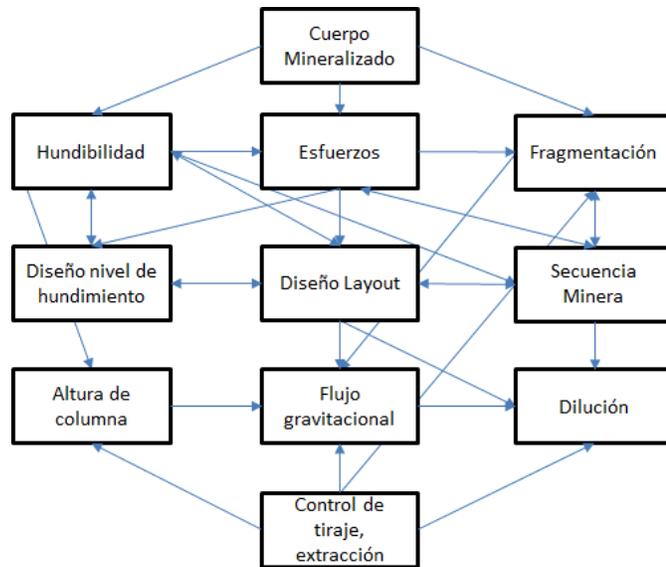


Figura 2.3: Interacción del macizo rocoso dentro del proceso de planificación

La capacidad de representar la variabilidad de los parámetros en todo el cuerpo de mineral resulta en la disminución del riesgo del método minero, así como en un aumento de la capacidad de pronosticar la producción

Se ha propuesto una representación ilustrativa del vínculo entre los parámetros geotécnicos y de planificación minera de Block Caving para comprender la influencia del macizo rocoso, régimen de estrés y sistema minero sobre el desempeño productivo. (Rubio, 2006). Como se muestra en la Figura 2.4, se usan los modelos fundamentales de fragmentación, geomecánica, geológica y reconciliación para determinar los parámetros de planificación de la mina

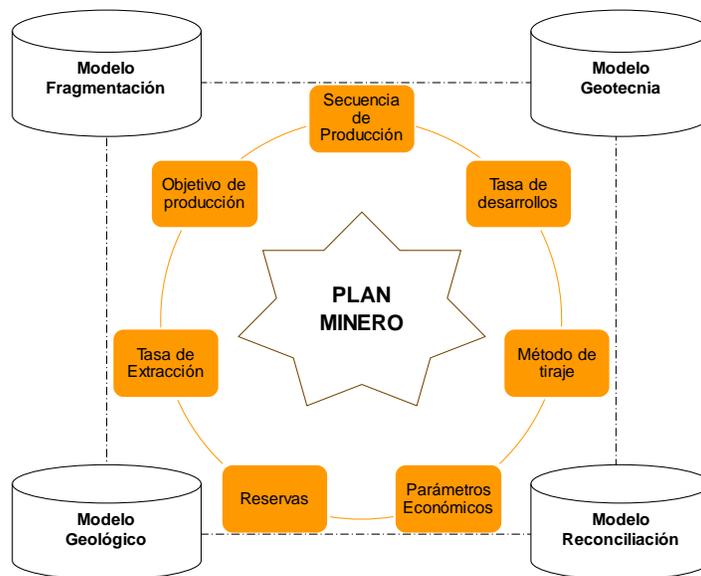


Figura 2.4: Modelos fundamentales que afectan los parámetros de planificación de una mina de Block Caving

El modelo geológico vincula datos relacionados con la estructura, la litología y la mineralogía con la recuperación metalúrgica final. La resultante es una representación geométrica que puede proporcionar una estimación razonable de la recuperación metalúrgica basada en la combinación de las litologías compuestas existentes.

De un tiempo a esta parte se ha trabajado arduamente en incorporar la incertidumbre de los recursos geológicos, ya que la planificación tradicional al largo plazo de la mina se basa en modelos determinísticos.

Se han desarrollado estudios recientes y se propone una herramienta para incorporar la incertidumbre geológica en las primeras etapas del proceso de planificación: definiendo la envolvente económica en una mina subterránea masiva. Para ello se utilizan simulaciones condicionales para generar diferentes modelos de recursos y luego se calcula la envolvente económica. (Vargas et al, 2014)

El modelo de fragmentación afecta varios aspectos de la planificación, siendo los más importantes los siguientes:

- Punto de entrada de la dilución: es el resultado de la mezcla de material fragmentado a lo largo de la columna de extracción.
- Espaciamiento entre puntos de extracción: es el resultado del diámetro de la columna de extracción que se cree que es una función de la fragmentación final de la columna de extracción.
- Fragmentación secundaria en punto de extracción: reducción de bloques de tamaño excesivo, típicamente mayores de 2 m³ que no pueden ser manejados por el LHD.
- Frecuencia alta de colgadura: es producida por bloques más grandes que la abertura de la batea.
- El rendimiento del punto de extracción.

El modelo geomecánico afecta los siguientes aspectos del diseño y planificación:

- La secuencia de los puntos de extracción es afectada por el modelo estructural. Por lo general, la secuencia de hundimiento se orientará perpendicularmente a las estructuras principales con el fin de producir bloques que puedan mejorar la hundibilidad del macizo.
- Abutment stress en el frente de socavación: es una función de los esfuerzos preexistentes al minado y del ángulo de extracción. Afecta la estabilidad de las excavaciones ubicadas en el corte, el nivel de producción y el nivel de transporte inmediatamente debajo del frente de hundimiento
- La sismicidad es la respuesta del macizo rocoso a los esfuerzos desarrolladas a medida que el hundimiento se propaga a la superficie y también es la respuesta de la roca que rodea a las excavaciones expuestas al abutment stress, tales como el nivel de hundimiento, producción, ventilación, entre otros.
- Esfuerzos inducidos debido a tiraje irregular.

El modelo de reconciliación captura el desempeño de la producción de la mina. Se utiliza para retroalimentar los indicadores clave de rendimiento de los modelos fundamentales, de tal manera de calibrar su comportamiento. Por otra parte, se usa para verificar la validez de diferentes suposiciones hechas con respecto a un programa de producción. Por lo tanto, este modelo se utiliza como una guía para enmarcar la planificación de la producción de la mina basada en el rendimiento histórico. Los aspectos afectos son:

- La tasa de extracción se ajusta en función del rendimiento histórico de la producción de los puntos de extracción localizados en un sector específico.
- La tasa de desarrollo se ajusta en función del régimen de esfuerzos sobre el macizo rocoso en el que se llevará a cabo la construcción.
- La estrategia de extracción se compara con el desempeño histórico de la mina.

Los estudios recientes apuntan a planificar de manera estratégica en función de la optimización de la cartera de retorno y riesgo. (Rubio, 2014)

Mediante la utilización del método de frontera eficiente y de opciones reales se busca cuantificar el riesgo de diferentes estrategias de minería.

Es decir, como resultado de la optimización de la cartera o portafolio, se puede obtener la cantidad de tonelaje que se extrae de cada bloque, el número de bloques que se encuentran activos y la estrategia de hundimiento que se adopta para diferentes niveles de riesgo. Para una cartera dada, se puede evaluar la capacidad de producción de este escenario y su rendimiento.

La Figura 2.5 muestra el ejercicio de valoración de escenarios. Se puede utilizar un modelo de optimización para encontrar la frontera al máximo nivel de retorno para una cantidad dada de riesgo que los accionistas y los interesados del proyecto están dispuestos a tomar. Esta herramienta permite a los grupos de ingeniería hacer una evaluación de cobertura y valor del proyecto para diferentes niveles de riesgo y retorno.

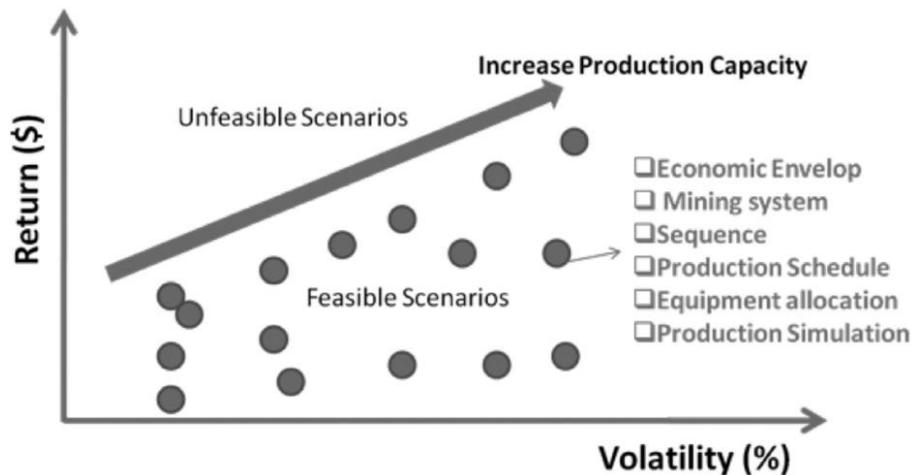


Figura 2.5 Método eficiente de frontera utilizado para valorar el riesgo y el retorno de diferentes configuraciones de un sistema minero para apoyar la toma de decisiones estratégicas.

2.1.3 Minería a Cielo Abierto

La minería a cielo abierto se puede definir como el proceso de excavación de cualquier depósito cerca de la superficie, en el cual se fragmenta la roca y se transporta para su proceso posterior o depósito en sectores establecidos, la diferencia se da por las características del material, diferenciando entre mineral y estéril respectivamente. Cabe destacar que este método está sujeto a la relación estéril/mineral, si es muy alta probablemente el proyecto no sea rentable y sea necesario realizar una evaluación de un método subterráneo.

El diseño de la extracción contempla variables que deben ser analizadas en conjunto, por lo que intervienen diversos equipos de trabajo, entre los cuales figuran las siguientes áreas: geología, geotecnia, planificación, operaciones, mantención, administración, entre otras.

Los datos iniciales para la explotación por rajo abierto provienen de campañas de sondajes, los cuales se procesan y dan origen a un modelo de bloques. Luego, estos bloques se complementan con la siguiente información: tipo de roca (geomécanica, estructuras y litología), leyes (tanto del mineral principal como de sus sub-productos), datos económicos (costos de extracción, de proceso, de venta y/o beneficio económico asociado), recuperaciones metalúrgicas, entre otros; todo esto a medida que se generan los modelos que describen las propiedades del cuerpo mineralizado.

Tras diversos estudios de ingeniería se determina la relación óptima entre capacidad de extracción y beneficio, representada en producción de mineral en un período de tiempo. Según la capacidad, se decide la secuencia y diseño idóneos para extraer dicho mineral.

El diseño minero incorpora la infraestructura para cumplir con la explotación. En ese sentido se definen los siguientes aspectos: límites de la extracción y tamaños de las fases, geometría aplicable, acceso a los bancos de explotación, ubicación de botaderos y planta concentradora, requerimientos de equipo, capacidades, etc.

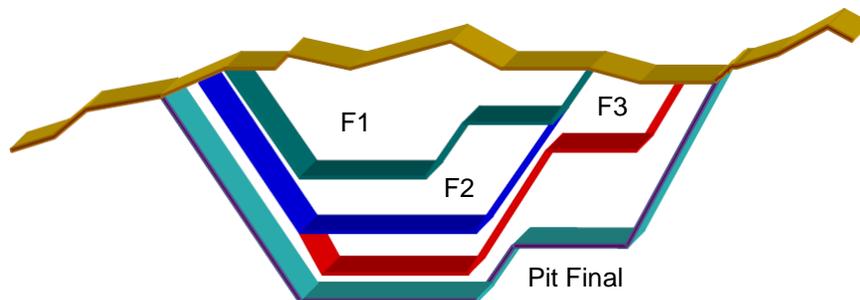


Figura 2.6: Fases esquemáticas para el desarrollo de un rajo

Las fases (Figura 2.6) se desarrollan a través de una estrategia de consumo de reservas que necesita un adecuado funcionamiento de los procesos productivos. En la Tabla 2-1 se presentan los principales equipos que operan en la minería a cielo abierto.

Tabla 2-1 Equipos comunes en los procesos productivos, rajo abierto.

Proceso Productivo	Equipos más comunes
Perforación	Perforadoras rotativas (orugas-neumáticos) y DTH
Tronadura	Camión fábrica
Carguío	Palas de cable, palas electrohidráulicas y cargadores frontales.
Transporte	Camión
Servicios de apoyo	Bulldozer, Wheeldozer, cargador frontal de servicio, camión aljibe, motoniveladora, compactador de camino.

Adicionalmente, las actividades productivas requieren de ajustes operacionales y de la construcción de accesos flexibles que permitan la extracción continua en la faena. Los siguientes parámetros se consideran fundamentales: ángulo de talud (interrampa y global), altura de banco, ángulo cara de banco, rampa, ancho de berma, pretil de seguridad, zanja, caminos (una pista, doble vía, cruce), ancho mínimo de operación, entre otros.

2.1.3.1 Planificación Cielo abierto.

La planificación de actividades busca programar la extracción de los recursos en función de la información disponible, es decir a medida que se depura la información se van visualizando los detalles más relevantes de la producción.

La minería a cielo abierto es bastante dinámica, a medida que transcurre la operación se profundiza el rajo y se expande la superficie, alterando los accesos, rutas de transporte e incluso la infraestructura instalada. Es por esto que la información es la herramienta principal con la que cuenta el planificador a la hora de generar los planes mineros, requiriendo actualizaciones periódicamente sobre el diseño y consecuentemente la revisión o modificación sobre el programa de producción.

La planificación involucra la programación de los recursos (procesos productivos) y actividades ligadas a la operación, por lo que se puede completar cada uno de los horizontes según el nivel de detalles correspondiente, considerando (Le-Feaux et al, 1998):

- Alimentación Planta.
- Leyes.
- Fino.
- Contaminantes.
- Orígenes y Destinos de los materiales.
- Alimentación de botaderos.
- Relación E/M.
- Alimentación de acopios.
- Perfiles de transporte.
- Accesos a los bancos.
- Rampas y caminos.
- Mineral expuesto.
- Secuencia de explotación.
- Alimentación a botaderos.
- Tronaduras.
- Disponibilidades físicas de equipos y mantenimiento.
- Equipos necesarios.
- Rendimientos.
- Insumos y abastecimiento.
- Ángulos de talud.
- Disposición espacial de instalaciones.
- Inversiones.
- Costos.
- Utilidades.
- Etc.

A partir del listado anterior se esquematiza el proceso de planificación de largo plazo:

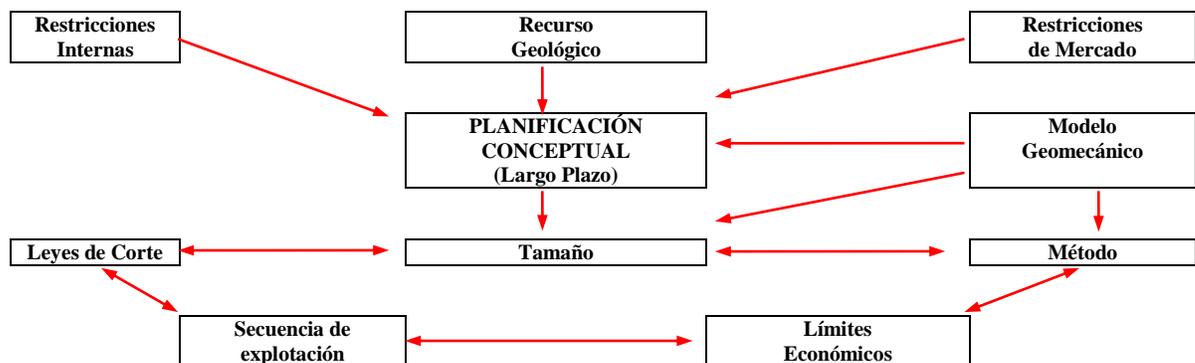


Figura 2.7 Esquematización del proceso de planificación largo plazo

La definición de variables claves, tales como el tamaño de la operación, límite final de explotación, diseño de fases, estrategia de consumo de reservas, leyes de corte y plan de producción, por parte del área de planificación minera, se desarrolla en un medio compuesto por un conjunto de elementos restrictivos internos y externos a la empresa, los cuales son (Quiroz L. C, 1982):

- Modelo Económico: Incorpora las variables que definen el valor del proyecto, en este caso el valor de venta del producto y la estimación de su proyección para los diferentes horizontes de planificación.
- Modelo de Recursos Minerales: Corresponde a la distribución espacial de los recursos, los cuales son estimados utilizando diversos métodos y bajo altos niveles de incertidumbre.

- **Modelo Geotécnico:** Incluye la caracterización completa del macizo rocoso y de sus propiedades, las cuales repercuten de manera directa sobre el diseño minero, sobre todo en la definición de reservas económicas extraíbles. El modelo cambia en pos del avance, generando la oportunidad de modificar los planes de producción.
- **Modelo Metalúrgico:** Agrega las restricciones asociadas al procesamiento del mineral extraído desde la mina, ya que el tratamiento de mineral se maneja a volúmenes y leyes específicas, según el envío de mineral a planta conforme a las capacidades.
- **Medio Ambiente:** Comprende los lineamientos establecidos por la legislación bajo los que opera la actividad minera, de manera de hacerla sustentable durante el tiempo; minimizando el impacto asociado al proyecto en sí. En este modelo, se agregan restricciones a la planificación en aspectos como la disposición de botaderos y relaves. Además, incluye restricciones ambientales definidas sobre las emisiones de las plantas de procesamiento.

En función de los modelos descritos se precisa el set principal de parámetros que debe establecerse para el desarrollo de la planificación (Lillo, 2002):

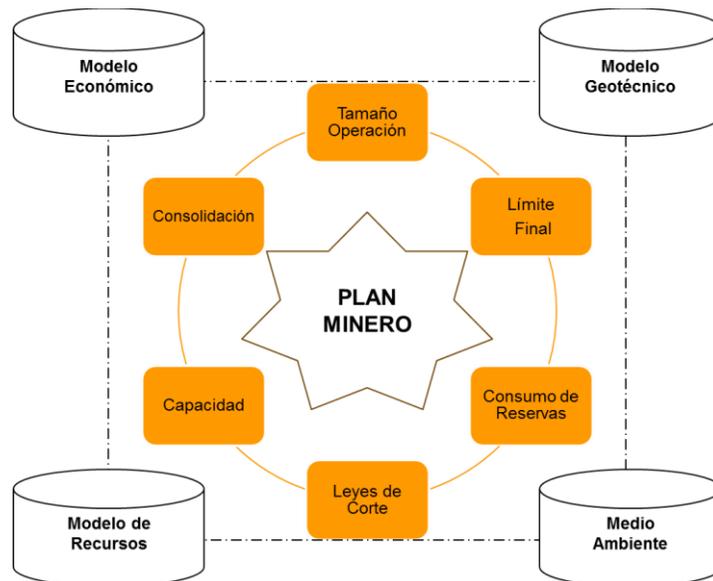


Figura 2.8 Modelos fundamentales en planificación a cielo abierto.

Debido a la naturaleza del negocio minero, los inputs a la planificación minera tienen distintos niveles de incertidumbre, y la incertidumbre puede generar riesgos.

La incertidumbre involucra a variables que son desconocidas y cambiantes, es la posibilidad de que un evento ocurra o no. El riesgo por otro lado es real y es el resultado de la incertidumbre. Son las consecuencias de la materialización de los eventos que tenían un grado de incertidumbre.

La toma de decisiones depende del grado de conocimiento que se tenga del problema. Se pueden distinguir distintas fuentes de incertidumbre asociadas a la planificación minera. Estas fuentes pueden ser internas o externas. Las primeras son aquellas relacionadas con la organización propia de la empresa y sus activos, siendo las fuentes geológica y operacional las más importantes, ya que generan un gran impacto en el beneficio económico que se puede obtener (Mayer, Kazakidis 2007). Las fuentes de incertidumbre externas son aquellas ajenas a la empresa, en donde el principal ejemplo es la incertidumbre de mercado, debido a su gran impacto en el valor del negocio. En esta categoría también se encuentran las políticas gubernamentales y el riesgo país (Mayer, Kazakidis, 2007; Rudloff, 2013).

La Figura 2.9 muestra las principales fuentes de incertidumbre tanto internas como externas asociadas a los proyectos mineros como externas asociadas a los proyectos mineros.

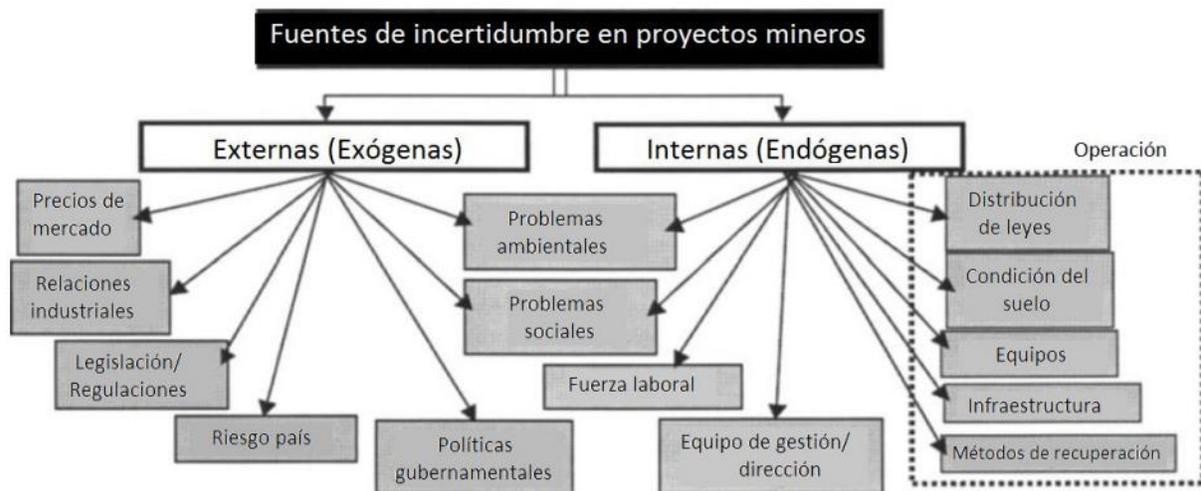


Figura 2.9 Fuentes de incertidumbre en proyectos mineros

La programación estocástica es una técnica de optimización usada cuando los problemas tienen incertidumbre, estas pueden representarse por medio de distribuciones de probabilidad o a través de posibles escenarios (Sepúlveda et. al., 2012).

La planificación minera estocástica busca incluir en la generación de planes las incertidumbres que envuelven a los problemas mineros.

La Figura 2.10 muestra una planificación tradicional versus una planificación estocástica (considera incertidumbre) que abarca el modelo espacial estocástico geoestadístico con la optimización estocástica para el diseño minero y la planificación de la producción (Dimitrakopoulos, 2011).

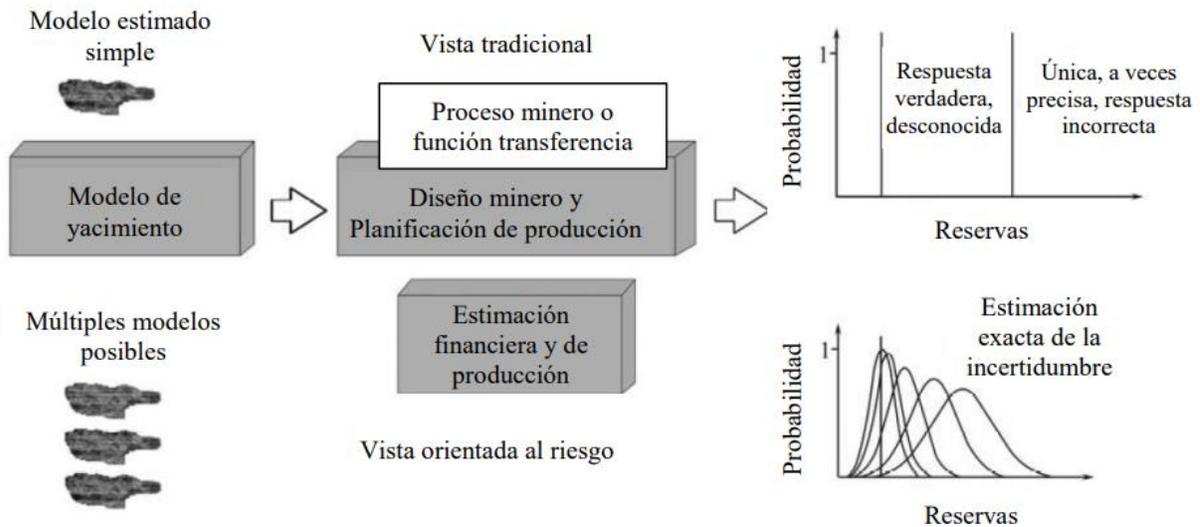


Figura 2.10 Modelo de estimación tradicional versus estimación estocástica.

Los modelos que incluyen simulaciones representan de mejor manera la realidad que los modelos determinísticos. Al incluir incertidumbre en las simulaciones, se generan escenarios que incluyen las características históricas de la mina y el comportamiento de los equipos mineros críticos y con esto, se pueden generar planes de producción acordes a cada faena y así lograr cumplir con las metas propuestas (Cerdeira, 2016).

2.1.4 Planificación de largo plazo en Codelco

El proceso de planificación minero metalúrgica al largo plazo de Codelco se compone de dos procesos: en primer lugar, el proceso PEX (Plan exploratorio), que se ejecuta cuando existen cambios significativos en las condiciones ligadas al plan estratégico vigente que impliquen alterar la estrategia a nivel Divisional, y el proceso de planificación anual, que incluye al Plan de Negocio y Desarrollo (PND)- Plan Quinquenal (PQ) y al Plan Sin Desarrollo (PSD).

2.1.4.1 **Proceso PEX**

Es el plan estratégico de largo plazo de la División y actúa como base de la planificación estratégica y táctica de largo y mediano plazo, su objetivo es buscar el máximo valor posible para la explotación y beneficio total de los recursos a riesgo equivalente, considerando las Visiones de Futuro (estados posibles del futuro sin probabilidad de ocurrencia) y objetivos estratégicos definidos por parte de la Administración Superior. A priori el PEX no busca ser operativo, sin embargo, se espera que sea operativizable sin incurrir en una reducción importante del valor de dicho plan o en modificaciones significativas de sus elementos estratégicos, los cuales son determinados de forma robusta pero también con flexibilidad.

El PEX nace luego de un proceso de análisis de los posibles Escenarios de Negocio (EN), en donde la elección del Escenario se produce luego del estudio de las diferentes perspectivas trascendentales del negocio a nivel Divisional y Corporativo. El

EN seleccionado debe considerar Opciones de Desarrollo que sean capaces de responder a las distintas Visiones de Futuro previstas por la compañía. Por lo que, no basta solo con revisar la escala productiva y realizar mejoras de gestión, sino que además deben considerarse nuevas tecnologías y toda la base minera de la Corporación.

El origen del PEX está dado por un Análisis de Pertinencia Corporativo o Divisional, en donde se identifican cambios relevantes en diversos ámbitos de la minería y/o en las Visiones de Futuro. A continuación, se presenta un ejemplo de algunos eventos que pueden desencadenar en un Proceso PEX.

Tabla 2-2 Eventos que desencadenan en un Proceso Pex

Nivel	Dimensión	Eventos
Corporativo	Mercado	Relación precio-costos, nivel de inversión
	Sustentabilidad	Cambio normativa legal, ambiental, laboral, entre otras
	Tecnología	Quiebres tecnológicos
Divisional	Geología	Nuevos recursos, cambio propiedad minera
	Cambio en estrategia vigente	Materialización de riesgos técnicos, cambio en estrategia de explotación y/o procesamiento
	Cambio organizacional	Cambio significativo a nivel administrativo afectando el proceso productivo o costos relacionados.

Después de ejecutar el Análisis de Pertinencia, el Proceso PEX se estructura en cuatro etapas, tal como indica la Figura 2.11. Las cuales se explican a continuación.

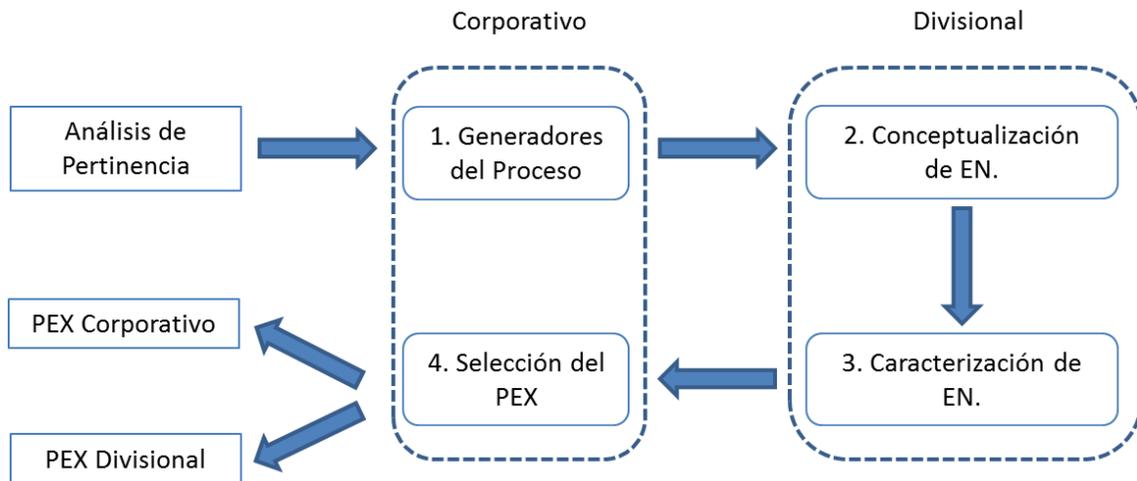


Figura 2.11 Estructura del Proceso PEX

1. Generadores del Proceso PEX: desarrollar nuevas visiones de futuro incorporando los cambios por los que se ocasionó el proceso e incluyendo los aspectos relevantes mencionados anteriormente en el Análisis de Pertinencia. De esta forma

a modo de ejemplo si se considera el mercado como un aspecto, las posibles visiones de futuro pueden ser: pesimista, esperado, optimista.

2. **Conceptualización de escenarios de negocio:** Determinar cómo las incertidumbres propuestas en las visiones de futuro afectan la división y buscar soluciones al respecto. Todo escenario de negocio se compone de un plan base y de una opción de desarrollo. El primero corresponde a un plan minero metalúrgico asociado a las operaciones actuales y proyectos en los cuales la División invertiría sí o sí independiente de la Visión de Futuro. Cabe destacar que los distintos niveles de inversión generan diferentes planes base. Y, el segundo nace de las diferentes Visiones de Futuro, en términos simples las opciones de desarrollo son las alternativas que tienen las divisiones para explotar recursos y se incluyen según cada Visión de Futuro, entregando flexibilidad. A modo de ejemplo se tienen: Nuevos proyectos, extensión vida mina y expansión de capacidad.
3. **Caracterización de escenarios de negocio:** desarrollo y evaluación de escenarios de negocios en distintas Visiones de Futuro. A partir de esto, se puede generar un matriz que puede ser comparada en términos de VAN. Luego, se realiza un análisis de riesgo estratégico (identificar amenazas y oportunidades de los EN) de manera cualitativa o cuantitativa y finalmente un análisis estratégico de EN. El objetivo de este último es detectar cualitativamente el riesgo implícito en cada plan, así se le agrega otra métrica aparte de VAN. De esta etapa se genera una propuesta divisional al Centro Corporativo.
4. **Selección del PEX:** El nivel corporativo selecciona el PEX de cada división, incluyendo restricciones como definición y propósito estratégico, inversiones y posicionamiento Corporativo, entre otras. Adicionalmente se incluye la aversión al riesgo del dueño. Luego la Gerencia de Recursos Mineros consolida los escenarios de negocio. Ciertas variables estratégicas del PEX según cada división se deberán comprometer en la planificación anual y actúan como referencia del PND -PQ y del PSD, estos son: recursos considerados, método de explotación, proceso metalúrgico, capacidad productiva y macro secuencia de extracción.

2.1.4.2 *Proceso de Planificación Anual*

El proceso de planificación anual de largo plazo en CODELCO se traduce en el PND-PQ y en el PSD, y es realizado por la Gerencia de Recursos Mineros y Desarrollo (Divisionales).

El PND es el plan minero metalúrgico de largo plazo formulado sobre la base de los recursos minerales con potencial económico. Incorpora factores geológicos, metalúrgicos, geomecánicos, económicos, financieros, medioambientales, comunitarios y otros de naturaleza técnico-económica, con sus correspondientes grados de confiabilidad. Este plan busca maximizar el VAN esperado del negocio, sujeto a ciertas restricciones y consideraciones estratégicas, por lo que se deben tener presentes las exigencias de categorización de recursos y reservas indicadas en la matriz de sustentabilidad de la Norma Interna Corporativa Codelco N° 31, Categorización de Recursos y Reservas. En el caso del PND, se considera la totalidad de los recursos

(medidos, indicados e inferidos). Además, incluye el desarrollo de una cantidad determinada de proyectos, aun cuando no exista la autorización definitiva de invertir en ellos. El compromiso de inversión requiere ingeniería básica terminada, cumplimiento de normativas y aprobaciones establecidas. En relación a la temporalidad del PND a partir del año 6 es anual y considera toda la vida de la operación. Los cinco primeros años corresponden al PQ, el cual tiene como finalidad garantizar la operatividad y el uso eficiente de recursos, considerando un nivel de detalle que permita el cumplimiento de promesas e hitos de negocios.

El PSD se rige en base a los mismos términos del PND, sin embargo, no incluye nuevos proyectos de desarrollo que no han sido aprobados inversionalmente por la Corporación. Este plan si incorpora los proyectos con autorización para invertir o en ejecución y aquellos necesarios para mantener capacidad de equipos e instalaciones por conceptos de desgaste natural de uso, como también los necesarios para cumplir las normas de seguridad laboral y medioambientales en vigencia.

2.2 Procesos y estandarización

Antes de ahondar en el desarrollo de la estandarización, es necesario comprender el concepto de proceso y sus implicancias.

2.2.1 Procesos

2.2.1.1 ¿Qué es un proceso?

Según ISO 9000:2000 proceso se define como: “Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados”.

Secuencia [ordenada] de actividades [repetitivas] cuyo producto tiene valor para su usuario o cliente (Pérez Fernández de Velasco, 2009).

Por otro lado, es necesario definir procedimiento, que según la ISO 9000:2000 significa: “Forma especializada para llevar a cabo un proceso”

2.2.1.2 *Enfoque de gestión por procesos*

Dentro del estudio de la gestión por procesos, autores como Pérez- Fernández de Velasco (1996) y Harrington (1993), entregan una definición asociada al tema. Pero la disparidad en los significados conlleva a identificar algunos elementos claves que permitirían llegar a un consenso. Los cuales se mencionan a continuación:

- Enfoque sistémico (la organización aparece como un sistema o conjunto de procesos que interactúan para alcanzar objetivos).
- Busca administrar interrelaciones entre áreas o personas.
- Busca una mejora de la eficiencia y eficacia de las actividades de la empresa.
- Considera la adaptación de la organización a los cambios en el entorno.

Retomando el concepto de proceso y considerando los elementos enlistados se puede dar la siguiente definición de enfoque de gestión por procesos como: una forma de conducir o administrar efectivamente las actividades, interrelaciones y recursos de una organización concentrándose en el valor agregado para el cliente y las partes interesadas. Su origen proviene de responder a la necesidad de aumentar la eficiencia y eficacia de las organizaciones y de entregar capacidad para mejorar la adaptabilidad en el mercado. Finalmente, la gestión de procesos permite relacionar y definir los requisitos, funciones, límites, responsable y controles que se deben llevar a cabo para conseguir un producto final o salida, bajo unos parámetros de calidad y competitividad.

2.2.1.3 Tipos de procesos

Se pueden distinguir los procesos por su misión, según ello se pueden clasificar en (Pérez-Fernández de Velasco, 2009):

- **Procesos operativos:** transforman los recursos para obtener el producto o proporciona el servicio conforme a los requisitos del cliente, aportando en consecuencia un alto valor añadido al cliente. Las actividades en ellos incluidas y que no cumplan esta condición, es muy probable que se hagan de manera más eficiente como parte de algún proceso de otro tipo.
- A pesar de aportar gran valor añadido, estos procesos no pueden funcionar solos pues necesitan recursos para su ejecución e información para su control y gestión.
- **Procesos de apoyo:** proporcionan las personas y los recursos físicos necesarios por el resto de procesos y conforme a los requisitos de sus clientes internos. A diferencia de los procesos operativos, que tienen una secuencia y un producto final claros, los procesos de este ítem se ven más bien como transversales en la medida que proporcionen recursos en diferentes fases del “proceso del negocio”.
- **Procesos de gestión:** A través de actividades de evaluación, control, seguimiento y medición asegura el funcionamiento controlado del resto de procesos, además de proporcionar la información que necesitan para tomar decisiones (mejor preventivas que correctoras) y elaborar planes de mejora eficaces. Esta categoría recoge datos del resto de los procesos para convertirlos en información de valor para sus clientes internos. Usualmente, los procesos de dirección se incluyen dentro de los procesos de gestión, y éstos se realizan para establecer la estrategia corporativa y darle un carácter único.

La norma ISO 9000:2000, incorpora un proceso de Medición, análisis y mejora. Su finalidad es recoger y evaluar los datos del desempeño para el mejoramiento. La organización debe planificar e implementar estos procesos, persiguiendo los siguientes objetivos:

- Demostrar la conformidad del producto

- Asegurarse de la conformidad y mejorar continuamente la eficacia del sistema de gestión de la calidad.

2.2.1.4 Elementos de un proceso

En los procesos se identifican tres elementos fundamentales los cuales deben cumplir con unos requisitos establecidos por los clientes. A continuación, se describe cada uno de estos elementos.

- **Input** (entrada): Producto con unas características objetivas que respondan al estándar o criterio de aceptación definido. Esta entrada es la salida de un proceso que puede ser interno o externo.
- **El Proceso**: Es la secuencia de actividades propiamente dichas. Unos factores, medios y recursos con determinados requisitos para ejecutarlos siempre bien. Este proceso cuenta con las personas y/o maquinaria (hardware y software) competitivo, un método de trabajo (procedimiento), información sobre calidad y entrega de la salida al siguiente subproceso a cliente. Para el mejoramiento de este proceso es necesario implementar un sistema de control, el cual se conforma de medidas e indicadores del funcionamiento del proceso, del producto del proceso y del nivel de satisfacción del cliente.
- **Output** (salida): Producto con la calidad exigida por el estándar del proceso. Este puede ir dirigido a un cliente interno o externo, convirtiéndose así en un input para el proceso del cliente. Recordemos que el producto del proceso (salida) va a tener un valor intrínseco, medible o evaluable, para su cliente o usuario.

2.2.1.5 Factores de un proceso

Los factores de un proceso son todos los recursos y/o entradas necesarias para la realización y el buen desarrollo del producto. Dentro de los factores mínimos que menciona Pérez Fernández, se destacan los siguientes:

- **Personas**: Un responsable y los miembros del equipo de proceso, todas ellas con los mismos conocimientos, habilidades y actitudes (competencias) adecuados. La contratación, integración y desarrollo de las personas la proporciona el proceso de Gestión de Personal.
- **Materiales**: Materias primas o semielaboradas, información (factor en el desarrollo de esta memoria) con las características adecuada para su uso.
- **Recursos Físicos**: Instalaciones, maquinaria, utillaje, hardware, software que han de estar siempre en adecuadas condiciones de uso.
- **Método/planificación de proceso**: Método de trabajo, procedimiento, hoja de proceso, gama, instrucción técnica, instrucción de trabajo, etc. Es la descripción de la forma de utilizar los recursos, quién hace qué, cuándo y ocasionalmente cómo. En este se incluye el método para la medición y seguimiento del: funcionamiento del proceso (medición o evaluación), producto del proceso (medida de cumplimiento) y, la satisfacción del cliente (medida de satisfacción).

2.2.1.6 Técnicas para la identificación de procesos

Las técnicas para la identificación de procesos permiten ver las relaciones que se manejan entre los diferentes actores, departamentos, los recursos necesarios, los requisitos, los responsables y los resultados o salidas esperadas (Galloway, 2002).

Las técnicas más utilizadas para la identificación del sistema y los procesos son:

- Diagrama de bloques- Mapa de Procesos
- Modelo integrado
- Cadena de valor

Diagrama de bloques- Mapeo de procesos

El mapa de procesos es un formato alternativo a un diagrama de flujo lineal. Tiene varias columnas que representan las fuentes de diversas personas o departamentos. Una vez completado representa como el output va pasando por las distintas funciones.

Este diagrama de bloques o Mapa de procesos es útil para entender cómo se relacionan los distintos departamentos, unidades operativas, etc., ante un determinado proceso.

Es una técnica para examinar el proceso y determinar adónde y porqué ocurren fallas importantes. El mapeo de un proceso es el primer paso por realizar antes de evaluarlo. Para realizarlo se debe (Galloway, 1998):

1. Identificar el proceso “Clave” y asignarle un nombre. (Aquel que resulte más conocido para los participantes).
2. Identificar las funciones más importantes involucradas en el proceso mediante una lista al costado izquierdo del mapa.
3. Identificar el punto de partida representándolo en el lado superior izquierdo. Moviéndose hacia abajo y a la derecha ingresar las actividades asociadas con cada participante. Evitar los detalles.
4. Conectar las actividades mediante una flecha desde el proveedor hasta su cliente más inmediato.
5. Identificar las mediciones que existan para cada salida una vez que haya terminado el Mapeo.

Cadena de Valor

La cadena de valor es un modelo teórico que grafica y permite describir las actividades de una organización para generar valor al cliente final y a la misma empresa. Se considera como una herramienta básica para analizar las fuentes de ventaja competitiva, actuando como medio sistemático que permite examinar todas las actividades que se realizan y sus interacciones. Como parte de la metodología se divide a la compañía en sus actividades estratégicamente relevantes a fin de entender

el comportamiento de los costos, así como las fuentes actuales y potenciales de diferenciación. (Porter, 1998).

La Figura 2.12 muestra un gráfico de una cadena de valor genérica con la distribución del tipo de actividades de valor (primarias y de apoyo) y del margen.

El margen es la diferencia entre el valor total y el costo colectivo de desempeñar las actividades de valor.

Las actividades primarias son las que están directamente relacionados con la creación física del producto, su venta, transferencia al comprador y servicio post venta. Las actividades de apoyo son las que sustentan las actividades primarias y se apoyan entre sí, proporcionando insumos comprados, tecnología, recursos humanos y varias funciones de toda la empresa.



Figura 2.12 Gráfico de una cadena de valor genérica.

Modelo Integrado de Control de Gestión (MICG)

El MICG es un conjunto de procesos que parten de las principales áreas claves dentro del sistema organizacional, esto con el fin de diseñar indicadores y estándares basados en los planes y programas estratégicos intentados por la organización. Tales indicadores cuantitativos y cualitativos, son medidos por medio de índices confiables de desempeño gestionados por cuadros de mando que garanticen un monitoreo efectivo para el cumplimiento de los objetivos del sistema. (Royero, 2003)

En términos simple, es un mecanismo de medición de los intentos estratégicos por lograr con efectividad los objetivos organizacionales. Constituye la manera mediante el cual, las estrategias y recursos son dirigidos a los aspectos claves del éxito organizacional y a la satisfacción de los usuarios dentro del cumplimiento de los parámetros sociales de desarrollo, tanto en el ámbito local y regional, como a escala nacional.

El modelo se fundamenta bajo los parámetros de las siguientes premisas de actuación y conformación:

- **Integralidad:** El MICG se fundamente en una visión sistémica de la organización y de su interacción con el medio ambiente en que se desarrolla.
- **Excepción:** El principio de excepción concentra la base para la toma de decisiones por medio del control de los procesos esenciales o claves que garanticen el éxito organizacional.
- **Eficiencia:** Garantiza el cumplimiento de los objetivos en el uso racional de los recursos.
- **Flexibilidad:** Se entiende como la consideración de los cambios que pudieran devenirse a raíz de las necesidades del entorno y de la organización.
- **Perfectibilidad:** El modelo en cuestión se alimenta de sus errores, experiencia, ideas, innovaciones y críticas realizadas por los actores involucrados en el proceso, con el objeto de perfeccionar y mejorar su eficacia dentro y fuera del ámbito organizacional. No es un modelo infalible, sino perfectible.
- **Responsabilidad social:** Considera su actuación bajo el principio de control de gestión de las áreas institucionales que tienen que ver con el desarrollo local, regional y nacional. Como lo es la transferencia de tecnología, la diversificación del conocimiento, el desarrollo técnico-social, la pertinencia social y la rendición de cuentas.

La estructura básica de diseño del MICG se visualiza en la Figura 2.13.

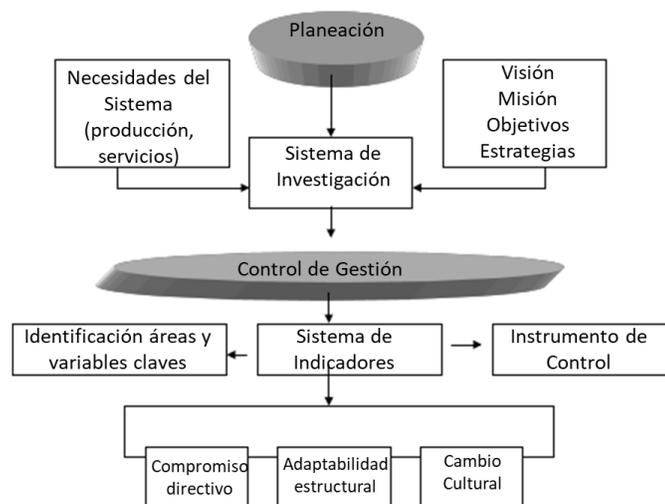


Figura 2.13 Estructura básica del MICG

2.2.2 Estandarización de procesos

El objetivo de la estandarización de los procesos de las organizaciones es lograr alcanzar procedimientos y tácticas definidas para obtener bienes y servicios de calidad a precios razonables (Doctor Yoshio Kondo, 1994)

La identificación y caracterización es muy importante ya que los productos que se obtienen son los mismos siempre y cuando se conserven las metodologías de trabajo.

La estandarización, es la recolección y documentación de información acerca del funcionamiento (quién, cómo y cuándo) de los procesos de una manera precisa clara, exacta y de fácil comprensión.

Esta estandarización permite llevar un control de los procesos de manera que se pueda evaluar su gestión para generar un mejoramiento en cuanto a los recursos, las metodologías y la calidad del mismo y del producto o salidas.

Según Kondo [6], los pasos para realizar una estandarización efectiva son los siguientes:

1. Incluir a las personas responsables de los procesos.
2. Indagar y definir la manera más adecuada de conseguir las metas de los procesos.
3. Evidenciar con esquemas, cuadros, retratos, palabras los procesos.
4. Preparar e instruir a los empleados para que participen en los procesos.
5. Instaurar formalmente el estándar definido.
6. Revisar los productos obtenidos.
7. Si el resultado se apega al estándar, continuar la implementación, si no, analizar la brecha y tomar acción correctiva.

2.2.2.1 Técnicas para estandarizar procesos

Las técnicas más utilizadas en la estandarización de procesos son las siguientes:

- Diagrama de flujo
- Diagrama de Insumo, Proceso, Producto (DIPP)
- Ficha de Proceso

Diagrama de flujo

El flujograma o diagrama de flujo es una representación gráfica de los pasos que se siguen para realizar un proceso; partiendo de una entrada, y después de realizar una serie de acciones, se obtiene una salida (Galloway, 2002).

Cada paso se apoya en el anterior y sirve de sustento al siguiente.

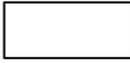
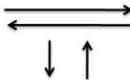
El diagrama de flujo tiene las siguientes características y ventajas:

- Es una representación gráfica de las secuencias de un proceso, presenta información clara, ordenada y concisa.
- Permite visualizar las frecuencias y relaciones entre las etapas indicadas.
- Se pueden detectar problemas, desconexiones, pasos de escaso valor añadido etc.
- Compara y contrasta el flujo actual del proceso contra el flujo ideal, para identificar oportunidades de mejora.
- Identifica los lugares y posiciones donde los datos adicionales pueden ser recopilados e investigados.
- Ayuda a entender el proceso completo.

- Permite comprender de forma rápida y amena los procesos.

En esta técnica, para representar la información, se utilizan una serie de símbolos básicos que van confeccionando el diagrama en sí. A modo de ejemplo se presta la Tabla 2-3, la cual muestra algunos símbolos y su significado.

Tabla 2-3: Ejemplo de simbología empleada en diagrama de flujo.

SÍMBOLO	NOMBRE	ACCIÓN
	Terminal	Representa el inicio o el fin del diagrama de flujo.
	Entrada y salida	Representa los datos de entrada y los de salida.
	Decisión	Representa las comparaciones de dos o mas valores, tiene dos salidas de información falso o verdadero
	Proceso	Indica todas las acciones o cálculos que se ejecutaran con los datos de entrada u otros obtenidos.
	Líneas de flujo de información	Indican el sentido de la información obtenida y su uso posterior en algún proceso subsiguiente.
	Conector	Este símbolo permite identificar la continuación de la información si el diagrama es muy extenso.

Ficha de procesos

La ficha actúa como un soporte de información de los diagramas, esta permite estandarizar las características más relevantes para el control de actividades de los procesos y su gestión. Generalmente, se compone de los siguientes aspectos:

- Objetivo
- Clientes/alcance
- Normativa
- Responsable
- Descripción del proceso
- Diagrama de flujo
- Documentos relacionados
- Sistema de seguimiento

Diagrama de Insumo, Proceso, Producto (DIPP)

El (DIPP) equivale a la caracterización del proceso. Cada uno de los dueños del proceso debe elaborar su caracterización de acuerdo con un documento que describe esquemáticamente la secuencia de actividades que se deben seguir por las personas de las áreas involucradas en el desarrollo de un proceso. Las caracterizaciones

incluyen diagramas de flujo de acuerdo con el tipo establecido por la organización y remiten a los formatos, instructivos y registros. (Agudelo, 2007).

2.2.3 Metodología para Construir un indicador de desempeño

Los indicadores de desempeño son considerados como herramientas de gestión que entregan información cuantitativa respecto del logro o resultado de los objetivos y/o proyectos de la institución, abarcando aspectos cuantitativos o cualitativos. Dicha información sirve para tomar decisiones, por lo que el indicador provee un valor de referencia para estudiar cuán bien se desarrolla la ejecución de las actividades.

Los indicadores se pueden clasificar según qué miden (dimensiones del desempeño):

- Eficacia: mide grado de cumplimiento de un objetivo sin considerar los recursos asignados.
- Calidad: mide atributos, capacidades o características que deben tener los bienes o servicios para satisfacer adecuadamente los objetivos.
- Eficiencia: relación entre los productos y servicios con respecto a los insumos o recursos utilizados.
- Economía: mide la capacidad para generar o movilizar adecuadamente los recursos financieros.

A continuación, se mencionan los diez pasos básicos para construir indicadores (Armijo, 2010):

1. Establecer las definiciones estratégicas como referente para la medición (misión, visión, objetivos estratégicos, productos finales o estratégicos).
2. Establecer las áreas de desempeño relevantes a medir (aspectos principales, ámbitos, dimensiones).
3. Formular el indicador y describir la fórmula de cálculo.
4. Validar los indicadores aplicando criterios técnicos (relevancia, pertinencia, costo, confiabilidad, independencia, integración, aporte marginal).
5. Recopilar los datos
6. Establecer las metas o el valor deseado del indicador y la periodicidad de la medición (desempeño histórico, línea base, objetivos definidos, desempeño logrado en instituciones similares).
7. Señalar la fuente de los datos o medios de verificación (registros de la institución posibles de auditar, estadísticas oficiales)
8. Establecer supuestos (observaciones)

9. Evaluar: establecer referentes comparativos y establecer juicios.

10. Comunicar e Informar el desempeño logrado.

2.3 Estado del arte de la Corporación

Para implementar el mejoramiento continuo en las empresas, es fundamental estudiar el desarrollo del tema durante el tiempo. Para ello se debe realizar un levantamiento de los últimos avances que ha ejecutado la compañía, ya sea a nivel corporativo o divisional.

2.3.1 Transferencia de Mejores Prácticas de Tecnologías de la Información para la Planificación Minera a nivel Corporativo (2010).

En el año 2009 la Gerencia Corporativa de Recursos Mineros de Codelco Chile y Dirección de Negocios GCTICA, en conjunto con las GRMD'S Divisionales solicitan a una empresa de ingeniería desarrollar un levantamiento a nivel corporativo; en forma Divisional, de las tecnologías de la información que soportan el proceso de planificación minera, haciendo énfasis en la captura, procesamiento, salidas y publicación de los parámetros, variables y resultados que sustentan la planificación minera.

El estudio se enfoca en documentar la generación de planes mineros para el mediano y largo plazo, en las divisiones Codelco Norte (mina Chuquicamata y Radomiro Tomic), Andina (rajo y subterránea) y El Teniente. Para llevarlo a cabo se realizan las siguientes actividades:

1. Identificación parámetros de planificación minera Divisional: Consiste en discutir y definir los requerimientos necesarios para que el proceso de Planificación sea de alta calidad, poniendo énfasis en la trazabilidad y reproducibilidad del Plan de Producción. Junto con esto se crea un cuestionario para extraer la información en las divisiones.
2. Visita a terreno- Levantamiento de prácticas: Se visitan las divisiones descritas anteriormente, para generar reuniones con los equipos de planificación y realizar los cuestionarios pertinentes. De esta etapa se obtiene la descripción de los proyectos, beneficios, impactos, costos y actividades a desarrollar en el tiempo.
3. Visita a terreno- Muestreo detalle: Visita que tiene como objetivo resolver dudas de la parte anterior y adicionalmente conseguir muestras de los siguientes elementos: planos, archivos ASCII, planillas Excel, Screen-Shots de Sistemas y Bases de Datos.
4. Análisis de las mejores prácticas: Se realiza un análisis de la situación en las faenas, con el objetivo de definir las mejores tecnologías y metodologías de trabajo, considerando trazabilidad y reproducibilidad del plan de producción, al mediano o largo plazo.
5. Definición de las mejores prácticas: Se realiza la formulación de las mejores prácticas. El objetivo fue formalizar la base conceptual, tal que todas las

divisiones planifiquen con estándares corporativos y optimizando los recursos de tecnología asociados a tareas y sistemas.

Para darle un lineamiento a la recopilación y posteriormente al tratamiento de la información, la empresa de ingeniería diseña un modelo flexible de planificación.

Para ello, se estipula que el proceso de planificación se divide en diversas etapas, compuestas de actividades que no necesariamente son secuenciales. Luego, cada actividad tiene cuatro procedimientos: captura, procesamiento, salida y publicación de parámetros y variables, junto con los resultados que les dan sustento a los planes mineros de mediano y largo plazo.

Las etapas y el contenido de cada una de ellas, tanto para minería subterránea como minería cielo abierto, se muestran en la Tabla 2-4.

Tabla 2-4 Actividades y contenido de cada una de las etapas

Minería	Etapas					
	Modelo de Recursos	Envolvente económica	Diseño Minero	Secuencia de extracción	Programa de Producción	Evaluación
Subterránea	Topografía. Modelo de recursos. Mezcla modelo de recursos.	Parámetros económicos. Puntos de extracción. Altura técnico-económica máxima.	Recuperación y dilución. Diseño niveles de hundimiento. producción, ventilación y transporte. Infraestructura de traspaso. Preparación minera.	Parámetros definición de secuencia. Método de secuencia. Secuencia.	Velocidad de extracción. Requerimientos de área. Restricciones. Metodología. Infraestructura. Equipos.	Programas de producción. Valorización Análisis de riesgo. Evaluación económica.
Cielo abierto	Modelo de bloques in situ. Topografía.	Definición estéril-mineral. Pit final. Cono no operativizado. Fases.	Rampas. Geometría de bancos. Ángulo de talud. Topografía botaderos.	Parámetros. Método de secuencia. Asignación fase-banco en el tiempo.	Distribución fase-banco-período. Flota de equipos. Restricciones operacionales (geomecánicas metalúrgicas).	Programas de producción. Valorización. Análisis de riesgo. Evaluación económica.

En cuanto al tratamiento de información y sus procedimientos, se identifica que la captura puede ser:

- Manual: pen drive, CD, DVD, planos, informes.
- Transferencia electrónica: e-mail, red, carpeta compartida, FTP)
- Base de datos relacional
- Software ad-hoc

El procesamiento podía ser realizado a través de:

- Software comercial
- Software interno (desarrollos propios)
- Planillas de cálculo: Excel

La salida del proceso se documentaba a través de archivos:

- Planillas, ascci, txt
- Binarios (propiedad de software)

Finalmente, con respecto a la publicación existían las siguientes formas:

- Manual
- Transferencia electrónica de archivos
- Base de datos

Se debe precisar que una base de datos es una colección de información organizada, de tal manera que sea accesible, gestionada y actualizada fácilmente. El enfoque más habitual es la base de datos relacional, base de datos que se trata como un conjunto de tablas y se manipula de acuerdo al modelo de datos relacional. Contiene un grupo de objetos que se utilizan para almacenar y gestionar los datos, así como para acceder a los mismos.

La mayoría de los sistemas de gestión de bases de datos relacionales (RDBMS) comerciales utilizan un lenguaje de consultas estructurada (SQL), el que se define como un lenguaje de programación estándar e interactivo para la obtención y actualización de la información.

Los principales productos RDBMS son Oracle, Sybase, Computer Associates, DB2 de IBM y Microsoft SQL Server.

Cuando se habla del software ad-hoc, básicamente se hace referencia a una herramienta que es capaz de importar un archivo directamente desde una base de datos, para luego procesar y depositar la información en la misma base de datos o en otra con características similares.

A continuación, se presentan los principales resultados y/o conclusiones del estudio que tienen relación directa con el presente trabajo.

Tras realizar el levantamiento de información se identifican los sistemas utilizados en las divisiones, por etapa y diferenciando entre minería subterránea y cielo abierto, tal como lo muestra la Tabla 2-5.

Se puede observar que para la minería subterránea se dispone de más herramientas que para cielo abierto, y que a nivel global existen varias alternativas para ejecutar las actividades para llegar a generar los planes mineros. Cabe destacar que en el cuadro se encuentran tanto herramientas pertenecientes al comercio como de propiedad de la corporación. Entre las primeras se encuentra: Vulcan, Gems PC-BC, Minesight, Whittle, XERAS, MUCH, GEN y GSO. En cuanto a las pertenecientes

a Codelco, se tienen las siguientes: GENCU, XPROD, MOD_QUEB, CPM, OPMIN, Secuence, PLAN R y Excel (macros).

Tabla 2-5 Sistemas por etapa año 2010

Etapas	Modelo de recursos	Envolvente Económica	Diseño Minero	Secuencia de Extracción	Programa de Producción	Evaluación
Subterránea	MOD_QUEB	MUCH	GENCUB	VISUAL PLANNING	X-PROD (EXCEL)	EXCEL
	CPM	PLAN_VAN	VORONI	GEMS PC-BC	GEMS PC-BC	CPM
	ACCESS	GEMS PC-BC	SPL	BLOCK CAVE	BLOCK CAVE	X-PROD RIESGO
	GEMS PC-BC	BLOCK CAVE	GEMS PC-BC			GEMS PC-BC
	OPMIN		GEMS TUNNEL			OPMIN
	BLOCK CAVE		BLOCK CAVE			HUMMINGBIRD
			VULCAN			
Cielo abierto	VULCAN	EXCEL	VULCAN	VULCAN	VULCAN	EXCEL
	MINESIGHT	MINESGHT	MINESIGHT	MUCH	WHITTLE	XERAS MINA-PLANTA GEN
					EXCEL	
					SECUENCE	
					PLAN R	

Con respecto al tratamiento de información en las divisiones en estudio, se muestra el catastro de cada procedimiento utilizado a nivel corporativo.

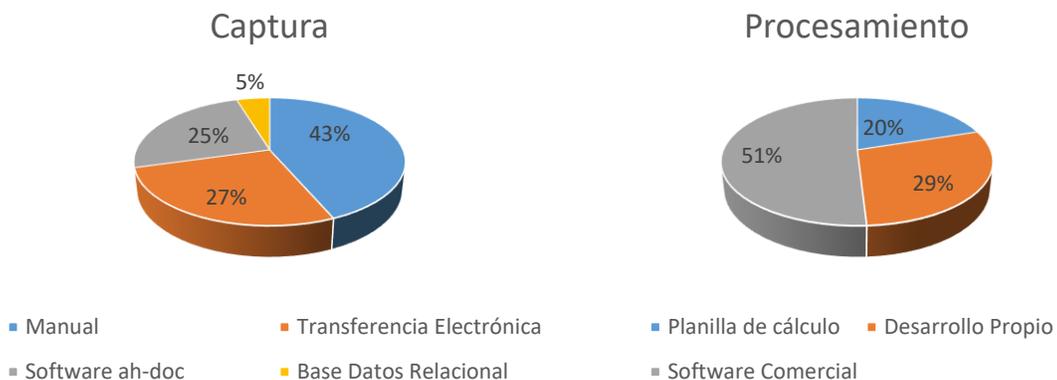


Figura 2.14 Captura y procesamiento de información divisiones en estudio

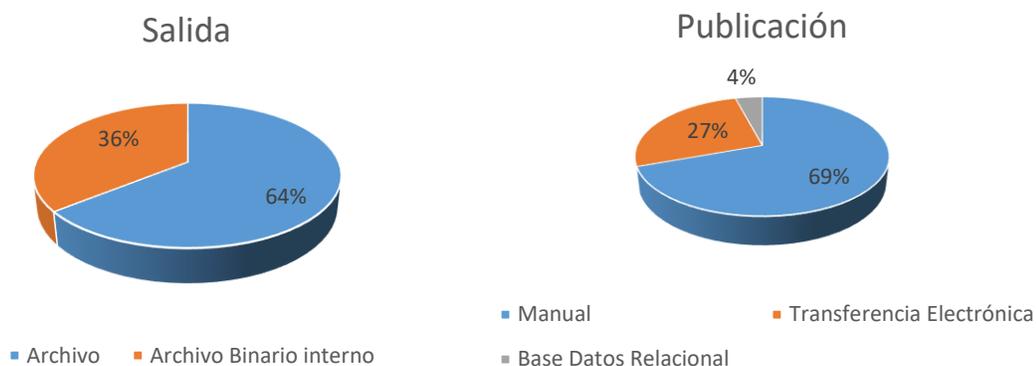


Figura 2.15 Salida y publicación de información divisiones en estudio

De la Figura 2.14 y Figura 2.15 se puede concluir que alrededor del 70% y 80% corresponden a sistemas manuales y de transferencia electrónica para el procedimiento de captura y publicación respectivamente. En el caso del procesamiento, la corporación tiene 50% de desarrollo propio de herramientas.

Dentro de las mejores prácticas en Tecnologías de la Información detectadas en la Corporación, se destaca lo siguiente:

- Uso de una Plataforma documental de clase mundial para el respaldo de informes y estudios que justifican el uso de parámetros y tendencias en la planificación minera, conocida como Microsoft SQL Server.
- Existencia de un sistema que utiliza un repositorio de planes mineros llamado OPMIN directamente conectado a la plataforma de base de datos ORACLE.
- Existencia de software que utiliza base de datos formal para el almacenamiento de parámetros y resultados de los procesos de planificación. Por ejemplo, Gems PC-BC interactúa con Microsoft SQL SERVER. Sin embargo, la base de datos es a nivel usuario, por lo que no se conecta a un servidor de datos especializado.

En relación a las principales debilidades detectadas en la corporación, se tiene que:

- No existe un ejercicio de planificación minera a nivel corporativo que asegure la trazabilidad y auditabilidad de los datos utilizados.
- Existen diferencias entre los sistemas y procedimientos informáticos en las etapas del ciclo de planificación para el mismo tipo de minería
- Cada División posee metodologías propias para tratar la información, por lo que la diversidad impide sinergias corporativas en los procesos de planificación.
- Dentro de las faenas no existe el hábito de publicar los resultados por etapa de manera periódica y sistemática, esto retrasa los procesos de planificación minera, perdiendo dinamismo e integración.

Algunas opciones que podrían ser incorporadas en el proceso de planificación se indican a continuación:

- Uso de un Sistema que permita utilizar bases de datos relacionales abiertas (formales) para la reproducibilidad (auditabilidad) de un plan.
- Uso de un Sistema integrado de procesos, donde las salidas de un proceso sean la entrada del otro, evitando la selección manual y las ineficiencias que puede traer un versionamiento de entradas y salidas.
- Obtención de Tecnología disponible para la incorporación eficiente y sinérgica de módulos que incluyen el conocimiento de la corporación en el negocio minero, a los sistemas comerciales que tomaría mucho tiempo desarrollar internamente.

Finalmente, se propone como solución la implementación de un sistema estándar de manejo de la información basado en las siguientes herramientas:

- Software Estándar: Como existen varias alternativas por división y por etapa. Sería necesario definir una herramienta por tipo de explotación.
- Base de Datos relacional: Se detectó el uso de al menos tres bases de datos, sin embargo, su utilización era a nivel de usuario, desaprovechando la oportunidad de almacenar información a través de un servidor de datos que conectara a toda la corporación.
- Sistema de Gestión documental: establecer normas técnicas y prácticas para administrar el flujo de documentos de la organización, otorgando formalidad a la información publicada.

2.3.2 Estandarización del Proceso Planificación Minera del Presupuesto (Revisión 0) División El Teniente-Codelco.

En el año 2016 la Superintendencia de Planificación Minerometalúrgica (SPM) de la División El Teniente de Codelco, vislumbró la necesidad de contar con un proceso de presupuesto de la información estandarizado, que permitiera realizar apropiadamente sus procesos de planificación y control, buscando siempre mejorar los resultados corporativos. Para ello fue necesario delimitar roles, deberes y derechos de los principales clientes y actores involucrados. Y por otra parte establecer los plazos de cada una de las etapas del proceso y definir las responsabilidades de los participantes sobre estas. Finalmente, se formalizó la solicitud, la recepción y el almacenamiento de información.

El modelo de estandarización utilizado se muestra en la Figura 2.16.



Figura 2.16 Modelo de Estandarización Proceso de Planificación división El Teniente.

El primer paso consiste en realizar un diagnóstico preliminar con respecto a la adherencia de los planes productivos que se generan en el presupuesto bajo dos aristas, estrategia de extracción y crecimiento y cumplimiento de las metas productivas. Bajo estos términos, se identifica un cumplimiento del 70 % para el primer caso y del 100% para el segundo. En donde las principales brechas detectadas; expuestas en la Figura 2.17, afectan directamente a las metas del mediano y largo plazo.



Figura 2.17 Esquema situación Proceso de Planificación año 2016.

El proceso Rev 0 de planificación se estandariza a través de cinco etapas, las cuales se enlistan a continuación:

1. Levantamiento de información: Consiste en coordinar reuniones con todas las áreas inmersas e involucradas en el proceso de planificación para otorgarles participación activa y al mismo tiempo se busca recoger la información que debe ser necesariamente incluida en la construcción del plan.
2. Desarrollo de estrategia de crecimiento: Toma la información recopilada y se genera la propuesta de crecimiento para cada sector de la mina. Dicha propuesta se analiza con todas las superintendencias de la GRMD y se llega a un consenso.
3. Simulación y confección de plan: Utilizando las etapas anteriores y el simulador CPLanner se genera el plan preliminar de planificación de cada sector y el plan global mina.
4. Validación: Realización de reuniones de trabajo para generar retroalimentación por parte de todas las áreas y hacer las correcciones pertinentes.
5. Etapa de emisión: Emisión del plan a través de informe y nota interna.

En cuanto a las sub actividades se utilizaron las siguientes directrices:

Entregables	Reuniones
<ul style="list-style-type: none"> • Fecha de entrega • Fecha del evento • Responsables • Descripción 	<ul style="list-style-type: none"> • Participantes • Información solicitada • Fecha de la reunión • Entregables definidos • Fecha de recepción de la información

En la Figura A 0.1 se muestra la descripción general del proceso descrito. (Ver Anexo A).

Ahora bien, tras estudiar la presente estandarización se debe precisar que el trabajo realizado sin lugar a duda incrementa la probabilidad de cumplimiento de los planes de producción en cuanto a la estrategia definida, aumenta el compromiso de los actores, se incorpora una metodología que incluye a las áreas que aportan información, entre muchas otras características positivas. Sin embargo, el concepto de trazabilidad de la información no es desarrollado a cabalidad.

En la quinta etapa del proceso Rev 0, se menciona que los planes son almacenados en la base de datos de la GRMD, respaldando el procedimiento, es decir: información, criterios, entregables. Esta actividad apunta a dejar registro del trabajo realizado. No obstante, carece de un sistema de información con tecnología de vanguardia. Sumado a esto no se aprovecha al máximo la posibilidad de manejar la información, que hoy por hoy, no solo es un subproducto de la conducción empresarial, sino que a la vez alimenta a los negocios y puede ser uno de los tantos factores críticos para la determinación del éxito o fracaso de éstos.

CAPÍTULO III

3. CONCEPTUALIZACIÓN DEL CICLO DE PLANIFICACIÓN MINERO METALÚRGICO

En la sección 2.3.1 se concluye que Codelco puede mejorar el tratamiento de la información en la planificación minero metalúrgica. En función de esto, la empresa que realiza el estudio divisional propone la implementación de un software estándar (comercial, propio o customizado), una base de datos relacional y un sistema de gestión documental.

Dentro de los proyectos de la compañía no figura como prioritario realizar un proceso de estandarización para software minero al corto plazo. No obstante, independiente de las herramientas computacionales que se utilizan para desarrollar el ciclo de planificación, se persigue fortalecer la trazabilidad del Plan de Negocios y Desarrollo (PND) a través de un protocolo claro y específico que permita respaldar la información de entrada, y luego del procesamiento y actividades, la información de salida.

En cuanto al almacenamiento de información, la corporación dispone del sistema Microsoft SQL Server para administrar y analizar las bases de datos relacionales. Adicionalmente, utiliza la plataforma SharePoint (montada sobre SQL Server); formada por productos y elementos de software, módulos de administración de procesos, módulos de búsqueda y un sistema de administración de documentos, para ejecutar funciones de colaboración dentro de la empresa.

La gestión documental que ofrece SharePoint no cumple con las expectativas en cuanto a accesibilidad, visibilidad, trazabilidad y en cierta medida formalidad. Sin embargo, hay una serie de alternativas para montar a través de lenguaje de programación las herramientas que permiten desarrollar los conceptos mencionados. Por lo tanto, el desafío consiste en implementar la estandarización del ciclo de planificación a través un sistema de gestión, utilizando los recursos disponibles y considerando las restricciones que posee la compañía; en términos económicos y administrativos.

La Corporación Nacional del Cobre, cuenta con una Gerencia de Tecnologías de la Información, Telecomunicaciones, Automatización y Robótica (TICA). Dicha Gerencia es la responsable de administrar la mayoría de las herramientas vigentes en la compañía, en particular proporciona y autoriza cualquier tipo de desarrollo sobre la tecnología existente. Según este lineamiento, la TICA impone las siguientes restricciones:

- Toda tecnología desarrollada debe ser montada sobre el SharePoint.
- Para ejecutar la programación se debe utilizar MS SharePoint Designer y lenguajes establecidos.
- No se puede montar sobre SharePoint herramientas de software (nintex, bizagi, etc) existentes en el mercado que permitan definir los flujos de trabajo.

A continuación, se describe el organigrama del área de recursos mineros, el proceso de planificación vigente en CODELCO; y posteriormente la propuesta de reestructuración de etapas para formular el flujo del proceso.

3.1 Organigrama del área de planificación

El rol que ejercen los actores involucrados juega un papel fundamental para garantizar el éxito del proceso global.

El área de recursos mineros opera de acorde a dos centros de operaciones, uno en el norte y otro en la zona centro sur del país. En el primero grupo se encuentran las divisiones Radomiro Tomic, Ministro Hales, Chuquicamata, Gabriela Mistral y Salvador. Y en el segundo conjunto se localizan El Teniente y Andina. Hay que destacar que para las divisiones en el norte existe apoyo y supervisión por parte de la Gerencia de Desarrollo Distrito Norte (GDDN), que tiene como rol el desarrollo y optimización de las divisiones en el distrito norte, priorizando el funcionamiento global por sobre el éxito divisional.

En todas las divisiones existe la Gerencia de Recursos Mineros y Desarrollo (GRMD), cuya misión es liderar las actividades que permitan aprovechar de mejor manera los recursos mineros existentes. Dentro del organigrama general de planificación la superintendencia de esta área está subordinada a la GRMD, cuya administración contempla una separación lógica considerando el tipo de explotación y en algunas divisiones el horizonte (corto-mediano-largo plazo). En la Figura 3.1 se muestra un organigrama jerárquico estructural resumido de los principales actores involucrados en la formulación del Plan de Negocios y Desarrollo de la Corporación a nivel del área de Planificación.

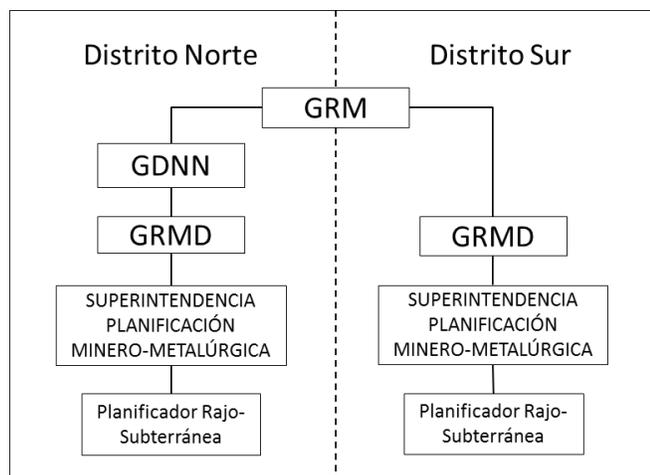


Figura 3.1 Organigrama General de Planificación

3.2 Descripción del proceso de planificación actual

La planificación minera es el proceso global e integral (roca a cátodo) que permite determinar el valor del negocio minero, definir los cursos de acción a seguir y apoyar los procesos de toma de decisiones; que maximicen la creación de valor de las Divisiones y de Codelco en su conjunto, de acuerdo a la misión y objetivos estratégicos de la Corporación. Además, cumple con el objetivo de comunicar y movilizar a la organización respecto de las acciones que se deben concretar para el logro de los objetivos del negocio.

En la Figura 3.2 se presenta la descripción del proceso para minería a cielo abierto y subterránea (block/ panel caving), desde el cuerpo mineralizado hasta la venta del producto.

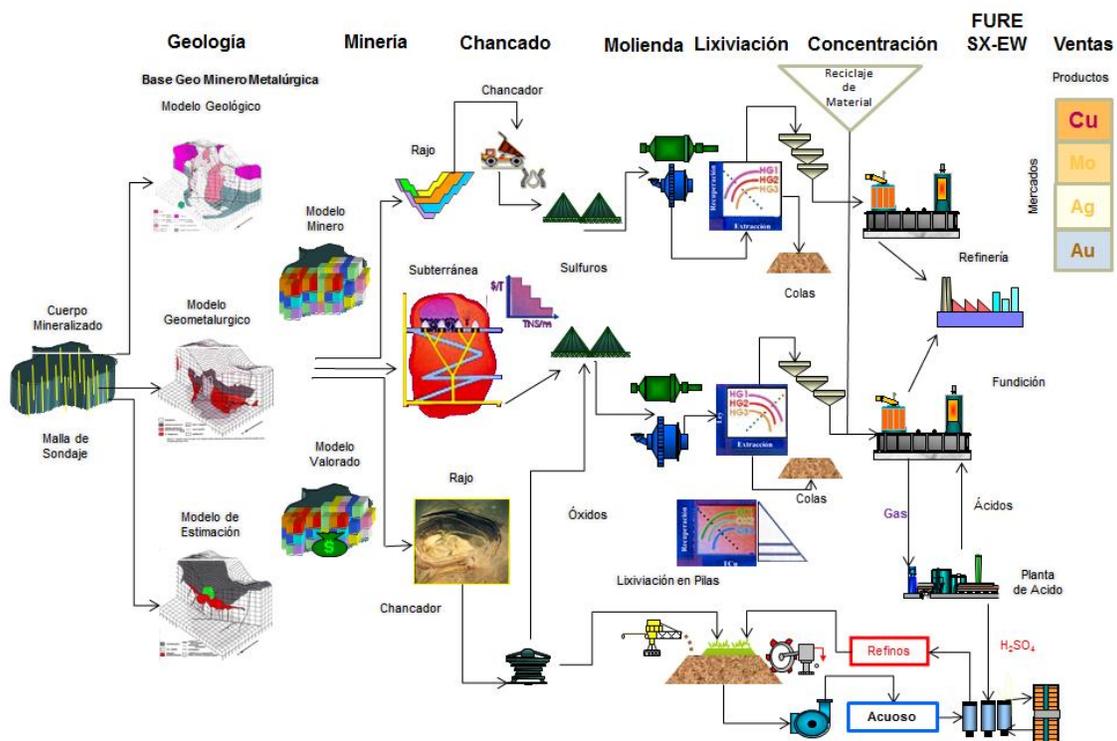


Figura 3.2 Descripción del proceso productivo en Codelco.

El proceso de planificación minero metalúrgico vigente en la Corporación se describe en la Figura 3.3. Cada división, ejecuta el proceso a través de tres macro etapas: actualización de bases de datos, construcción del plan minero metalúrgico y evaluación económica. Cabe mencionar que este ciclo aplica para minería a cielo abierto y para subterránea (block/panel caving). Este ciclo se sustenta en las mejores prácticas de Codelco y de la industria minera, por lo que el detalle de las actividades esenciales y que se pueden encontrar en la academia no se explica a fondo.

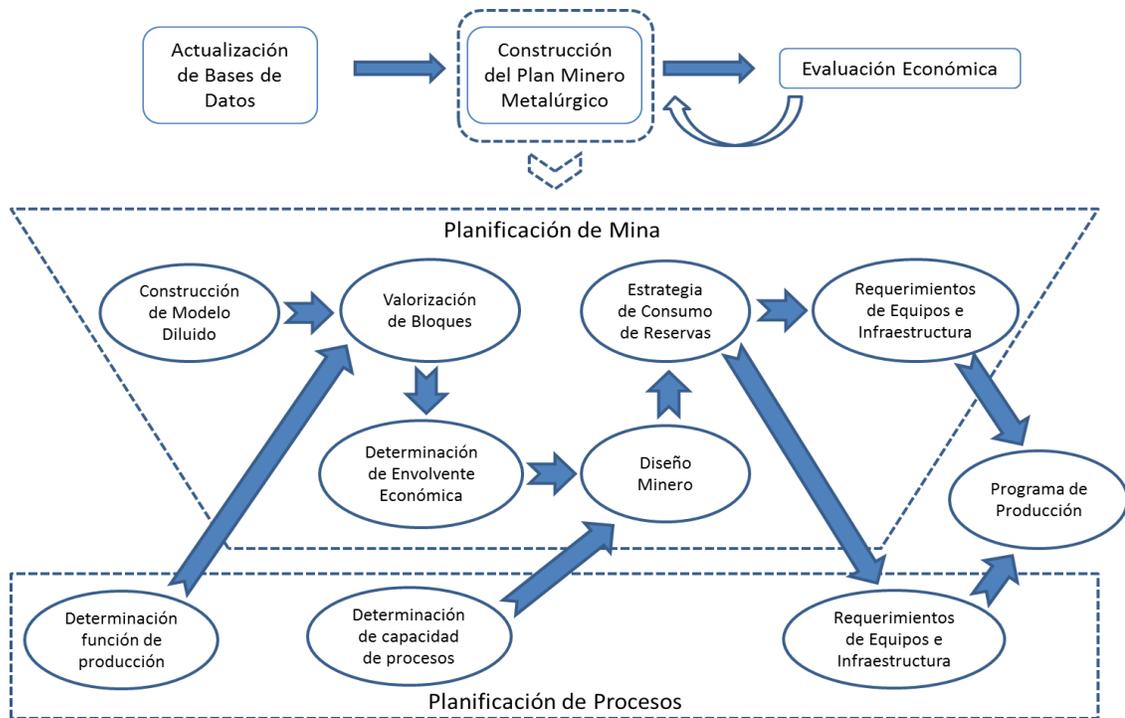


Figura 3.3 Descripción etapas del proceso de planificación minero metalúrgico

3.2.1 Actualización de bases de datos

Esta es la primera etapa del ciclo, tiene como objetivo proveer la información indispensable para realizar los planes mineros, identificando los principales cambios con respecto al ejercicio anterior. Se consideran las siguientes bases como fundamentales para el proceso:

- Modelo de bloques
- Topografía inicial
- Datos de entrada técnicos:
 - A. Divisionales: Variables estratégicas PEX, Minería (información de operación y mantención mina), Procesos (Criterios y parámetros), Sustentabilidad (restricciones y permisos ambientales).
 - B. Corporativos: Estrategia Corporativa, Matriz de Sustentabilidad de las Reservas Mineras, Visiones de Futuro (solo para PEX).
- Datos de entrada económicos:
 - A. Divisionales: Estimación de Costos (mina, procesos, administración y comercialización).
 - B. Corporativos: OOC, Restricciones Financieras.
- Datos de entrada de proyectos

3.2.2 Construcción del Plan Minero Metalúrgico

La segunda etapa del ciclo (bastante extensa en contenido y tiempo de ejecución) está dividida en fases y tal como lo muestra la Figura 3.3, se compone de dos líneas paralelas que interactúan entre sí para obtener como resultado final un programa de producción. Con respecto a la planificación mina y de procesos se tiene el siguiente desglose:

1. Construcción modelo diluido: modelo que incluye la dilución de acuerdo al método de explotación y tipo de mineralización.
 - A. Función de producción: método (procesos de transformación) por el cual se convierten insumos y recursos minerales, de manera eficiente, en productos y subproductos finales a ser comercializados.
2. Valorización de bloques: Cuando se tiene el modelo diluido y la función de producción se procede a valorizar los bloques, pero bajo el concepto económico de marginalidad; esto es poner hincapié en el beneficio y costo marginal de extraer y/o procesar un bloque (en donde la agrupación de procedencia del bloque muestre tener un VAN positivo). Sin embargo, se utiliza una aproximación en donde se utilizan el beneficio y costo variable.
3. Determinación de envolvente económica: corresponde a la búsqueda del volumen del yacimiento compuesto por los bloques que son económicamente explotables y procesables (mineral). Hay que indicar que dicho volumen no considera restricciones de capacidad de extracción, procesamiento o venta en condiciones de mercado distintas a las que se incluyen en el ejercicio. Para las minas a cielo abierto, se persigue definir el Límite Final del Pit. En cuanto a minería subterránea, se debe determinar la altura de columna y el conjunto de puntos de extracción que definen la explotación óptima.
 - B. Capacidad de Procesos: se busca determinar la máxima capacidad de tratamiento contemplando cambios en la recuperación metalúrgica. Para esta etapa es necesario realizar un análisis de tamaño y capacidad de cada proceso de la operación.
4. Diseño Minero: a raíz de la envolvente económica y la capacidad de procesos, se procede a diseñar las fases en minas a cielo abierto y los sectores de explotación para subterránea. Para completar esta etapa, es de suma importancia que se garantice la operatividad de los equipos según el nivel de productividad estipulada además de la promesa de producción presupuestada.
5. Estrategia de Consumos de Reservas: consiste en la optimización del diseño de una fase o sector (subterráneo) definido en la etapa de diseño. En esta etapa, a diferencia de la determinación de la envolvente económica, se considera restricción de capacidad, tanto de extracción como de procesamiento por período. Además, se incluyen los ingresos, costos e inversiones que no

dependen de la extracción y/o procesamiento de cualquier unidad del bloque. Generalmente se determinan unidades de menor tamaño (bancos y niveles de explotación, para rajo y subterránea respectivamente), con leyes de corte asociadas, las cuales se rigen por un secuenciamiento.

6. **Requerimientos de Equipos e Infraestructura:** Tras realizar el diseño, se asegura y garantiza la operatividad de los equipos. Luego, se toman las características técnicas y se procede a identificar los KPI's de productividad de los equipos, agregando este indicador en el consumo de reservas. La flota de equipos debe incluir optimalidad económica, por lo que se deben proyectar tiempos de disponibilidad, costos de operación y mantención, a su vez inversiones para reemplazos y compras. En cuanto a la infraestructura, se debe tener sumo cuidado con las que tienen carácter irreversible, ya que no otorgan flexibilidad para los equipos mina.

La última etapa del proceso de planificación minero-metalúrgica, corresponde al programa de producción, el cual tiene como propósito generar la cartera de productos. En esta actividad, se establecen las metas productivas y el costeo del plan en sí, para evaluarlo posteriormente. Para ello se debe determinar el requerimiento de insumos necesarios, ya sean de carácter crítico (agua, energía, mano de obra) o de carácter principal, según tipo de minería y proceso.

3.2.3 Evaluación Económica

La etapa de evaluación económica, es de carácter preliminar y tiene como fin determinar el valor de cada plan, generando medidas o parámetros de comparación. Para ello se realiza una estimación de ingresos y gastos asociados al plan, derivando en flujos de caja y métricas económicas. Esta operatoria considera de modo general el horizonte del plan y su quiebre temporal, los parámetros provenientes de las OOC, no incluye impuestos, pero si costos asociados al cierre y valor residual de equipos.

3.3 Identificación de etapas claves del Proceso

El objetivo es identificar aquellos procesos restrictivamente necesarios, para luego definir los procedimientos con los cuales se llevan a cabo, ya que un manejo inadecuado de estos se traduce en un trabajo muy difícil de cumplir y en muchas ocasiones imposible

Para la implementación de la estandarización, se trabaja en ajustar el proceso de planificación a nivel corporativo, directrices, definiciones y plataforma de trabajo. Las principales consideraciones se indican a continuación:

- Inicio del ciclo de planificación en enero del año correspondiente.
- Inputs únicos para todo el proceso entregados a fines de diciembre de cada año: Orientaciones Comerciales, Modelo de Bloques, Bases de Geotecnia y Modelo Geometalúrgico- Bases de Procesos.

- Dado que es un proceso nuevo, el carguío de inputs iniciales es realizado por el equipo de programación. Desde la próxima iteración, la información se pondrá a disposición de manera automática.
- Proceso adaptado según calendario emitido por la Vicepresidencia de Administración y Finanzas (VAF).
- Inclusión de una etapa formal de análisis de opciones que permitiera seleccionar la mejor alternativa de negocio del punto de vista minero-metalúrgico. Una de estas opciones debe dar paso al Plan Referente o Caso Base, que debe contemplar el agotamiento de las reservas copando las capacidades de las instalaciones actuales y/o comprometidas en los proyectos inversionales en ejecución, es decir, continuidad operacional. Y otra de las opciones de resultar en el Plan de Negocio y Desarrollo (PND).
- Balance FuRe (Fundición y Refinería) y emisión de cartera comercial liderada por la GRM en un trabajo en conjunto con las GRMD's, Gerencias FuRe y la Gerencia de Optimización FuRe.
- Desarrollo, seguimiento y control de las etapas del proceso de planificación mediante la habilitación de un Workflow ad-hoc en la plataforma Sharepoint de la GRM.
- Incorporación de mecanismo para respaldar la información requerida en las distintas actividades del proceso, en calidad y oportunidad por parte de las áreas responsables involucradas.

En conjunto con el equipo de planificación de la GRM se toman las observaciones anteriores y se redefine el proceso de planificación. Se presenta en forma esquemática en la Tabla 3-1 la reestructuración de las etapas del ciclo de planificación y en la Figura 3.4 el proceso ajustado según el calendario anual de la Corporación.

Tabla 3-1 Reestructuración del Ciclo de Planificación Minero Metalúrgico

Minería	Etapas 1	Etapas 2	Etapas 3	Etapas 4	Etapas 5
Rajo	Conciliación Información Base	Pit Final y Secuencia Económica	Diseño de Fases	Análisis de Opciones	Plan Minero
Subterránea		Modelo Bloques Dil y Envolvente de Recursos	Análisis de Opciones Subterránea		

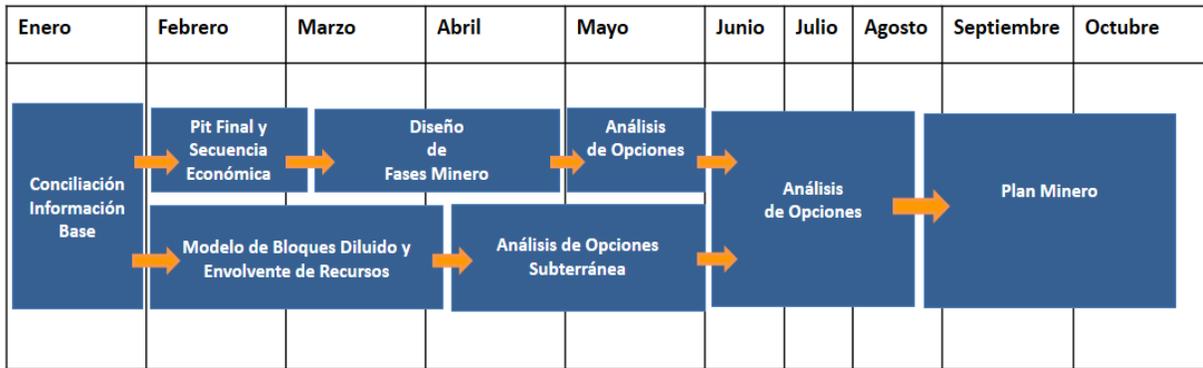


Figura 3.4 Ciclo de planificación minero metalúrgico Workflow.

Dentro de los alcances de este trabajo se menciona que las bases geo-minero metalúrgicas son consideradas como inputs, ya que la metodología no incluye la reestructuración de etapas que son necesarias para generar los modelos que alimentan al área de planificación. No obstante, la GRM se encuentra trabajando en forma paralela con las áreas de geología, geotecnia y geometalurgia para implementar un sistema que conecte de manera automática los inputs mencionados con planificación.

El objetivo de esta medida es potenciar un trabajo anual en cada materia para generar los inputs que necesita el ciclo de planificación al comienzo de cada año, otorgándole el carácter de formal e inmodificable a la información entregada. Específicamente cada dirección de la GRM precisa lo siguiente:

- Geología: Modelo de bloques
- Geotecnia: Actualización de Bases geotécnicas
- Geometalurgia: Modelo Geometalúrgico o Actualización de Bases de Procesos.

Adicionalmente, la Gerencia de Estudios y Diseño Estratégico (GEDE) proporciona los antecedentes económicos y comerciales para Planificación, haciendo entrega de Orientaciones Comerciales (OCC) únicas para el ciclo a principios de enero. Entonces, la entrega de estos inputs es el hito que marca el inicio del ciclo.

CAPÍTULO IV

4. DISEÑO CONCEPTUAL

El presente capítulo tiene como objetivo mostrar el diseño conceptual del flujo del ciclo de planificación estandarizado; la definición de roles, responsabilidades, actividades, inputs y outputs del proceso, y la metodología para evaluar el respaldo de información en la plataforma informática. La Figura 4.1 representa el modelo de estandarización utilizado en el Proceso de Planificación Minero Metalúrgico.

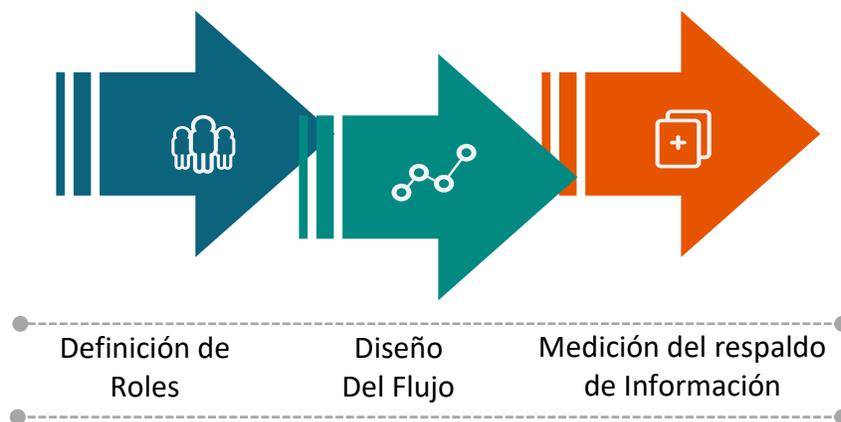


Figura 4.1 Modelo de estandarización Proceso de Planificación Minero Metalúrgico

Definición de roles: Identificar a los actores principales que participarán en el proceso, definiendo su función y responsabilidad.

Diseño del flujo: Precisar a través de un flujograma cómo se realizan cada una de las actividades, posicionando a los responsables según corresponda. Adicionalmente se identifica la información de entrada y salida de cada una de las etapas del ciclo de planificación, definiendo el área que debe proveer dicha información y a su vez en la fecha que debe enviarse.

Medición del proceso de respaldo: Definir una metodología para evaluar el proceso de respaldo de la información de salida de cada una de las etapas.

Es importante mencionar que a partir del diseño conceptual se materializa la herramienta computacional y que el equipo de programación trabaja en función del flujo definido. En el capítulo 5 se aborda en detalle la implementación de esta herramienta computacional conocida en la Compañía como Workflow de Planificación.

4.1 Roles y responsabilidades

De acorde al organigrama y en vista de los requerimientos de la estandarización, es necesario definir cada una de las responsabilidades de los actores involucrados en el proceso de planificación. A continuación, se muestra la labor que ejercen cada uno de los miembros.

GRMD: Es el responsable divisional de cada una de las actividades, gestiona y administra el proceso de planificación, por lo que el designa al planificador encargado de liderar cada una de las tareas y etapas del proceso. Toda la información que se publica debe ser validada obligatoriamente por el GRMD, en caso de que no esté de acuerdo puede rechazar.

Planificador: Es el líder de cada etapa, reuniendo la documentación y respaldos necesarios para publicar en el sistema. Su rol es fundamental, ya que se relaciona directamente con las áreas de la GRMD para solicitar información.

GDDN: Su responsabilidad es aprobar a las divisiones del distrito norte, una vez que el GRMD valida, el GDDN debe revisar la información y dar su aprobación, en caso de que no esté de acuerdo, puede rechazar emitiendo algún comentario o subiendo algún documento. Su rechazo es enviado directamente al planificador con copia al GRMD.

GRM: Tiene la atribución de emitir comentarios sobre la documentación publicada, pero no es un impedimento para detener el proceso. Solo en algunas etapas tendrá la función de validar la documentación una vez que el GDDN haya aprobado.

La Figura 4.2 muestra un resumen de los roles y responsabilidades asignadas.



Figura 4.2 Identificación de responsables

4.2 Diseño del flujo: etapas, actividades, inputs y outputs.

El proceso de planificación se estructura en base a 5 macro etapas considerando que tres de las siete divisiones de la corporación operan solo minería a rajo abierto y las cuatro restantes desarrollan ambos tipo de minería.

De acorde a las etapas estandarizadas del proceso de planificación descritas en el punto 3.3 (Figura 3.4) y los actores identificados en la Figura 4.2, se mapea el flujo secuencial que modela el manejo de la información. La simbología utilizada se detalla en la Tabla 4-1.

Tabla 4-1 Simbología flujograma ciclo de planificación minero metalúrgico

SÍMBOLO	INTERPRETACIÓN
	Inputs
	Outputs
	Actividad ejecutada por el planificador
	Actividad ejecutada por la GRM
	Actividad ejecutada por externos
	Acción GRMD
	Acción GDDN
	Acción GRM
	Etapa finalizada correctamente
	No
	Si

Cada etapa del modelo estandarizado se desarrolla a través de múltiples actividades, por esta razón es necesario identificar los inputs mínimos para ejecutar las tareas programadas. Si bien las etapas pueden ser desarrolladas a través de diversas herramientas existentes en cada una de las faenas, la información de salida puede ser estandarizada. Para ello, se definen categorías por etapa y para cada una se especifican los archivos y documentos que deben ser respaldados.

En consecuencia, el flujo del proceso queda estipulado de la siguiente manera:

4.2.1 Etapa N°0: Designación de actores

Cada GRMD tiene la facultad de asignar a los responsables (planificador) de publicar la información en el sistema, si la faena desarrolla ambos tipos de minería, puede seleccionar encargados por separado o uno común según lo estime conveniente.

4.2.2 Etapa N°1: Conciliación Información Base.

Corresponde a la primera etapa, y su finalidad es consolidar el input de la planificación minera, detectando y analizando las desviaciones respecto a las bases del ciclo de planificación anterior. Cabe señalar que, esta etapa es transversal, es decir se realiza de manera global aun cuando la faena opera mediante explotación a cielo abierto y/o subterránea.

El flujo de la primera etapa Proceso de Conciliación se presenta en la Figura 4.3, esta se divide en cuatro sub-etapas simultáneas, las cuáles buscan dar sustento a las bases de planificación que se utilizan durante todo el ciclo realizando una comparación con las bases que se emplearon para formular el plan minero del ciclo anterior.

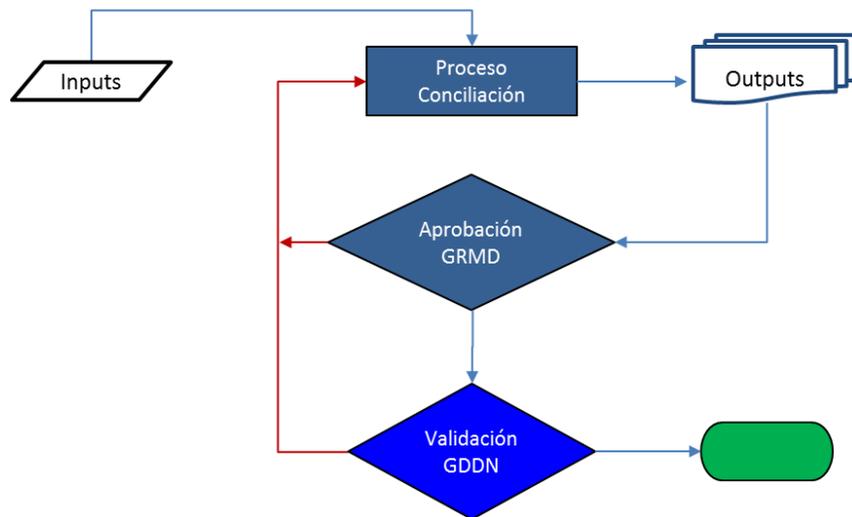


Figura 4.3 Flujo Conciliación Información Base

En líneas generales, las actividades enmarcadas en cada sub-etapa consideran una fecha única de finalización, y por ende, respaldo de documentación; en seguida se describe cada una de ellas:

1. Conciliación modelo de bloques

El área de geología proporciona el modelo de bloques in situ oficial que debe ser utilizado durante todo el ciclo. Luego, el área de planificación debe revisar y validar dicho modelo, por lo tanto, se realiza una comparación con el modelo de bloques del año anterior a fin de identificar diferencias significativas que pudiesen impactar en resultados posteriores.

Las actividades de esta sub-etapa son:

- Entrega de topografía oficial: se debe respaldar la topografía que se utilizará durante el presente ciclo.
- Revisión y validación del modelo: Se deben realizar las estadísticas de ambos modelos de bloques, identificando: mínimos y máximos de las variables contenidas, valores en cero bajo la topografía, incompletitud de información. Adicionalmente se debe asegurar la carga correcta del modelo en las herramientas computacionales existentes, generando dos perfiles y dos plantas a 1/3 del box, y posteriormente comparar con geología.
- Rajo-Cubicación inicial de recurso minero: Utilizando la ley de corte marginal, se debe realizar: curva tonelaje-ley por zona de mineral, cubicación por fase-zona mineral y cubicación por fase-categoría. Las cubicaciones se realizan con la misma topografía y se debe generar un resumen de cubicación comparable entre modelos.

2. Conciliación bases de geotecnia

Corresponde a la comparación entre las bases geotécnicas utilizadas en ciclo anterior y las que entrega el área de geotecnia de cada división para desarrollar el ciclo actual.

Se deben identificar las zonas geotécnicas de la mina y para cada una de estas indicar el valor de los siguientes parámetros en el caso de minería a rajo abierto: ángulo interrampa, altura interrampa, ancho de rampa y ancho de berma desacople. En minería subterránea, para cada mina o sector se deben identificar lineamientos generales (método/variante, estrategia de crecimiento, área de socavación, entre otros) y geomecánicos (velocidad de extracción régimen, ángulos, preacondicionamiento, entre otros).

3. Conciliación bases de Procesos

En esta sub-etapa se pretende comparar la información geometalúrgica: estadísticas de plantas, factores de escalamiento a planta, pruebas geometalúrgicas, actualizaciones y validaciones de los modelos de procesos.

La comparación entre las bases anteriores y actuales comprende al menos los siguientes puntos:

- Capacidad de procesamiento: entregar el valor de capacidad divisional con y sin los proyectos.
- Recuperación planta (sulfuros): modelos de recuperación Cu, Mo, As, Ag. Se debe declarar, justificar y respaldar las recuperaciones a utilizar en el proceso de optimización, de acorde a la mejor información disponible, pudiendo ser: modelo de bloques, modelo de procesos, valor fijo, entre otras.
- Recuperación planta (óxidos): modelo de recuperación primaria y secundaria Cu. (Utilizar el mismo lineamiento del punto anterior)
- Consumo de ácido: Declarar el consumo de ácido a utilizar en el proceso de optimización, en caso de que este punto no sea requerido omitir.

4. Conciliación modelo de Costos

El propósito de la cuarta sub-etapa es identificar aquellos cambios significativos en los costos, para ello se deben comparar los costos utilizados en los ciclos anteriores; especificando el modelo de costos (Xeras, Sap-BPC), con el modelo propuesto para el presente ciclo. Las diferencias existentes deben ser correctamente analizadas y justificadas, ya que la información declarada es considerada como oficial e inmodificable.

Al menos se requiere el respaldo de la siguiente información:

- OOCC: Declarar que orientación comercial utilizaron.
- Costo Mina: Costo mina sin y con transporte.
- Costo Proceso: Concentradora, lixiviación primaria+ secundaria, OBL-SBL, SX-EX, tostación.

- Costo de Venta: Costo de venta Cu (deducciones, TC/RC, créditos, penalidades, comisiones, muestreos y fletes). Costo venta subproductos.
- Gastos y administración (G&A): Utilizar valores desafiantes con respecto a la historia.

5. Nota Técnica

Corresponde a un documento que reúne el análisis de la información respaldada, en donde se destaquen las conclusiones que se obtuvieron de cada una de las sub-etapas.

Inputs-Outputs Conciliación Información Base

La Tabla 4-2 muestra un cuadro resumen con la información que se necesita para realizar cada una de las actividades y como debería clasificarse la información resultante en función de cada una de las categorías.

Tabla 4-2 Inputs-Outputs Conciliación Información Base

Inputs	Sub etapa	Minería	Categoría	Outputs
Modelo de bloques	Conciliación Modelo de bloques	Rajo-subte	Topografía	•Topografía inicial
			Validación del modelo	•Estadísticas del modelo y completitud de información •Plantas y perfiles de validación
		Rajo	Cubicaciones	•Curva tonelaje ley •Cubicaciones por fase-zona mineral y fase-categoría
Modelo geomécanico o bases geotécnicas	Conciliación Bases de geotecnia	Rajo-Subte	Comparación de parámetros	•Tabla Rajo •Tabla Subte
Modelo geometalúrgico	Conciliación Bases de procesos	Rajo-subte	Comparación parámetros metalúrgicos	•Capacidad de procesamiento •Recuperación sulfuros (planta) •Recuperación óxidos (planta) •Consumo de ácido
Modelo de costos	Conciliación Modelo de costos	Rajo-subte	Comparación de costos	•Tabla de costos
				NOTA TÉCNICA

4.2.3 Etapa N° 2 Optimización económica

En la segunda etapa del proceso se decide separar el flujo para cada tipo de explotación minera, ya que las actividades que componen esta etapa para minería a rajo abierto y subterránea además de realizarse con metodologías y software distintos, difieren en tiempo de ejecución. La optimización busca determinar los recursos minerales con potencial económico, incorporando factores geológicos, metalúrgicos, geomecánicos, técnico-económicos, entre otros (entregables de la etapa 1).

En vista de que la etapa podría tener un gran número de iteraciones, la GRM entrega a cada división los lineamientos estratégicos corporativos, los cuáles deben ser utilizados como un estándar en la optimización. Adicionalmente, la GRM propone escenarios y capacidades de procesamiento a evaluar, con el propósito de focalizar la búsqueda de oportunidad, ya que la idea es comparar con los resultados del ciclo anterior.

En la Figura 4.4 y Figura 4.5 se indica que la primera tarea de ambas etapas corresponde a definir el número de escenarios que se ejecutarán en la optimización. Cada escenario debe ser descrito a través de un nombre y una pequeña descripción. Recordar que la GRM entrega las directrices para generar los escenarios a través de los Lineamientos Estratégicos Corporativos, los cuales incluyen los siguientes tópicos:

- Lineamientos para todas las divisiones que se deben utilizar como estándar en el proceso de optimización rajo-subterráneo.
- De las Orientaciones Comerciales, se entregan las tarifas de insumos y suministros relevantes para utilizar en todas las divisiones.
- Los costos deben utilizarse sin considerar cargas por depreciación, amortización y distribuciones de gastos generales en las áreas.
- Las capacidades de proceso para escenarios con y sin desarrollo, que den origen a diferentes envoltentes económicas, las debe generar cada división, justificando adecuadamente la decisión. Sin embargo, la GRM entrega una propuesta de capacidad por escenario.

4.2.3.1 Etapa N°2 Rajo abierto: Determinación de Pit Final y Definición de Secuencia Económica.

Utilizando la información existente se debe definir el pit final del rajo, realizando una comparación numérica y gráfica con el resultante del ciclo anterior. Posteriormente, desarrollar la secuencia económica según corresponda y comparar con el diseño de fases del ejercicio anterior.

Para cada uno de los escenarios, se debe ejecutar la segunda tarea de la etapa, enmarcada en diferentes actividades secuenciales, las cuales se describen a continuación:

- Parámetros de entrada: Cada división debe declarar los parámetros técnicos y económicos utilizados en el proceso de optimización. En esta categoría

también debe respaldarse el modelo de distancia (explicando la variación del costo mina). Finalmente se pide respaldar la zona de ángulos globales.

- Pit Final: Se debe realizar la optimización económica del rajo, seleccionando el pit final de acuerdo con el criterio económico, en donde el pit elegido debe marcar el decrecimiento económico de los pits anidados. Luego, se debe comparar de manera gráfica con el pit final del ciclo anterior, a nivel de perfiles y plantas con ambas envolventes. Finalmente, con el pit final seleccionado se debe estudiar el impacto de este sobre la infraestructura, medio ambiente y propiedad minera. El respaldo de esta tarea implicar subir el proyecto (“Whittle” o símil, el que incorpora modelo de bloques, set de pits anidados, tabla resultados) y una presentación que incorpore la comparación de envolventes y el impacto del pit final.
- Secuencia Económica: Utilizando las zonas geotécnicas de los ángulos globales usados en el ciclo anterior, se debe comparar gráficamente con las zonas de ángulos que se respalda para el presente ejercicio. Se debe definir la Secuencia Económica comparando con el diseño de fases del ciclo anterior. El respaldo de información considera una presentación que incluya la comparación gráfica de zonas geotécnicas y de secuencia económica.
- Nota técnica: La etapa culmina con el respaldo de una nota técnica que reúne el análisis de las tareas ejecutadas y las conclusiones principales.

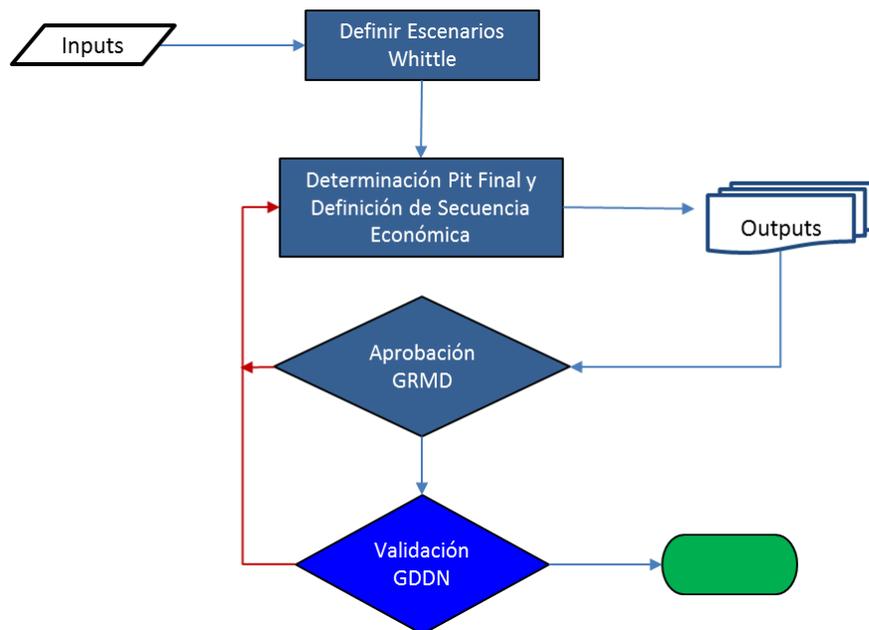


Figura 4.4 Flujo Determinación Pit Final y Definición de Secuencia Económica

Inputs-Outputs Determinación Pit Final y Definición de Secuencia Económica

En la Tabla 4-3 se presenta un resumen de los documentos de entrada y de salida de la etapa, se puede observar que la información a respaldar se agrupa según una categoría específica.

Tabla 4-3 Inputs-Outputs Determinación Pit Final y Definición de Secuencia Económica

Inputs	Categoría	Outputs
<ul style="list-style-type: none"> • Lineamientos estratégicos Corporativos • Pit final PND anterior • Diseño de Fases PND anterior 	1. Parámetros de entrada	<ul style="list-style-type: none"> • Tabla con parámetros • Modelo de distancia • Zona de ángulos globales (ascci o csv)
	2. Pit Final	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo de bloques (.bmf-10,15-.mod) • Set de pits anidados, con pit final • Tabla resultados Whittle • Presentación: perfiles-plantas con envolventes e impacto del pit final sobre infraestructura, etc.
	3. Secuencia Económica	<ul style="list-style-type: none"> • Presentación: comparación gráfica de zonas geotécnicas ángulos globales y comparación gráfica de la secuencia económica con el diseño de fases.
	4. Nota Técnica	

4.2.3.2 Etapa N° 2 Subterránea: Modelo de Bloques Diluido y Envolvente de Recursos.

El objetivo de esta etapa es definir la envolvente económica de recursos (footprint y techos) utilizando el modelo de bloques diluido, ya sea de bloques o columnas, los costos declarados en la etapa anterior, restricciones y criterios (que deben ser declarados).

El flujo de la etapa 2 subterráneo comienza con la definición de escenarios, para dar paso a ejecutar las siguientes actividades:

- Parámetros de entrada: Se deben respaldar los parámetros y criterios iniciales para generar los modelos de bloques (diluido- quebrado) según corresponda.
- Modelo de bloques/ columnas diluido: Se debe realizar una comparación con respecto al modelo de bloques diluido del ciclo anterior, considerando criterios como: Material diluyente/PED, Volúmenes, Beneficios/ Costos, Restricciones y otros. Para desarrollar esta actividad se dispondrá del modelo de bloques del ciclo anterior y cada división debe respaldar el modelo de bloques a utilizar en el presente ciclo.
- Envolvente de recursos A través de una presentación se debe realizar una comparación gráfica que muestre las principales diferencias entre las envolventes de sectores del ciclo anterior y el actual.

- Nota técnica: Se debe respaldar un documento que contenga el análisis y las conclusiones del resultado de la presente etapa.

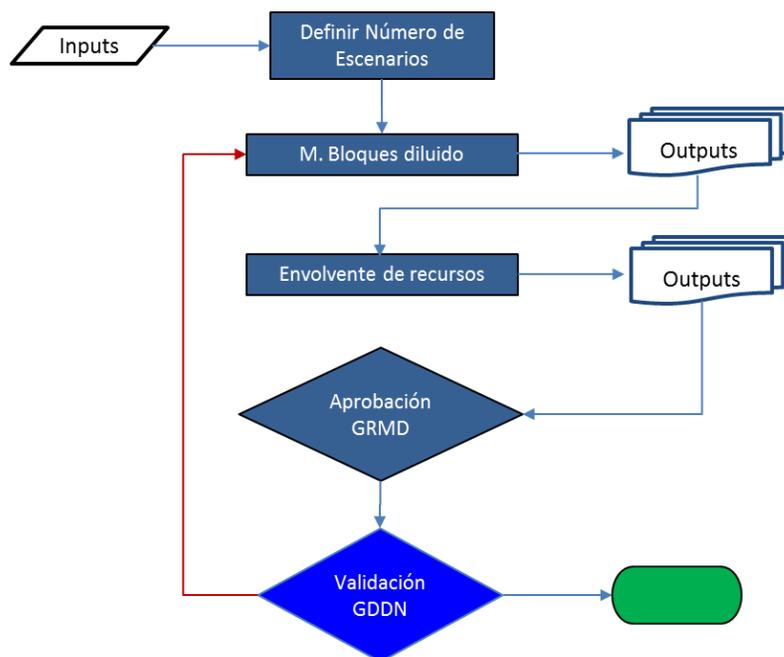


Figura 4.5 Flujo Modelo de Bloques Diluido y Envolvente de Recursos

Inputs-Outputs Modelo de Bloques Diluido y Envolvente de Recursos

En la Tabla 4-4 se presenta el cuadro resumen de entrada de documentos y luego de las actividades de la etapa, la información de salida en cada una de las categorías indicadas.

Tabla 4-4 Inputs-Outputs Flujo Modelo de Bloques Diluido y Envolvente de Recursos

	Categoría	Outputs
<ul style="list-style-type: none"> • Lineamientos estratégicos corporativos • Modelo de bloques diluido ciclo anterior 	1. Parámetros de entrada	<ul style="list-style-type: none"> • Entregar tabla comparativa con los principales parámetros de ambos modelos.
	2. Modelo de bloques/columnas diluido	<ul style="list-style-type: none"> • Entregar tabla de comparación de criterios para generar el modelo (Material diluyente / PED, Volúmenes, Beneficio / Costos, Restricciones y Otros) • Modelo diluido resultante a utilizar en PND 2018, si no hay cambios subir justificación.
	3. Envolvente de Recursos	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar comparación entre envoltentes de sectores PND 2017 y actuales. • Entregar presentación gráfica, que muestre las diferencias entre envoltentes
	4. Nota técnica	

4.2.4 Etapa N°3 Rajo Abierto: Diseño de Fases Minero

El propósito de esta etapa es calcular el volumen total de recursos minerales contenidos en la mina, para ello se utiliza el límite de explotación de los rajos (pit final), se realiza el diseño de fases y se determina una ley de corte económica.

El diseño de fases debe considerar las bases geotécnicas y criterios operacionales que permitan asegurar la extracción de materiales. Sin embargo, debido a que el Workflow de geotecnia comenzó a operar en conjunto con el de planificación, las bases geotécnicas respaldadas en la etapa N°1 solo eran suficientes para ejecutar dicha etapa. Ante esta situación y solo para el ciclo del presente año, el equipo de programación incorporó información adicional de manera manual (zonas 3D, rosetas y parámetros para botaderos), previamente entregada por la dirección de geotecnia de la GRM (encargada de reunir y revisar la información de cada una de las divisiones).

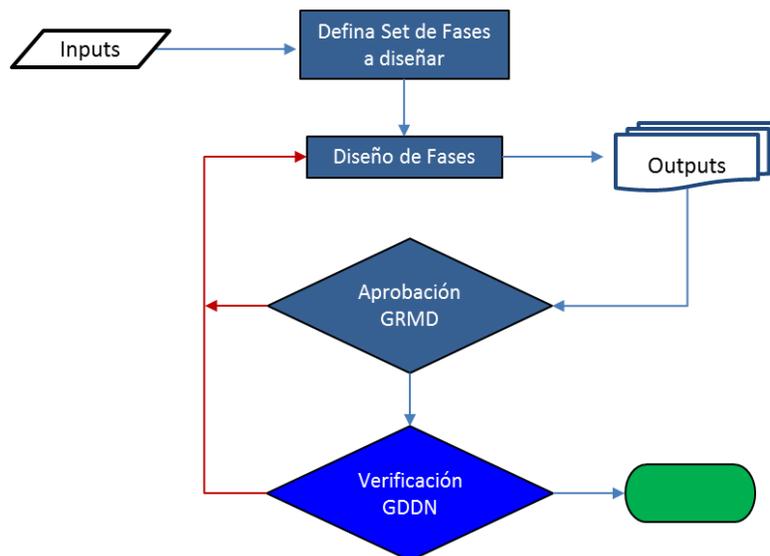


Figura 4.6 Flujo Diseño de Fases Minero

La primera tarea del flujo expuesto en la Figura 4.6 corresponde a la definición del set de fases a diseñar, cuyo propósito es dejar estipulado la cantidad de grupos de diseños que se respaldarán a partir de los escenarios declarados en la etapa n° 2 Rajo. No necesariamente existe una correspondencia unívoca entre los escenarios y los sets de fases, puede darse el caso que para dos escenarios se ejecute el mismo set de fases con pequeños cambios.

La segunda tarea se lleva a cabo a través de las siguientes actividades:

- Set de Fases: A partir de la secuencia económica definida en la etapa de optimización, la información de geotecnia actualizada y los diversos criterios operacionales considerados, se debe generar el diseño de fases. Una de las

características de esta actividad es su carácter de iterativa, terminando con la validación del diseño final por parte del área de geotecnia.

- **Análisis de Secuencia y Análisis Marginal de Fases:** Para determinar cuál será la última fase de la explotación debe realizar un análisis estratégico, declarando los lineamientos utilizados (parámetros económicos y metalúrgicos cuando corresponda). Junto con esto, debe comparar el diseño de fases del ciclo anterior con las realizadas para el presente ciclo, identificando diferencias y explicando su causa.
- **Validación Geotécnica:** El diseño de fases definitivo debe contar con la validación por parte del área en cuestión, por lo que se solicita respaldar un documento que avale dicha revisión.
- **Medio ambiente, Propiedad Minera e Infraestructura:** Se debe respaldar en una lámina la influencia del set de fases definitivo sobre las poligonales de la propiedad minera e infraestructura instalada y medio ambiente (RCA). En caso de exceder alguno de los límites señalados, debe explicitar el plan de acción requerido para continuar con la operación.
- **Nota técnica:** Al igual que en las etapas anteriores, se debe respaldar un documento que recoja las actividades realizadas en la etapa, dando énfasis a los criterios, restricciones operacionales y a las consideraciones utilizadas en el análisis marginal de fases.

Inputs-Outputs Diseño de Fases Minero

En la Tabla 4-5 se muestra en detalle los entregables que deben ser respaldados en cada una de las categorías establecidas.

Tabla 4-5 Inputs-Outputs Diseño de Fases Minero

	Categoría	Outputs
<ul style="list-style-type: none"> • Bases Geotécnicas (zonas 3D, rosetas y parámetros para botaderos) 	1. Set de fases	<ul style="list-style-type: none"> • Sólidos (dxf) • Superficies (dxf) • Cubicaciones (Excel) • Criterios Operacionales
	2. Análisis de Secuencia y Análisis Marginal de Fases	<ul style="list-style-type: none"> • Presentación
	3. Validación Geotécnica	<ul style="list-style-type: none"> • Documento de validación geotécnica
	4. Medio ambiente, Propiedad Minera e Infraestructura	<ul style="list-style-type: none"> • Poligonales (dxf) y lámina (ppt) con dichas poligonales y el set de fases finales.
	5. Nota Técnica	<ul style="list-style-type: none"> • Documento que reúne las conclusiones por escenario, las consideraciones aplicadas en la determinación del análisis marginal y en los criterios-restricciones operacionales utilizadas en el diseño.

4.2.5 Etapa Auxiliar: Verificación Información Base para Opciones

Dentro de los objetivos de la implementación del sistema Workflow, destaca el concepto de oportunidad y manejo de información. La GRM propone que la información de entrada con la que los planificadores desarrollan el análisis de opciones debe ser gestionada con anticipación. En este contexto, nace la etapa auxiliar de verificación de información, la cual no interrumpe el flujo de actividades, sino que es una actividad que se ejecuta en paralelo (al comienzo del diseño de fases, temporalmente hablando) y alimenta el Análisis de Opciones Subterránea y Rajo Abierto.

El éxito de la etapa Análisis de Opciones requiere información proveniente de áreas externas a las GRMD's. Con el objetivo de otorgarle el carácter de oficial a dicha información, el GRMD debe asignar a un responsable para cada uno los de inputs señalados en la Tabla 4-6.

En la Figura 4.7 se esquematiza el proceso, la persona seleccionada carga la documentación y posteriormente el planificador líder de la actividad verifica y valida. En caso de no conformidad, puede rechazar y solicitar el documento nuevamente.

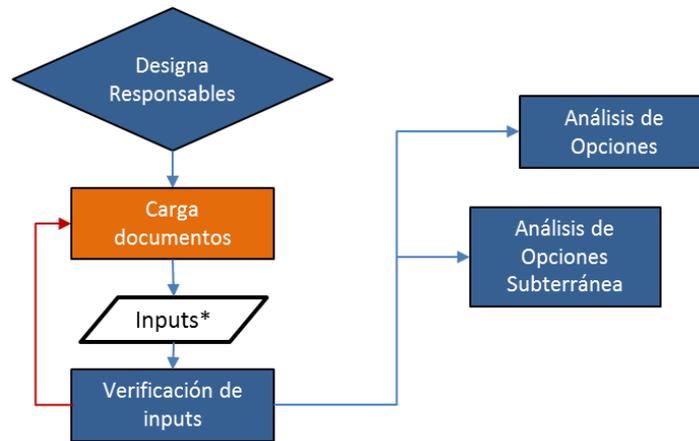


Figura 4.7 Flujo Etapa Auxiliar: Verificación Información Base Opciones

Tabla 4-6 Inputs Análisis de Opciones

Inputs	Descripción
Levantamiento Riesgos del Negocio	Corresponden al levantamiento de los Riesgos del PND anterior
Lineamientos Estratégicos	Corresponden a definiciones corporativas, que incluyen criterios de costos, OCCC, Capacidades de Proceso u otros relevantes por escenario. La GRM en conjunto con la GDDN entregarán los lineamientos principales para desarrollar el análisis de opciones. Lineamientos divisionales deberán solicitarse a la GG y/o áreas de la división que correspondan, entre éstas la GAD y GSAE.
Parámetros Metalúrgicos	Debe contemplar una actualización de la información disponible (vectores de tratamiento, recuperaciones, consumo de ácido, restricción de mezcla, etc).
Parámetros Equipo Mina/Planta	Capacidades, rendimientos y KPI's minas y plantas.
Plan de Adquisición Equipos Mina (API)	Vector de adquisición y reemplazo de equipos en proceso de adquisición.
Disponibilidad Recursos Hídricos	Balance de agua PND anterior y actualización del primer trimestre (oferta-demanda).
Sustentabilidad (Plan de permisos y restricciones ambientales)	Se deben respaldar los permisos ambientales vigentes con los que opera cada división y los actualmente en tramitación.
Proyectos Estructurales	PEM, RAMP-UP, Capacidad productiva mina-planta, vector Capex-Opex (planilla evaluación económica), KPI's equipos, perfil de costos, inversiones por procesos.
Proyectos Divisionales	Actualización de PEM, RAMP-UP, capacidades productivas, Capex-Opex
Resultados PEX y/o último análisis de opciones realizado	Respaldar los últimos análisis desarrollados en la revisión de escenarios exploratorios para cada división o distrital.

4.2.6 Etapa N°3 Subterránea: Análisis de Opciones Subterránea

Esta etapa tiene como finalidad preparar la estrategia y secuencia de crecimiento según el diseño de sectores para formular las opciones de plan minero. Por lo que su tiempo de ejecución es distinto a la contraparte en rajo abierto.

Para definir un sector, no solo basta incluir aspectos geométricos y geomecánicos sino que también es necesario considerar el tonelaje de producción que garantiza la continuidad operacional de dicho sector.

Posteriormente se ajusta el aporte productivo de los distintos sectores, incorporando capacidades y oportunidad en el tiempo, para generar la mejor opción por escenario.

No obstante, un buen análisis requiere incluir antecedentes adicionales. Por esto, los inputs revisados en la etapa auxiliar son puestos a disposición para realizar las tareas pertinentes.

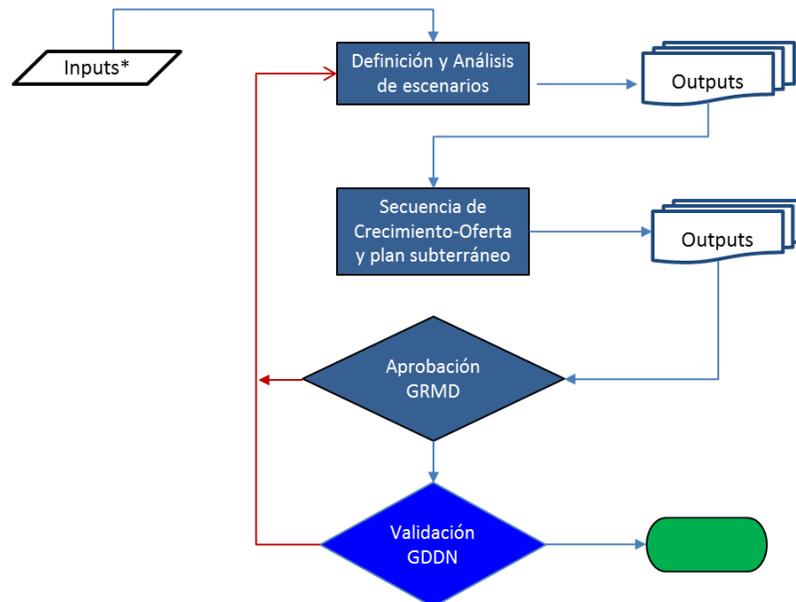


Figura 4.8 Flujo Análisis de opciones subterráneas

La primera tarea reflejada en la Figura 4.8 corresponde a la Definición y Análisis de Escenarios, cuya meta es formalizar los escenarios que se estudiarán mediante un análisis preliminar.

Respecto a la segunda tarea, una vez que se encuentran definidas las secuencias de crecimiento; previa incorporación de la factibilidad geotécnica en el avance de las frentes, se debe asegurar la compatibilidad global de los sectores. Para esto, es fundamental conocer las interferencias, subsidencia e interacción de cada área sobre sus similares e infraestructura. Seguidamente, se identifican los cuellos de botella y para cada sector productivo se entrega la capacidad máxima ofrecida.

Inputs-Outputs Análisis de Opciones Subterráneas

En la Tabla 4-7 se entrega el detalle de los entregables por cada una de las categorías. A planilla XPROD, corresponde a las restricciones con las que se configura el software CPlanner.

Tabla 4-7 Inputs-Outputs Análisis de Opciones Subterránea.

Inputs	Categoría	Outputs
<ul style="list-style-type: none"> Antecedentes provenientes de etapa auxiliar verificación de información base. 	1. Definición y Análisis de Escenarios	<ul style="list-style-type: none"> Presentación de escenarios a estudiar.
	2. Secuencia de Crecimiento, Oferta de Sectores Productivos y Planes Mineros Subterráneo	<ul style="list-style-type: none"> Presentación secuencias de crecimiento. Oferta de sectores productivos Planilla XPROD (Sector) Plan preparación mina subterránea.

4.2.7 Etapa N°4: Análisis de Opciones

La etapa comienza con la recepción de los inputs validados en la verificación de información.

En las divisiones que existen ambos tipos de explotación se determina que la etapa de Análisis de Opciones subterránea debe integrarse con el flujo rajo abierto para conciliar los resultados y entregar los planes mineros por cada una de las opciones a nivel divisional. Cabe destacar que para esta etapa solo puede ser designado un responsable.

A partir de los escenarios trabajados en las etapas anteriores, el Análisis de Opciones tiene como objetivo seleccionar una alternativa para el caso referente sin desarrollo (PSD) y otra para el caso desarrollo (PND).

Con el fin de guiar de manera estructurada el proceso, se presenta en la Figura 4.9 el esquema secuencial de las sub-etapas que componen el Análisis de Opciones e inmediatamente su descripción:

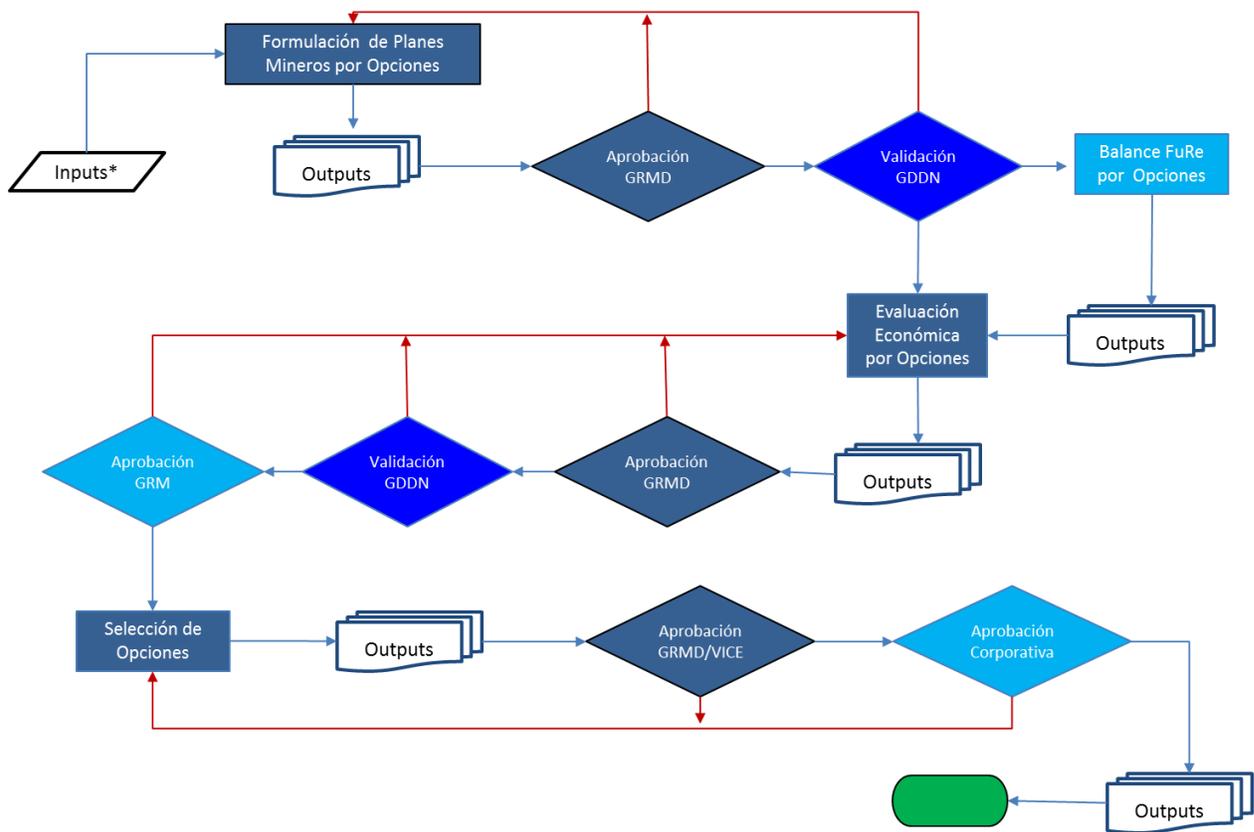


Figura 4.9 Flujo Análisis de Opciones

1. Formulación de planes mineros por opción:

Para cada escenario las divisiones deben proponer el programa de producción global a nivel de concentrado contemplando el ritmo, fases o sectores por explotar, leyes, destinos, entre otros; de los diferentes materiales que se explotan.

Recordar que en el norte las faenas operan bajo una mirada integrada, por lo que la GDDN se encarga de coordinar la formulación de los planes mineros. En dichos casos, el proceso continúa con el Balance FuRe y luego con Evaluación Económica.

El respaldo de esta actividad contempla respaldar el plan minero global con su respectiva caracterización de concentrado según formato definido, para facilitar la conciliación en la siguiente sub-etapa.

2. Balance FuRE:

La dirección de procesos de la GRM en conjunto con la Gerencia de Optimización FuRe son las encargadas de recibir los planes mineros a nivel de concentrado por opción y determinar la cartera comercial. Los ajustes realizados son devueltos a las divisiones para continuar con el ciclo.

3. Evaluación Económica:

En el flujograma de la Figura 4.9 se observa que luego de la validación de los planes mineros por opción, el proceso se conecta con la Evaluación Económica. La justificación radica principalmente en que los planificadores pueden adelantar trabajo valorizando en primera instancia el área mina, quedando a la espera de los resultados por el lado de procesos.

Una vez consolidado el resultado de la cartera de producción y para cada opción global (rajo-subte), las divisiones deben estimar los costos, inversiones y realizar la evaluación económica correspondiente utilizando la plataforma Xeras.

4. Selección de Opciones:

Esta etapa busca determinar que opciones serán desarrolladas en detalle. Para ello el GRMD de cada división debe dar a conocer los escenarios estudiados y realizar una propuesta para PSD y PND al Vicepresidente de Operaciones, quién finalmente validará la elección.

En la selección de opciones es fundamental efectuar un análisis integral con una visión distrital según corresponda, que en el caso del Distrito Norte debe estar validada por la GDDN. Al respecto la evaluación económica respaldada debe complementarse con un análisis que permita capturar y relevar factores estratégicos no incluidos hasta el momento, entre estos tener presente: flexibilidad técnica – operacional, timing de las inversiones, aprobaciones ambientales y permisos, nivel de respaldo ingenieril, nivel de inversiones, costos, complejidad operacional, facilidades constructivas (análisis tipo FODA).

Es importante mencionar que en esta etapa se debe confeccionar una presentación para el Presidente Ejecutivo. Por tanto, los resultados deben incluir los comentarios y recomendaciones emitidas por el Vicepresidente de Operaciones Norte o Sur, según corresponda.

5. Aprobación corporativa:

La GRM realiza una consolidación de las opciones previo a la presentación al Presidente Ejecutivo y luego, se debe respaldar la minuta de observaciones.

Outputs Análisis de Opciones

Tras describir el alcance de cada una de las sub-etapas del Análisis de Opciones, se presenta en la Tabla 4-8 el desglose de los entregables en función de las categorías definidas.

Tabla 4-8 Outputs Análisis de Opciones

Categoría	Outputs
Formulación de Planes Mineros por Opciones	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Rajo: <ul style="list-style-type: none"> • Plan minero rajo • Distancia por período: origen-destino rajo (Excel) <input type="checkbox"/> Subterránea: <ul style="list-style-type: none"> • Plan minero subterránea • Plan preparación mina subterránea <input type="checkbox"/> Plan minero global: <ul style="list-style-type: none"> • Planes Mineros Integrados (rajo-subte) con caracterización de concentrado (Excel). Propuesta de formato en Excel
Balance FURE	<ul style="list-style-type: none"> • Cartera Comercial
Evaluación Económica:	<ul style="list-style-type: none"> • Exhibit • Indicadores operacionales mina-planta. • Evaluación Económica: Resumen CAPEX-OPEX e Indicadores Financieros. • Salida Xeras: Reportabilidad (Excel) y Archivos Xeras (xms) • Nota técnica
Selección de Opciones:	<ul style="list-style-type: none"> • Presentación Preliminar (Vice) • Presentación Final (PE)
Aprobación Final Corporativa: La GRM realizará una consolidación de las opciones previo la presentación al PE	<ul style="list-style-type: none"> • Presentación Consolidada • Minuta Observaciones (PE)

4.2.8 **Etapa N°5: Plan Minero**

Corresponde a la última etapa del ciclo de planificación minero metalúrgico, y su propósito es respaldar con más detalle las opciones PND y PSD seleccionadas en la etapa anterior, garantizando su factibilidad técnica operativa.

De igual forma que en el Análisis de Opciones, se dispone de una etapa auxiliar para gestionar con antelación los inputs que sustentan el plan minero. Los detalles se enuncian a continuación.

Etapa auxiliar Verificación de Información Base Plan Minero.

La primera parte de la Figura 4.10 Flujo Plan Minero PSD-PND Figura 4.10 evidencia el flujo de validación de información. Esta actividad no es un impedimento para que ejecutar el proceso, sino que opera de manera alterna, buscando alimentar la formulación del PSD y PND. Temporalmente, comienza en la medianía del Análisis de Opciones.

Si bien se respaldan algunos antecedentes en la etapa auxiliar anterior, en esta etapa se debe completar la documentación restante. Adicionalmente, es posible realizar una actualización, incorporando mejor información que precise parámetros, sin

embargo, en ningún caso esta puede alterar la determinación de opciones seleccionadas para PSD y PND. Al respecto, cualquier modificación al modelo de bloques, macro secuencia, modelo y/o bases geotécnicas y, modelo y/o bases metalúrgicas y en general a las bases de diseño y planificación debe ser aprobada por la GDDN y la GRM para el Distrito Norte y la GRM para el Distrito Sur. En esta etapa solo deben efectuarse ajustes y precisiones para garantizar la factibilidad técnica operativa de los planes mineros.

En la Tabla 4-9 se presentan los inputs que debe solicitar el GRMD, junto con su descripción

Tabla 4-9 Inputs Plan Minero PSD-PND

Inputs	Descripción
P0 Preliminar, producción y movimiento.	Presupuesto y plan minero.
Topografía 6+6	Proyección 6+6.
Capacidad productiva minas	Para mina, sector y/o fase precisar la capacidad productiva mina y de preparación minera
Capacidad de tratamiento y parámetros metalúrgicos	Precisar los vectores de tratamiento, rendimientos, recuperaciones, leyes de concentrado
Restricciones operacionales mina – planta	Condiciones operativas que restringen la capacidad productiva mina y/o plantas
Restricciones medio ambientales y/o de sustentabilidad mina – plantas	Condiciones medio ambientales y/o de sustentabilidad que restringen la capacidad productiva mina y/o plantas
Disponibilidad y utilización de Equipos Mina-Plantas	Vector de disponibilidad y utilización (%).
Parámetros de equipo Mina-Planta	Capacidades, rendimientos y KPI´s minas y plantas.
Plan de Mantenimiento	Planes de detenciones mayores de los equipos que sustentan el plan de producción PND.
Costos de Mantenimiento	Tarifa de mantenimiento por tramo-hora (US\$/hr).

Corresponde al Balance Fundición y Refinería elaborado a nivel Corporativo, a través de un trabajo conjunto de la GRM, GDDN, GRMD's y Gerencia Optimización FuRe. El resultado se traduce en la cartera comercial del plan minero metalúrgico PSD.

3. Evaluación Económica PSD

4. Respaldo Final PSD

Debe prepara el informe final según estructura definida por la GEI y respaldar.

Por último, en la Tabla 4-10 se indica cada entregable según la categoría a la cual pertenece.

Tabla 4-10 Oututs Plan Minero PSD

Categoría	Outputs
Formulación Plan Minero PSD	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Rajo: <ul style="list-style-type: none"> • Plan minero rajo (excel) • Distancia por período: por año, por fase, por origen-destino. (excel) • Archivo MinePlan y MineHaul (o fotos por período en ppt) <input type="checkbox"/> Subterránea: <ul style="list-style-type: none"> • Plan minero subterránea (excel) • Plan preparación mina subterránea <input type="checkbox"/> Plan minero metalúrgico global: <ul style="list-style-type: none"> • Planes Minero Metalúrgicos Integrados (rajo-subte) con caracterización de concentrado (excel). (Formato predefinido) • Requerimientos de equipo.
Balance FURE	<ul style="list-style-type: none"> • Cartera Comercial. (Formato predefinido)
Respaldo Final Plan Minero Metalúrgico PSD	<ul style="list-style-type: none"> • Informe Final: según estructura definida por la GEI.

4.2.8.2 Plan Minero PND

Corresponde a la segunda macro etapa del proceso y a la etapa final del ciclo de planificación minero metalúrgico, cuyo propósito es respaldar el plan PND.

Para ello, se propone desarrollar las siguientes etapas:

1. Formulación Plan Minero Operativo PND

Tomando como base la opción seleccionada por el Vicepresidente de Operaciones, se debe incrementar y por ende asegurar la operatividad del plan minero estipulado en la etapa anterior.

A su vez, se debe identificar la variación en los parámetros mina-planta actuales producto de la incorporación de los proyectos estructurales y divisionales en el plan minero, explicitando los compromisos establecidos en los API's respectivos.

Por último, se debe efectuar una comparación con respecto al PND anterior, reconociendo las diferencias de producción y de las principales variables minero metalúrgicas. (Esta tarea está focalizada en el primer quinquenio).

Se recomienda realizar una presentación que incluya los siguientes tópicos:

- Impacto de los proyectos
- Análisis de riesgo y oportunidades
- Comparación con respecto al PND anterior

2. Balance FuRe PND

Mantiene el mismo formato explicado en las etapas anteriores.

3. Evaluación Económica

La actividad comprende la estimación de costos y evaluación económica del plan minero metalúrgico. Además, se considera la estimación de Equipos, Capex y Opex.

Recordar que esta actividad debe esperar los resultados consolidados y provenientes del Balance FuRe, tras ese hito se recoge la cartera comercial y se evalúa a nivel divisional. La actividad debe ser desarrollada en la plataforma Xeras.

Finalmente, para esta etapa se pide que El GRMD respalde la presentación que se le realiza al Vicepresidente de Operaciones.

4. Aprobación Final Corporativa

Una de las prácticas habituales de la compañía consiste en presentarle al Presidente Ejecutivo (PE) los resultados de los planes mineros PND esperados. Por lo que se solicita a cada GRMD respaldar dicha presentación. Posterior a esta tarea, la GRM debe consolidar la información y preparar una presentación global.

5. Respaldo Final

En el caso de que el PE proponga ajustes al plan desarrollado, se deben respaldar los documentos que contienen dichas modificaciones. Para finalizar el ciclo de planificación minero metalúrgico debe emitir una nota técnica que consolide las actividades realizadas, dando énfasis en las principales conclusiones.

Por último, debe preparar el informe final según la estructura definida en la Guía de Planificación Minera de Largo Plazo.

La catalogación de entregables se encuentra detallada en la Tabla 4-11.

Tabla 4-11 Outputs Plan Minero PND

Categoría	Outputs
Formulación Plan Minero Operativo PND	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Rajo: <ul style="list-style-type: none"> • Plan minero rajo (excel) • Distancia por período: por año, por fase, por origen-destino (Excel). • Archivo MinePlan y MineHaul (o fotos por período en ppt) • Documento validación geotécnica (Word). <input type="checkbox"/> Subterránea: <ul style="list-style-type: none"> • Plan minero subterránea (excel) • Plan preparación mina subterránea (Excel) • Presentación de secuencia y sectores productivos por período (ppt) <input type="checkbox"/> Plan minero metalúrgico global: <ul style="list-style-type: none"> • Planes Minero Metalúrgico Integrados (rajo-subte) con caracterización de concentrado (Excel). • Categorización de Recursos Minerales en el plan (excel). • Presentación: impacto de los proyectos-Análisis de Riesgo y Oportunidades-Comparación con respecto al PND anterior.
Balance FURE	<ul style="list-style-type: none"> • Cartera Comercial. (Formato predefinido).
Evaluación Económica:	<ul style="list-style-type: none"> • Exhibit • Indicadores operacionales mina-planta. • Evaluación Económica: Resumen CAPEX-OPEX e Indicadores financieros. • Salida Xeras: Reportabilidad en Excel y Archivos Xeras (xms) • Requerimientos de equipos • Presentación a Vice
Aprobación Final Corporativa:	<ul style="list-style-type: none"> • Presentación Divisional a PE • Presentación Consolidada a PE. • Minuta Observaciones (PE)
Respaldo Final e Informe del Plan Minero Metalúrgico	<ul style="list-style-type: none"> • Archivos que incluyen cambios finales (cuando corresponda). • Nota técnica. • Informe Final

4.3 Medición del respaldo de información en el sistema.

Para construir el indicador de desempeño para el proceso de respaldo se utiliza la metodología descrita en el punto 2.2.3. A continuación, se define el objetivo y los principales aspectos que deben ser medidos.

El objetivo principal de la implementación del sistema Workflow es mejorar la trazabilidad, oportunidad y formalidad de la información que respalda el plan minero metalúrgico de cada división. Sobre esa línea se definen las etapas; con su correspondiente calendarización, y los entregables que son considerados como mínimos para publicar en el sistema.

En cada una de las etapas se realizan diversas actividades y dentro de estas actividades hay categorías para ir asociando la información según corresponda. Esta

relación busca identificar de manera rápida y eficiente la información, por lo que es de suma importancia evaluar la labor que realiza cada planificador.

Por otra parte, el flujo definido cuenta con la participación de varios actores, por lo que la continuidad del proceso en cada división está sujeta a la participación efectiva de los entes revisores. Para evaluar el proceso de respaldo de información se consideran dos grandes ejes de medición: El cumplimiento en fecha de las etapas y la catalogación de la información.

- **Cumplimiento en fecha**

Cada una de las etapas del ciclo de planificación es calendarizada como se indica en el Anexo B Calendario de etapas y actividades del Ciclo de Planificación, incorporando la participación de los altos mando de la corporación. Sin embargo, solo las macro etapas son descritas en cuanto a fecha de inicio y término. Para mejorar el nivel de gestión en las divisiones, la GRM confecciona un calendario en detalle para cada una de las actividades y tareas que se ejecutan en el ciclo de planificación. De esta manera, se le otorga la oportunidad al GRMD de administrar con más conocimiento sus recursos.

El agendamiento contempla fechas de inicio y término de actividades, incluyendo períodos de tiempo para que los aprobadores y/o validadores ejecuten su labor. En la Tabla 4-12 se muestra el resumen de la calendarización de actividades para el presente ejercicio del ciclo de planificación, mientras que el detalle se evidencia en la Tabla B 0-1 y Tabla B 0-2 (Ver Anexo B). Recordar que el calendario de la organización cambia año a año, por lo que uno de los desafíos para el equipo de programación es elaborar un sistema que otorgue flexibilidad al ingreso de fechas.

Tabla 4-12 Resumen calendarización de actividades

	Comienzo	Fin	Ejercicio 2017																																															
			Enero '17					Febrero '17					Marzo '17					Abril '17					Mayo '17					Junio '17					Julio '17					Agosto '17					Septiembre '17					Octubre '17		
CICLO DE PLANIFICACIÓN MINERA			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45			
1	Conciliación Información Base	02-ene-17	10-feb-17																																															
2	Optimización Económica																																																	
2.1	Pit Final y Secuencia	10-feb-17	06-mar-17																																															
2.2	M. Bloques Diluido y Env. Recursos	10-feb-17	07-abr-17																																															
3	Diseño Minero																																																	
3.1	Diseño de Fases	08-mar-17	28-abr-17																																															
3.2	Análisis de Opciones Subterránea	07-abr-17	15-jun-17																																															
4	Análisis de Opciones	28-abr-17	11-ago-17																																															
5	Plan Minero Metalúrgico																																																	
5.1	Plan PSD	06-ago-17	15-sep-17																																															
5.2	Plan PND	23-ago-17	03-nov-17																																															

Cada actor del proceso debe ejecutar ciertas tareas, por lo que se pretende medir el tiempo de desfase con respecto a la calendarización propuesta. De esta manera, se puede identificar que tareas son las que demandan más tiempo.

- **Catalogación de información.**

El Workflow de planificación genera la oportunidad de catalogar cada entregable que se sube al sistema, por lo que los planificadores deben realizar el respaldo de

acuerdo con el detalle descrito en el punto 4.2. Sin embargo, existe la posibilidad de que se produzcan algunas situaciones que generen interferencias o pérdidas de tiempo a futuro.

Puede darse el caso que para distinta categoría se suba el mismo documento, creando duplicidad de información. Por otra parte, la información puede catalogarse de manera equivocada, produciendo pérdida de la ubicación real de los documentos. Finalmente, puede ocurrir que el documento que se respalda en el sistema se encuentre dañado, no tenga relación con ninguna categoría, no posea información o simplemente no exista documento.

Adicionalmente, el planificador puede otorgarle el nombre que estime conveniente a los archivos que sube al sistema, debido a esto surge la necesidad de revisar toda la información para encontrar las desviaciones antes mencionadas.

4.3.1 Definición de KPI: Porcentaje de éxito en el proceso de respaldo.

Según los ejes mencionados se define un indicador para medir el respaldo de información que debe realizar cada división. Dicho esto, se procede a explicar cómo se mide el desempeño del proceso de respaldo de información.

Los entregables de cada etapa están sujetos a un mismo plazo, por lo que el cumplimiento (X) en fecha busca identificar que actor es el que atrasa el proceso. La primera columna de la Tabla 4-13 muestra la distribución de porcentaje de cumplimiento para ciertos niveles de retraso.

Ahora bien, cada entregable puede ser evaluado con respecto a su catalogación (y) por lo que en la tercera columna de la Tabla 4-13 se presentan las cuatro posibilidades que pueden adoptar dichos entregables (a,b,c,d). Entonces, para cada etapa se realiza una clasificación de los outputs, se suman según las posibilidades y se pondera según la distribución otorgada. La catalogación no afecta al tipo de actor, por lo que el valor se mantiene constante para roles distintos (pero conectados).

Tabla 4-13 Distribución de ponderación para definir KPI

<i>Cumplimiento (X)</i>	<i>(%)</i>	<i>Catalogación (Y)</i>	<i>(%)</i>
En plazo	100	Bien catalogado y único (a)	100
Retraso 1 Semana	90	Bien catalogado, pero duplicado (b)	80
Retraso 2 Semanas	80	Mal catalogado, pero existente (c)	60
Retraso 3 Semanas	70	No existe documento (d)	0
Retraso 4 Semanas	60		
Retraso 5 Semanas	50		
Retraso 6 Semanas o más	40		

La fórmula para calcular el indicador que se denomina “Porcentaje de éxito del proceso de respaldo” se muestra a continuación:

$$KPI (\%) = \alpha * X + \beta * \underbrace{\frac{100 * \sum a + 80 * \sum b + 60 * \sum c}{a + b + c + d}}_Y$$

$\sum a$: cantidad de entregables que fueron bien catalogados.

$\sum b$: cantidad de entregables que fueron bien catalogados, pero duplicados.

$\sum c$: cantidad de entregables que fueron mal catalogados.

Con α, β las ponderaciones que se le da a cada eje de medición, siendo $\alpha + \beta = 1$.

El KPI es calculado para cada actor y etapa de la división, y se muestra a través de una matriz en la Tabla 4-14.

Tabla 4-14 Matriz para el indicador “Porcentaje de éxito del proceso de respaldo”.

División	Faena1	Faena2	Faena3	Faena4	Faena5	Faena6	Faena7
Etapa 1: Conciliación Información Base							
Planificador							
GRMD							
GDDN							
Etapa 2							
Pit Final y Secuencia Económica							
Planificador							
GRMD							
GDDN							
Modelo de bloques diluido y envoltante de recursos							
Planificador							
GRMD							
GDDN							
Etapa 3							
Diseño de fases Minero							
Planificador							
GRMD							
GDDN							

El resultado de la medición del indicador entrega un valor que debe ser interpretado, para ello se definen las metas.

Las metas constituyen la expresión concreta y cuantificable de los logros que planea obtener la Corporación, en este caso en un periodo de un año. Cuando se definen las metas esperadas se puede realizar una comparación de los resultados. De

esta manera se pueden detectar desviaciones importantes respecto a lo programado y proponer medidas correctivas.

Ahora bien, para establecer una meta se deben considerar los siguientes parámetros:

- Desempeño histórico
- Línea base: datos que se toman como inicio para establecer valores futuros a alcanzar por el indicador, por lo que sirven para evaluar el grado de cumplimiento de las metas. Para indicadores nuevos, los valores base no existen, por lo cual deben ser estimados.

El sistema Workflow es totalmente nuevo para Codelco, así que una vez realizada la primera medición (respaldo del año 2017) se puede tomar como línea base para las próximas iteraciones.

El indicador mide el porcentaje de éxito del proceso de respaldo. Se debe mencionar que no considera el volumen de información que manejan las divisiones, ni los recursos que poseen para realizar las actividades. Aunque no sea posible en primera instancia definir una meta, si se pueden mencionar algunos criterios para tener cuenta:

- Se espera un mayor valor en las divisiones que solo operan bajo a rajo abierto, ya que solo deben respaldar un proceso. En cambio, para las divisiones que desarrollan adicionalmente subterránea un valor esperado muy alto es más difícil de conseguir.
- El nivel de producción que posee cada faena. La lógica hace pensar que divisiones con mayores niveles de producción manejan mayor información y variables para cumplir con los números. De acorde a esto, el valor esperado debería ser más bajo.

Los criterios reflejan que no es correcto imponer una meta a nivel general ni realizar comparaciones entre divisiones, sino que la medición marca la pauta para próximas iteraciones del ciclo de manera de que las faenas mejoren sus propios números a la hora de respaldar la información en el sistema en el plazo que corresponde.

CAPÍTULO V

5. IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA Y MEDICIÓN DEL DESEMPEÑO DIVISIONAL

La implementación del Workflow en el área de planificación es nueva en la corporación, por lo que para el ciclo actual se toman algunas decisiones que no son necesarias para el próximo año, dado que se espera que las áreas que dan origen a las bases geo minero metalúrgicas cuenten de igual manera con la herramienta. Las consideraciones se enlistan a continuación:

- La información inicial (modelos de las bases geominero metalúrgicas) es publicada en el sistema de manera manual en la primera iteración.
- Cualquier actualización de la información debe ser autorizada por el Gerente la GRM.

La plataforma nace ante la necesidad de mejorar la gestión sobre el Ciclo de Planificación Minero Metalúrgico de Codelco, si bien existe una guía de planificación, la temporalidad de las etapas no está estipulada. Por otra parte, a pesar de contar con SharePoint o carpetas FTP (Protocolo de Transferencia de Archivos), no existe trazabilidad, identificación y formalidad en el respaldo de documentos.

Cabe destacar que el desarrollo del Workflow (flujo de trabajo) es netamente conceptual y el equipo de programación mediante el uso de Microsoft Share Point y sus módulos de trabajo (SP Designer, Server y Foundation) en adicción a lenguaje de programación es el encargado de desarrollar la parte computacional.

Los recursos computacionales que posee la Corporación son los siguientes:

- SharePoint 2010: plataforma de colaboración empresarial que administra los contenidos a través de la interfaz familiar de Office. En el caso de la compañía está implementado como un servicio hospedado en un servidor central con conexión a los computadores de los clientes (usuarios), tal como lo indica la Figura 5.1.

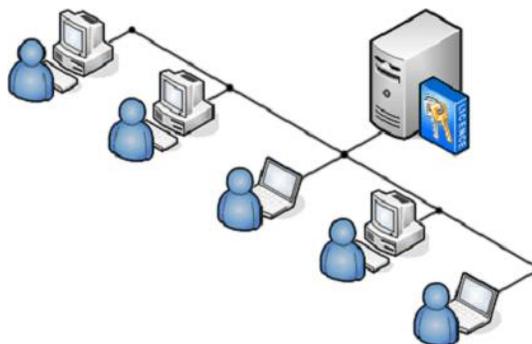


Figura 5.1 Modelo Cliente – Servidor

- SP Designer: programa de diseño de aplicaciones y páginas web utilizadas para diseñar, generar y personalizar sitios web que se ejecuta con MS SP Foundation y Server.
- Lenguaje de programación: su utilización es crucial, ya que se resuelven problemas de visibilidad de las páginas web, reportabilidad de los datos, gestión de los documentos, entre otras muchas acciones ejecutadas con códigos de programación. Tomando en consideración las restricciones de la TICA, el equipo de programación debe crear la plataforma de trabajo utilizando lenguaje java, java script y html.

En la sección 2.2 de los antecedentes se mencionan los aspectos más importantes de la estandarización de procesos con el objetivo de introducir el concepto de Workflow. Estos conceptos junto a las actividades que desarrolla el equipo de informática en función de las herramientas descritas dan paso a una definición de Workflow, para posteriormente mencionar las ventajas competitivas que entrega a las empresas.

En síntesis, se conceptualiza de la siguiente manera: “Área de la informática que trata de la automatización de los procesos empresariales que involucran secuencias de tareas bien definidas, ejecutadas por personas o sistemas”. Su materialización implica que los procesos se encuentren bien estructurados y un modelamiento de las actividades por parte del sistema informático, que especifique claramente cuando participan los diversos actores involucrados.

Dentro las ventajas competitivas que potencia el sistema workflow, se destacan los siguientes ámbitos:

- Toma de decisiones estratégicas por parte de la alta dirección a través de un conjunto reducido de indicadores de gestión de los procesos de la organización (cantidades, tiempos, desviaciones, tendencias, cumplimiento, formato, entre otros).
- Posibilidad de gestionar, planificar, retroalimentar el proceso y a las personas que actúan en el. Esta ventaja se aprovecha en la medida de que los responsables y/o administradores del proceso se ocupen de la excelencia operativa y del rol que ejercen los participantes del mismo, ya que pueden acceder de manera rápida al sistema y visualizar las problemáticas existentes, quien es el responsable y aplicar acciones correctivas.
- La automatización de los procesos permite que, al finalizar una tarea, exista un traspaso instantáneo de responsabilidad al siguiente cliente, dicho actor dispone de la información de entrada y adicionalmente de las tareas que debe realizar (a través de procedimientos entregados por la empresa).

5.1 Lineamientos para implementar la herramienta computacional

Para desarrollar la herramienta computacional de gestión, el equipo de programación necesita manejar los siguientes aspectos:

1. Flujograma de las etapas conectado.

En capítulo 5 de esta memoria, se define el esquema secuencial de cada una de las etapas del ciclo de planificación. No obstante, el flujograma de información debe ser esquematizado en su totalidad, uniendo cada una de las etapas con sus respectivos hitos de aprobación y revisión para identificar como es el avance del ciclo. Es de suma importancia contar con el mapa general del proceso, ya que existen dos líneas de trabajo en algunas divisiones que deben integrarse en un determinado momento (Análisis de Opciones) para formular el plan minero.

En las Figura E 0.6 y Figura E 0.7 (ver Anexo E) se muestra el flujograma general que sustenta el Workflow de planificación. Cabe señalar que las figuras adjuntas reflejan el flujo que posee más información, es decir representa el caso para una división que opera rajo abierto-subterránea y en la que participa la GDDN como validador de las etapas. En las faenas que solo existe flujo Rajo no se considera la línea subterránea y en el caso de las divisiones del sur no hay presencia de GDDN.

2. Textos e información para crear los formularios web

Un formulario web permite al usuario introducir texto, datos, archivos, documentos, entre otros para ser procesados y/o almacenados en una base de datos. Por lo que se debe ser muy meticuloso en la forma de pedir la información.

Este lineamiento está enfocado a definir los ítems que debe poseer cada formulario.

Al menos se deben incluir los siguientes puntos:

- Título de la etapa.
- Objetivo, descripción y fecha de duración de la etapa.
- Inputs que se ponen a la disposición del planificador.
- Ingreso de los Outputs: Este ítem es el más importante, ya que el planificador de cada división debe respaldar la información.

Para cumplir con lo anterior, el equipo de programación cuenta con la descripción de cada etapa explicada en la sección 4.2.

3. Listado de involucrados en el proceso

Por motivos de confidencialidad se realiza un listado de participantes del proceso de manera preliminar, de manera de que solo los trabajadores de la compañía que están en la lista puedan acceder al sistema.

5.2 Puesta en marcha de la Herramienta.

Tras múltiples reuniones con el equipo de programación, se logra definir la plataforma principal de acceso al Workflow de Planificación. En la Figura 5.2 se observa el estado del ciclo de planificación antes de iniciar con el proceso de respaldo. Se puede apreciar que en la parte superior de la figura aparece el esquema principal con las etapas del proceso, cuya prolongación hacia abajo en recuadros representa el ciclo de planificación para cada división (ubicadas en el costado izquierdo de manera incógnita). Las faenas que solo operan rajo abierto poseen una barra de progreso única (Faena 1,2 y 3). Una vez que empieza el proceso de respaldo y los distintos actores van interactuando con el sistema, los recuadros van tomando colores en función de la leyenda al final de la figura.

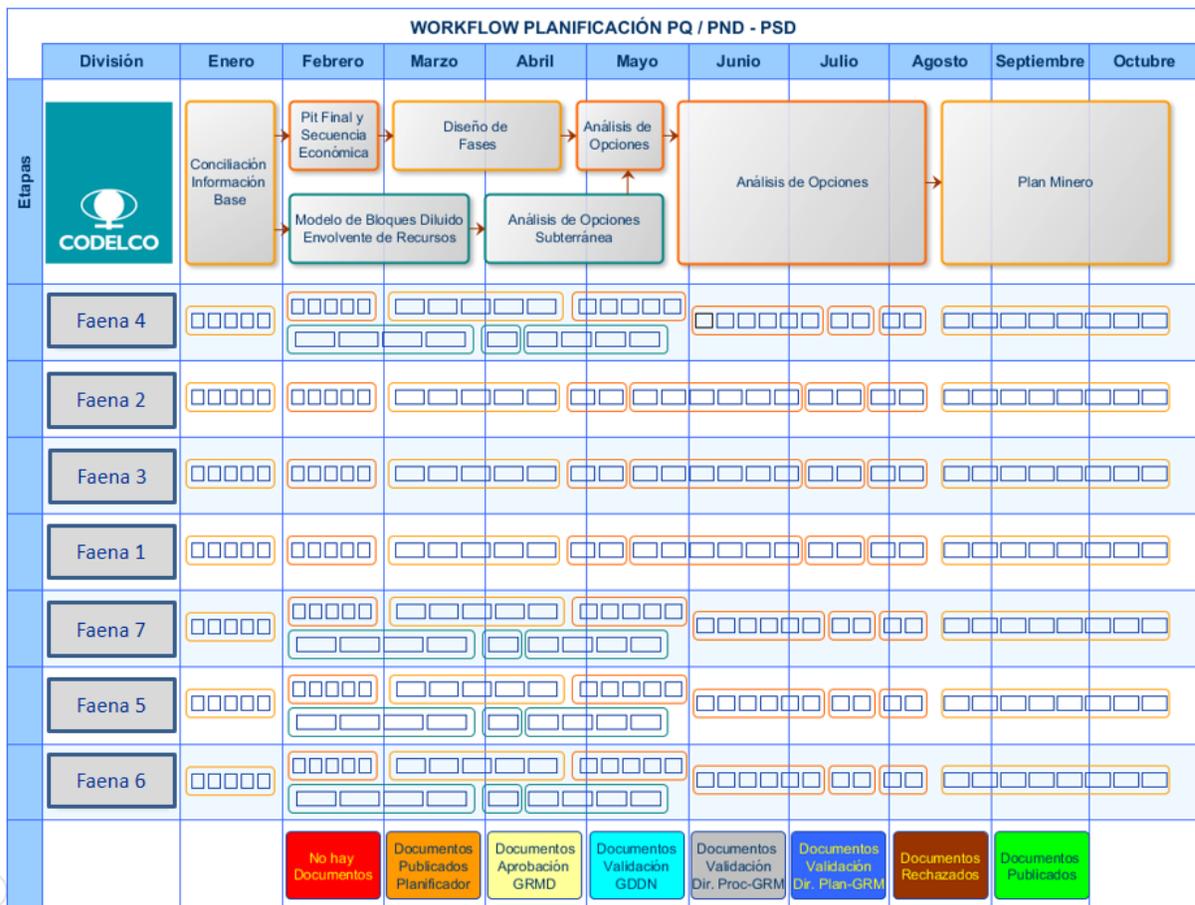
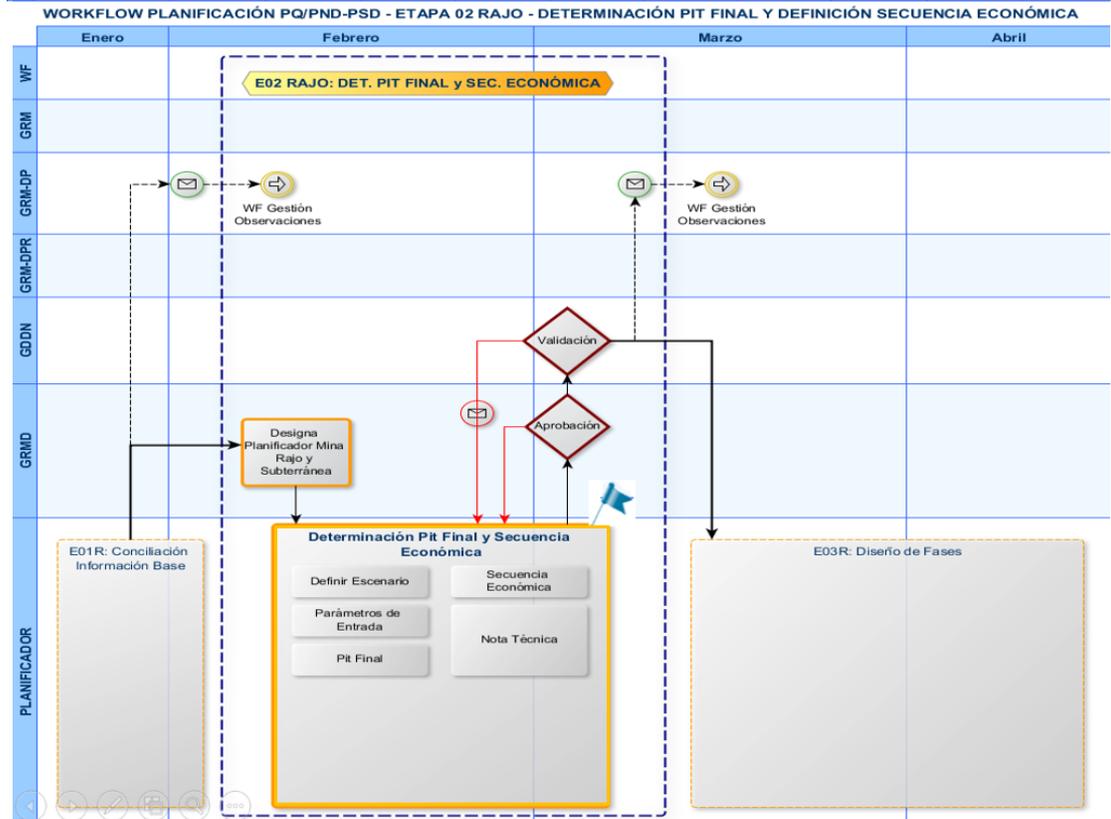


Figura 5.2 Home Principal del Workflow de Planificación

El home de acceso principal permite identificar rápidamente el estado de todas divisiones de Codelco. Ahora bien, cada faena ingresa a su propio Workflow pinchando sobre el nombre de la división.

A modo de ejemplo, al ingresar a la casilla “Faena 4” se despliega el Workflow de dicha división, cuya representación se observa en la Figura 5.3.



Etap 02 Rajo:
Determinación Pit Final y Definición Secuencia Económica

Para cada uno de los Escenarios Preliminares definidos en los Lineamientos Estratégicos por la GRM, se espera que el equipo de planificación:
 Elabore la optimización económica del rajo, defina el Pit Final y realice una comparación numérica y gráfica entre el Pit Final máximo económico que se usó para el PND 2017 y el resultante del ejercicio.
 Compare las fases utilizadas en el proceso anterior, con la nueva secuencia resultante del actual ejercicio.
 Valide y justifique los parámetros utilizados en la optimización económica, aún cuando no se realicen las corridas de LyG para el presente ejercicio.

Documentos de Entrada		Documentos de Salida		
Catálogo	Archivos	Escenario	Catálogo	Archivos
Fases	Fases	Caso a 56 ktpd	Parámetros de Entrada	ángulos globales_comparación PND 2017 y PND 2018.xlsx Modelo distancias Whittle.xlsx E02-Parametros de Entrada DMH.xlsx
Guía 5	Guía 5		Pit Final	Pitshell PND 2018.rar Cub Whittle PND 2018.xlsx Envolvertes Económicas.pptx modelo_whittle_04_abril_17.zip
Lineamientos Estratégicos PND 2018	Lineamientos Estratégicos PND 2018		Secuencia Económica	Comparación Fases PND 2017 Conos 2018.pptx
Optimización LyG	Optimización LyG		Nota Técnica	NOTA TECNICA CICLO DE PLANIFICACIÓN 2018_ETAPA 2.docx
Formato Parámetros de Entrada	Formato Parámetros de Entrada			

Figura 5.3 Workflow Faena 4-Etapa 2 Rajo Pit Final

La parte superior de la figura anterior refleja el progreso de la división, en donde los colores muestran el estado en el que se encuentra cada etapa. Para ingresar a cualquier etapa se debe presionar sobre el recuadro con el nombre e inmediatamente se despliega el flujo secuencial de dicha etapa. Continuando con el ejemplo anterior, al seleccionar la etapa 2 Rajo Pit final y Secuencia Económica se muestra el flujo de información.

En este caso, hay una bandera azul sobre la caja de la actividad; esto evidencia que el respaldo de información ya fue publicado, validado y aprobado. El sistema también muestra que documentos de entrada se utilizaron para realizar la actividad, el objetivo que persigue la etapa y que documentos fueron publicados en el sistema. Dentro de esta última categoría se puede apreciar en la figura que todos los archivos que aparecen se encuentran asociados a un catálogo; y tal como se indica en la sección 0 esto permite definir un indicador para el proceso de respaldo.

5.3 Medición del proceso de respaldo divisional

La herramienta computacional permite tener acceso a toda la información publicada en el sistema, además es posible identificar en qué fecha se realizan las publicaciones, aprobaciones y validaciones por parte de los actores involucrados. A partir de una revisión exhaustiva, división por división, etapa por etapa, entregable por entregable se logra determinar el indicador “Porcentaje de éxito del proceso de respaldo”.

Para la obtención de resultados se debe tener presente que el ciclo de planificación minero es anual, y por un concepto de tiempo de ejecución de la memoria solo es posible medir resultados hasta la etapa 3 diseño de fases minero.

Por otra parte, una de las divisiones queda fuera del proceso de medición. Los motivos de esta decisión son confidenciales.

A continuación, se entregan los resultados en cuanto al cumplimiento en fecha (X) y catalogación de información (Y).

- **Cumplimiento en fecha (X)**

Para determinar esta variable, el primer paso es determinar la fecha exacta en la que los actores del ciclo de planificación cumplen con sus responsabilidades. En la Tabla F 0-4 se presenta el catastro de medición para cada faena con la respectiva fecha de cumplimiento según los roles establecidos. Posteriormente, en la Tabla F 0-5 (Anexo F) se muestra el grado de desfase de cada división (semanas de retraso) con respecto al plazo establecido. Con esta información y utilizando el criterio establecido en el punto 4.3.1 se obtienen los resultados expuestos en la Tabla 5-1.

Tabla 5-1 Resultados del cumplimiento en fecha por faena y etapa(X).

División	Faena1	Faena2	Faena3	Faena4	Faena5	Faena6
Etapa 1: Conciliación Información Base						
Planificador	100%	100%	100%	100%	100%	100%
GRMD	100%	100%	90%	60%	90%	90%
GDDN	70%	70%	70%	40%		
Etapa 2						
Pit Final y Secuencia Económica						
Planificador	40%	70%	40%	40%	70%	40%
GRMD	40%	40%	40%	40%	70%	40%
GDDN	40%	40%	40%	40%		
Modelo de bloques diluido y envolvente de recursos						
Planificador				40%	80%	40%
GRMD				40%	80%	40%
GDDN						
Etapa 3						
Diseño de fases						
Planificador	60%	80%	40%	60%	100%	60%
GRMD	60%	80%	-	60%	100%	60%
GDDN	40%	50%	-	40%		

- **Catalogación de información (Y)**

La variable catalogación de información depende de la clasificación que hacen los planificadores al momento de publicar los documentos. La plataforma Workflow permite asignar cada entregable a una categoría según la etapa que se está desarrollando.

A partir de la información que figura en el sistema se obtienen los primeros resultados a nivel corporativo en cuanto a la clasificación de cada archivo. En la Tabla 5-2 se presentan las estadísticas a nivel general para cada uno de los tipos de catalogación (Solo hasta la etapa 3 Diseño de Fases Minero).

Tabla 5-2 Catalogación general de documentos

Tipo	Catalogado Único	Catalogado Duplicado	Mal Catalogado	No existe documento	Total
Entregables	136	6	14	34	190

Ahora bien, para determinar el valor de la variable catalogación de la información (Y) se debe realizar un catastro de la clasificación de los documentos para cada faena y etapa. La Tabla G 0-6 (Anexo G) muestra la distribución en detalle de los entregables en función de la definición adoptada en el punto 4.3.1.

A continuación, se presenta la Tabla 5-3 a modo de resumen con los valores que toma la variable (Y) en cada faena para cada una de las etapas.

Tabla 5-3 Resultados Catalogación de Información (Y)

División	Faena1	Faena2	Faena3	Faena4	Faena5	Faena6
Etapa 1 Conciliación Información Base	100%	100%	89%	90%	60%	100%
Etapa 2 Rajo Pit Final y Secuencia	58%	53%	100%	51%	89%	78%
Etapa 2 Subte Modelo de bloques diluido				20%	92%	80%
Etapa 3 Rajo Diseño de Fases	84%	89%	89%	56%	69%	84%

- **Porcentaje de éxito del proceso de respaldo**

Finalmente, para mostrar los valores que toma el indicador “Porcentaje de éxito del proceso de respaldo” se considera que $\alpha = 40$ y $\beta = 60$. La elección de estos ponderadores radica en que tiene más peso la catalogación de documentos por sobre la el plazo, porque el objetivo que se persigue es asegurar la trazabilidad. Los resultados se presentan en la Tabla 5-4.

Tabla 5-4 Resultados para el indicador Porcentaje de éxito de proceso de respaldo

División	Faena1	Faena2	Faena3	Faena4	Faena5	Faena6
Etapa 1: Conciliación Información Base						
Planificador	100%	100%	93%	94%	76%	100%
GRMD	100%	100%	89%	78%	72%	96%
GDDN	88%	88%	81%	70%		
Etapa 2						
Pit Final y Secuencia Económica						
Planificador	51%	60%	76%	47%	81%	63%
GRMD	51%	48%	76%	47%	81%	63%
GDDN	51%	48%	76%	47%		
Modelo de bloques diluido y envoltante de recursos						
Planificador				28%	87%	64%
GRMD				28%	87%	64%
GDDN						
Etapa 3						
Diseño de fases Minero						
Planificador	75%	85%	69%	57%	81%	75%
GRMD	75%	85%	0%	57%	81%	75%
GDDN	67%	73%	0%	0%		
Global						
División	Faena1	Faena2	Faena3	Faena4	Faena5	Faena6
Planificador	75%	82%	80%	57%	81%	75%
GRMD	75%	78%	55%	53%	78%	74%
GDDN	68%	70%	52%	39%		

CAPÍTULO VI

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación, se analizan los resultados obtenidos en el proceso de medición en cuanto al desempeño de las divisiones. El objetivo es identificar las desviaciones principales del flujo, de las etapas, de los actores y del sistema Workflow en general.

6.1 Del cumplimiento en fecha

Los resultados obtenidos en esta sección permiten identificar cuáles son las etapas que detienen el proceso y además evaluar la participación de los actores.

En la Tabla 6-1 se muestran los resultados de manera global de cada división en función de los roles.

Tabla 6-1 Cumplimiento en fecha por faena a nivel general

División	Faena1	Faena2	Faena3	Faena4	Faena5	Faena6
Planificador	67%	83%	60%	60%	88%	60%
GRMD	67%	73%	57%	50%	87%	58%
GDDN	50%	53%	55%	40%		

En términos generales, es evidente notar que el porcentaje de cumplimiento en fecha es decreciente a medida que se escala en el organigrama divisional. Es decir, la primera desviación detectada se relaciona con el rol de los validadores y revisores. En el primero no hay una gran diferencia con respecto a la función que ejecuta el planificador. No obstante, en el caso del GDDN se observa que reduce entre un 15-20% el índice de cumplimiento de las divisiones. La causa principal se asocia a que la GDDN tiene la responsabilidad de validar a cuatro faenas (1-4) y demora mucho tiempo en revisar la documentación. En el caso de rechazar la información el proceso se atrasa aún más. Se debe recordar que las divisiones no pueden continuar con el respaldo de información en el Workflow si no son aprobadas por los entes correspondientes.

Las Faenas 5 y 6 no están bajo la jurisdicción de la GDDN, sin embargo, solo la primera mantiene un cumplimiento cercano al 90%.

En cuanto al tipo de minería todas las faenas desarrollan operación a cielo abierto, mientras que las Faenas 4,5 y 6 operan adicionalmente subterránea. Dicho esto, la Faena 4 está sujeta a la validación de la GDDN que para este caso debe revisar más información.

Las faenas que operan solo rajo abierto deberían presentar un mayor porcentaje de cumplimiento ya que manejan menor cantidad de información, sin embargo, solo la Faena 2 está por sobre el 80%.

Cabe señalar que los valores esperados son locales, es decir no se pretende comparar divisiones bajo restricciones distintas. Incluso no es correcto realizar una comparación entre faenas que pertenezcan al mismo “grupo”, ya que los recursos, niveles de producción, entre otros muchos factores no son semejantes. Adicionalmente, y como se menciona en la sección 4.3.1 no existe una línea base para determinar si los valores obtenidos en este primer ejercicio de medición son aceptables o no. En consecuencia, los resultados obtenidos en el ciclo de planificación 2017 pueden ser utilizados en la próxima iteración como medida de comparación.

A continuación se analiza en detalle cada división y sus etapas para interpretar de mejor manera los resultados. Para ello se utiliza la Tabla 5-1.

- Faena 1: Comienza de excelente manera el respaldo de la etapa 1, tanto el planificador como el GRMD, sin embargo, decaen considerablemente en la etapa 2, para volver a levantar el indicador en la etapa 3 diseño de fases.
- Faena 2: Presenta el mismo patrón que la faena 1, no obstante, los números alcanzados por esta división son mayores. Si bien la división recae en la etapa 2, el planificador mantiene un mejor cumplimiento, por lo que a nivel general presenta un indicador del 83%.
- Faena 3: Esta división presenta un decrecimiento a medida que avanzan las etapas, incluso para el cierre de resultados de la etapa 3 ni el GRMD ni el GDDN alcanzan a cumplir con su función.
- Faena 4: Es la faena que muestra los valores más bajos, siendo la etapa 2 tanto para rajo como subterránea la peor evaluada. Cuando el planificador no cumple con el plazo, puede asociarse a un tema de tiempo utilizado en otras actividades, falta de recursos, entre otros factores. Por lo que se debe analizar la otra variable (catalogación) para identificar una justificación más acertada.
- Faena 5: Es la división que presenta los indicadores más elevados a pesar de que opera ambos tipos de minería, se puede ver que a diferencia de las otras faenas posee un cumplimiento elevado en la etapa 2 (rajo y subte) lo que incrementa el valor del indicador.
- Faena 6: Muestra un patrón similar al resto de las divisiones, en donde los números decaen en la etapa 2.

Si se analizan los datos desde el punto de vista del flujo secuencial por etapas, al mirar la Tabla 6-2 se observa que el porcentaje más bajo en cuanto a cumplimiento aparece en la etapa 2 tanto para rajo como subterránea, por lo que a priori se pudo haber subestimado la duración de dicha etapa.

Tabla 6-2 Cumplimiento en fecha por roles

Rol	Etapa 1	Etapa 2 Rajo	Etapa 2 Subte	Etapa 3 Rajo
Planificador	100%	50%	53%	67%
GRMD	88%	45%	40%	70%
GDDN	63%	40%		43%

6.2 De la catalogación de documentos

Esta variable permite medir el desempeño en cuanto a los documentos que respaldan el plan minero. Gracias al Workflow se puede acceder rápidamente a los entregables de cada etapa, pero si dichos archivos se suben de manera errónea, duplicada o en categorías que no corresponden se pierde trazabilidad y eficiencia en la gestión de la información. En esta línea, la variable (Y) se encarga de cuantificar la catalogación.

De manera general se puede observar en el Gráfico 6.1 que el 81% de la información es publicada en el sistema, de la cual el 72% es catalogada de manera única. Solo un 18% del total, equivalente a 34 documentos no fueron cargados al Workflow.

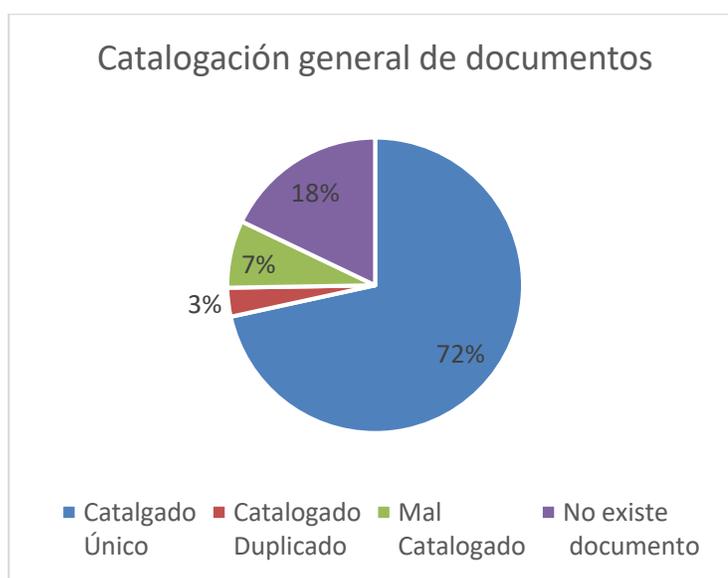


Gráfico 6.1 Catalogación general de documentos

Adicionalmente en el Gráfico 6.2 se muestra el sondeo de información en función de las etapas.

La primera etapa correspondiente a la Conciliación de la Información Base es la que presenta mayor cumplimiento en cuanto a catalogación, de un total de 57 entregables no figuran en el sistema solo 6.

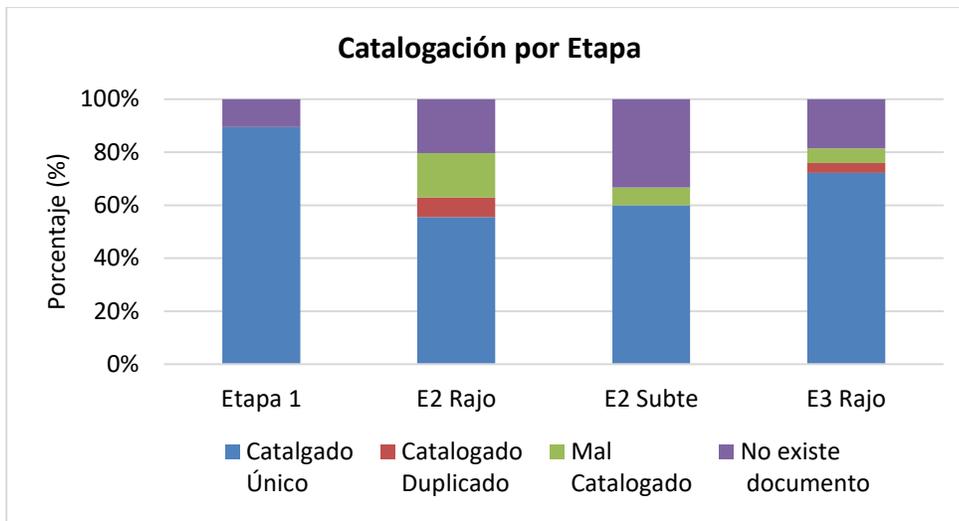


Gráfico 6.2 Catalogación por etapa

La etapa 2 subterránea es la que menos cumple con la catalogación, ya que no se publica en el Workflow alrededor del 35%. Mientras que las etapas 2 y 3 de rajo abierto cumplen con 80% de los documentos.

La información estadística de acuerdo con el desempeño de las divisiones se despliega en el Gráfico 6.3.

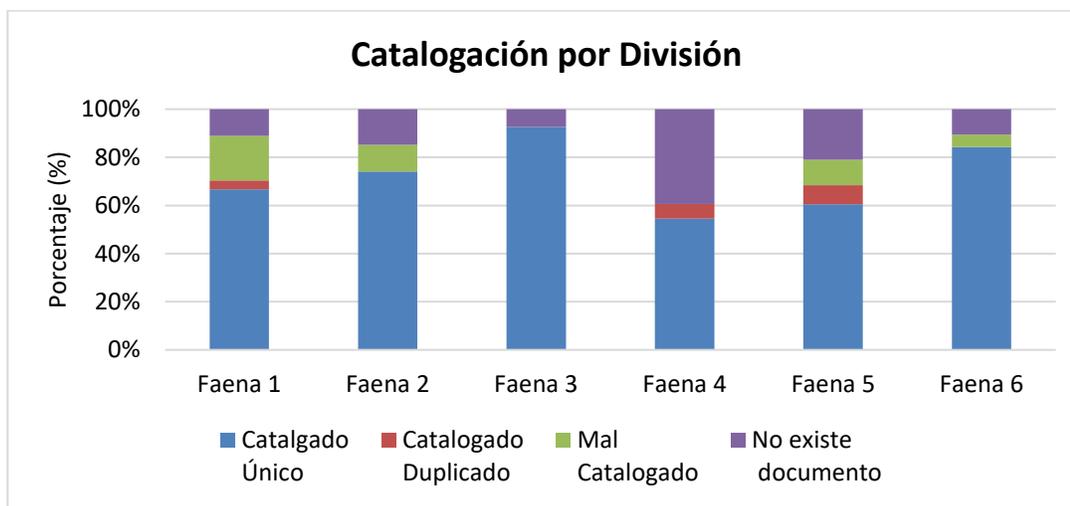


Gráfico 6.3 Estadísticas de la Catalogación por división

Lo más importante es que la información se encuentre respaldada en el sistema, sin embargo, el hecho de que sea difícil encontrarla disminuye la efectividad en los procesos de búsqueda. La ponderación definida en la Tabla 4-13 incorpora los entregables que figuran en el sistema pero que están duplicados o mal catalogados disminuyendo el valor de la variable (Y).

A partir del Gráfico 6.3 es posible determinar un indicador para cada etapa independiente de la división, dichos valores se evidencian en la Tabla 6-3.

Tabla 6-3 Catalogación de documentos (Y) divisional

División	Faena 1	Faena 2	Faena 3	Faena 4	Faena 5	Faena 6
Variable Y	81%	81%	93%	59%	73%	87%

Los resultados anteriores evidencian que las faenas utilizan de buena manera la herramienta computacional en términos generales. A continuación, se realiza un desglose por división recordando que en la Tabla 5-3 se muestran los resultados para la catalogación de documentos (Y) en función de cada etapa.

- Faena 1: En la etapa 1 cataloga correctamente la totalidad de los documentos, bajando el indicador a un 60% en la etapa 2.
- Faena 2: Mantiene un patrón similar a la faena 1 con pequeñas variaciones
- Faena 3: Es la división que cumple con la catalogación de mejor manera, siendo bastante parejo el número en las tres etapas. No obstante, la demora de la división en respaldar la información perjudica el número final que refleja el desempeño.
- Faena 4: Inicia de buena manera el respaldo de información, pero en la etapa 2 (especialmente subterránea) baja considerablemente el porcentaje de catalogación. Mientras que en las etapas 2 y 3 rajo mantiene un 50%.
- Faena 5: Presenta el menor valor en la etapa 1, sin embargo, mejora en las etapas posteriores. Obteniendo un 92% en la etapa 2 subterránea.
- Faena 6: Presenta buenos valores para el indicador Y, catalogando por sobre el 75 % en todas las etapas.

6.3 Del indicador “Porcentaje de éxito del proceso de respaldo”.

A partir del análisis por separado para cada variable que define el indicador de desempeño es posible vislumbrar cuales son las explicaciones para los valores obtenidos. Junto con esto, se pueden detectar los focos principales de desviación y posteriormente proponer mejoras fundamentadas.

En términos generales el proceso es retrasado por la validación que realiza la GDDN y en menor medida por la aprobación previa que emite cada GRMD. Este último por lo general revisa de manera anticipada la información que publica el planificador, así que, al momento de aprobar, el proceso es relativamente expedito. Caso contrario para el GDNN quien para validar debe chequear toda la información existente. Esta actividad demanda mucho tiempo, más aún si son varias divisiones.

En adelante se analizan los valores del porcentaje de éxito del proceso de respaldo considerando la labor que ejecuta el planificador.

Resulta crítico estudiar los valores que toma el indicador en cada división. Ya que, al no existir una línea base de comparación no se puede fijar una meta para el próximo ciclo. A continuación, se presenta el cuadro resumen que permite detectar las desviaciones principales (valores en rojo) para posteriormente estudiar la proyección del porcentaje de éxito del proceso de respaldo para cada división. La variable X corresponde al cumplimiento en fecha y la variable Y a la catalogación de documentos.

Tabla 6-4 Cuadro resumen Indicador y variables

Rajo Abierto					Rajo abierto y subterránea				
Faena	Etapa	Variable X	Variable Y	KPI	Faena	Etapa	Variable X	Variable Y	KPI
Faena 1	1	100	100	100	Faena 4	1	100	90	94
	2	40	58	51		2R	40	51	47
	3	60	84	75		2S	40	20	28
	Global			75		3	60	56	69
				75		Global			57
División	Etapa	Variable X	Variable Y	KPI	División	Etapa	Variable X	Variable Y	KPI
Faena 2	1	100	100	100	Faena 5	1	100	60	76
	2	70	53	60		2R	70	89	81
	3	80	89	85		2S	80	92	87
	Global			82		3	100	69	81
				82		Global			81
División	Etapa	Variable X	Variable Y	KPI	División	Etapa	Variable X	Variable Y	KPI
Faena 3	1	100	89	93	Faena 6	1	100	100	100
	2	40	100	76		2R	40	78	63
	3	40	89	69		2S	40	80	64
	Global			80		3	60	84	75
				80		Global			75

Se toma un 70% como aceptable para las variables, por lo que en la Tabla 6-4 se encuentran en rojo los valores inferiores a dicho número.

A simple vista todas las faenas, excepto la Faena 4 realizan la catalogación de documentos de una manera correcta, pero perfectible. La debilidad más grande se encuentra en la fecha de cumplimiento.

Si se proyecta una mejora del 10% anual por cada una de las variables en rojo, hasta un tope del 80%; y posteriormente se mejora el proceso en las variables que están sobre el 70% establecido, se obtiene una proyección del porcentaje de éxito del proceso de respaldo a nivel global. Los resultados del cálculo se encuentran en la Tabla 6-5. Posteriormente se muestra el Gráfico 6.4 con la comparación entre las divisiones en función de la proyección realizada.

Tabla 6-5 Resultados de la proyección del indicador

Porcentaje de éxito del proceso de respaldo (%)						
División	Faena1	Faena2	Faena3	Faena4	Faena5	Faena6
Línea Base	75	82	80	57	81	75
Año 1	80	84	82	64	85	78
Año 2	84	86	85	72	86	81
Año 3	84	88	88	75	88	83
Año 4	86	89	90	78	90	84

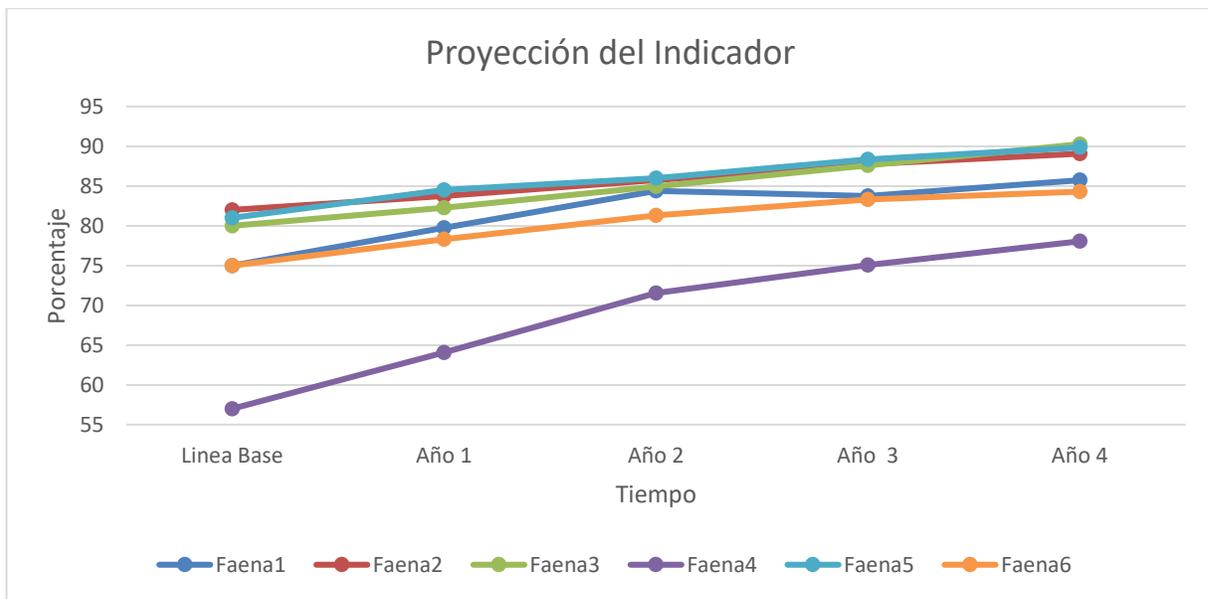


Gráfico 6.4 Comparación de la proyección del indicador

La línea base se construye a partir de los resultados que se obtienen en la primera realización del respaldo en el sistema Workflow. Según esto, las metas esperadas para los próximos años son mucho más auspiciosas en aquellas divisiones que hoy muestran un desempeño bajo. No ocurre lo mismo con las faenas que realizan un gran proceso de respaldo de entregables, ya que mejorar para ellos significa hacer mayores esfuerzos.

Adicionalmente, señalar que esta proyección no incluye factores internos de la división, tales como la producción anual, los recursos disponibles, mano de obra, etc. Los resultados están sujetos a las variables en estudio.

CAPÍTULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones Generales

La industria minera se caracteriza por mantenerse en una búsqueda constante de actividades que puedan agregar valor a la compañía mediante distintas técnicas entre las que figura la optimización de procesos. En este sentido, las tecnologías de información han adquirido una gran aprobación, debido a que permiten mejorar la calidad en los procesos. La planificación es beneficiada en este ámbito, ya que se caracteriza por manejar grandes volúmenes de información.

La planificación de largo plazo apoya la toma de decisiones, por lo que debe asegurarse su calidad, disponibilidad y trazabilidad. En términos generales se desarrolla a través de etapas secuenciales, y para facilitar el traspaso de información entre dichas etapas, resulta imperante disponer de un sistema de almacenamiento indicado. Los métodos actuales para respaldar la documentación que sustenta el plan minero carecen de las virtudes antes mencionadas.

Antes de desarrollar cualquier tecnología que permita mejorar el proceso de planificación desde la perspectiva de la información en todas las etapas, se debe establecer el flujo que modela las actividades necesarias para confeccionar el plan minero.

Para el caso de Codelco, en comparación con otras compañías mineras que operan una división y/o un tipo de minería, resulta más difícil modelar el flujo de información, ya que administra y opera faenas con multiprocesos. Solo basta observar alguna división que opere rajo abierto y block caving, en donde además de las grandes diferencias en términos de tipo de minería, se suma el concepto de generar un plan minero a nivel divisional. Esto repercute en la temporalidad y metodología de las actividades desarrolladas.

La metodología de gestión de la información propuesta abarca los conceptos de tipo de minería, etapas necesarias para ejecutar el plan minero, actores y responsables que realizan las actividades, inputs y outputs que deben ingresar o resultar en cada una de las etapas.

En primer lugar, se identifica la metodología para generar el plan minero. Posteriormente se definen las etapas principales que dan sustento a dicho plan, y se caracteriza el proceso a través de un mapeo que permite incorporar mecanismos de aprobación y validación. Para el caso de las divisiones que poseen ambos tipos de minería se incorpora un mecanismo para que el flujo se conecte. A partir de las macro etapas, se definen las actividades claves a desarrollar, esto permite identificar la información de entrada que se necesita y los entregables que deben resultar.

A partir de un flujo claro y consistente es posible confeccionar una herramienta computacional que cumpla con los requisitos solicitados. En este caso, un equipo externo materializa el mapa de procesos y programa la plataforma Workflow.

El respaldo de información está sujeto a dos grandes variables, el tiempo de ejecución de cada etapa y la publicación de documentos (catalogación). Se entiende por lo último, la capacidad que tiene el planificador para subir los archivos en las casillas correspondientes. La primera variable busca cuantificar la temporalidad de las etapas y a su vez determina que actor del flujo es el que más demora la continuidad del proceso. Por otro lado, la catalogación toma en consideración la trazabilidad de la información, una mala acción al clasificar los documentos se traduce en duplicidad, ausencia o desconocimiento.

Ambas variables son cuantificadas y dan origen al indicador denominado “Porcentaje de éxito del proceso de respaldo”, se aplica a las seis divisiones, desde la primera etapa (Conciliación de la Información Base) hasta la tercera (Diseño de fases minero), obteniendo las siguientes conclusiones:

- La correcta definición del diseño conceptual mejora la trazabilidad, formalidad y oportunidad de la información, sumado a la implementación de la herramienta computacional se potencia el manejo documentos y/o archivo que son el sustento del plan minero. Este conjunto ayuda a disminuir los reprocesos, aumenta la capacidad de análisis de los planes, asegura el respaldo de los planes mineros, y mejora el nivel de gestión en las divisiones.
- Se logra definir la información relevante para cada etapa, de manera de representar el proceso y asegurar la robustez del plan en cada etapa.
- Se identifica correctamente la información, documentos y archivos que resultan de cada etapa. Sin embargo, se debe trabajar con los involucrados directos en el proceso para mejorarlo.
- En cuanto al respaldo de la información, se comprueba que existe un gran desfase entre la publicación (planificador), aprobación (GRM) y validación de la información (GDDN). Hay que revisar los plazos de revisión y validación de las etapas.
- El sistema (Workflow) propuesto permite el acceso expedito a la información de cada etapa del proceso. Además, cuenta con un acceso principal que muestra el estado actualizado de cada una de las divisiones. Esta función, permite aplicar gestión a nivel corporativo, otorgando la posibilidad de administrar mejor los recursos existentes en la compañía. En la Figura 7.1 se muestra el Home de acceso principal con el estado de las divisiones de la Corporación.
- Para esta primera etapa no se propuso nombre para los documentos que sube cada planificador, por lo que al momento de levantar la información que existe

en cada archivo en algunas ocasiones el nombre asignado no corresponde al contenido de dicho documento.

- El indicador es implementado para medir el desempeño de cada división, no es correcto realizar una comparación entre faenas, debido a que no se incorporan las grandes diferencias que existen entre ellas (producción, recursos, etc).
- Dentro de las limitaciones del indicador figura que no tiene punto de comparación (línea base), debido a que es la primera vez que se respalda el plan minero a través del Workflow. Los resultados obtenidos este año pasan a ser la primera meta por superar en las próximas iteraciones y la proyección realizada para cada división es realizada tomando en consideración los puntos bajos y que son perfectibles a futuro tales como: ajuste con respecto al plazo de entrega de los documentos y en menor medida la incorporación de la información que no se respalda en este proceso.

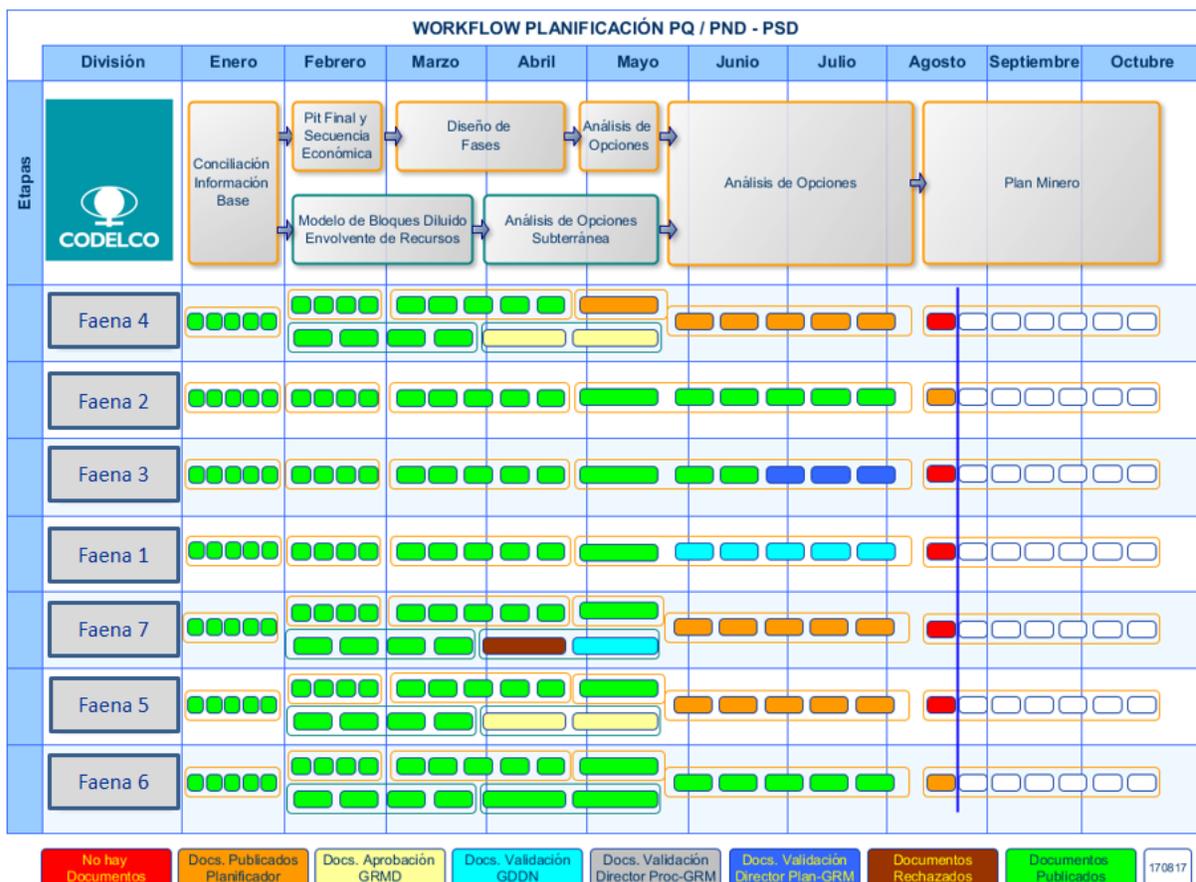


Figura 7.1 Home Principal de acceso actualizado al mes de Agosto

Finalmente, la metodología propuesta puede ser aplicada a cualquier compañía minera considerando que los procesos que utilizan para generar el plan minero son

diferentes. Es decir, las etapas propuestas en esta memoria de título son formuladas para el ciclo de planificación minero de Codelco, por lo que cualquier replicabilidad por parte de otra empresa debe incorporar los procesos internos que utilizan para la planificación a largo plazo.

7.2 Recomendaciones

Como primera recomendación se propone que la metodología utilizada en este trabajo se replique en otras áreas, de manera que toda la información que sustenta a la minería pueda ser trazable y de fácil acceso, esto permite que todos los actores que componen el ciclo minero, pero que trabajan en unidades distintas, tengan la posibilidad de conocer a cabalidad el proceso.

Adicionalmente, se propone organizar una mesa de trabajo que reúna a los planificadores de las divisiones para que de forma consensuada se definan propuestas de mejora, la revisión debería considerar al menos el siguiente alcance:

➤ Flujo:

- Redefinir el mapa del proceso general considerando la calendarización de actividades de la compañía.
- Se debe implementar la conexión entre el Workflow de planificación con los que se están desarrollando en las áreas que son la base para formular el plan minero (Bases Geominero-metalúrgicas).
- En base a la ejecución del punto anterior, redefinir el alcance de la primera etapa Conciliación información Base para evitar duplicidad de actividades.
- Estudiar el flujo subterráneo, ya que la etapa Opciones Subterránea puede ser malinterpretada y producir duplicidad de información en etapa posterior Análisis de Opciones.
- Se debe reestructurar la conectividad en las faenas que operan rajo-subterránea, debido a que la etapa común análisis de opciones no puede comenzar si no se han cerrado los flujos independientes.
- Revisar y simplificar el proceso de captura de información.

➤ Etapas:

- Definición si las etapas estandarizadas cumplen con la transversalidad de la compañía.

- Conciliar el nombre, alcance y detalle de los entregables; priorizando y potenciando la nota técnica. La idea es compartir mejores prácticas entre divisiones para llegar a un concepto común.
- Actores involucrados:
- Revisar el rol de cada actor: se genera duplicidad entre el rol del GRMD y el GDDN, ya que debería bastar con la validación de alguno de ellos. Eso ayudaría a disminuir el desfase temporal existentes en los procesos de aprobación y/o validación.
 - Tiempos de revisión de la GDDN: podría formularse una revisión durante el tiempo con resultados parciales, de manera que disminuya el tiempo de validación de información. De esta manera se puede organizar a través de un calendario el trabajo con las divisiones.

En cuanto al sistema Workflow, sería de gran utilidad estudiar la posibilidad de:

- Incluir opción para generar reportabilidad del estado de las divisiones de manera detallada. Esta medida permitiría observar de manera rápida y eficiente que información se encuentra pendiente y quién es el encargado de publicarla.
- Incorporar facultad para que la GRM ingrese comentarios sobre las actividades que ejecutan las actividades.
- Actualizar la información de etapas ya cerradas, no sobrescribir los archivos existentes, sino que desarrollar opción para que se pueda complementar la información existente con la autorización previa de quien corresponda.
- Derivar actividades, esto enmarcado en el concepto de que el GRMD puede asignar a una persona para que recopile información y publique en el sistema. Esto podría fomentar la participación directa de los encargados de generar dicha documentación y al mismo tiempo disminuye la responsabilidad sobre el planificador.

Finalmente es de suma importancia definir a un encargado de proporcionar soporte técnico a la herramienta computacional, que pueda resolver inquietudes y ejecutar estas propuestas de mejora.

Por otra parte, en la medida de que la herramienta vaya mejorando su utilización, podría ser una gran medida apuntar a la estandarización de softwares mineros para las divisiones, potenciando la mirada integral que está desarrollando la Corporación.

CAPÍTULO VIII

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Andrades Contreras, R. (2016). Estandarización del proceso planificación minera del presupuesto (revisión 0) División El Teniente-Codelco Chile. Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/14105>
2. Armijo, M. (2010) Lineamientos metodológicos para la construcción de indicadores de desempeño. Disponible en <http://cepal.org/ilpes>
3. Brown, E T, 2003. Block Caving Geomechanics. JKMRRC Monograph Series on Mining and Mineral Processing. Vol 3, 515 p. Julius Krsuttschnitt Mineral Centre, University of Queensland: Brisbane.
4. Cerda Zamudio, C. (2016).Análisis de riesgo asociado a incertidumbre operacional en planes mineros para minería a cielo abierto. Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/143123>
5. De Velasco, J. A. P. F. (2009). Gestión por Procesos. Esic Editorial.
6. Dimitrakopoulos R. (2011). “Stochastic optimization for strategic mine planning: A decade of developments”. Journal of Mining Science, Vol. 47, No. 2, p. 138-150.
7. Galloway, D. (2002). Mejora continua de procesos. Gestión 2000.
8. Ibm.com (2017). IBM Knowledge Center. [online] Disponible en: https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SSEPGG_8.2.0/com.ibm.db2.udb.doc/admin/c0004099.htm [Consulta: 26 de abril de 2017]
9. Kondo, Y. (1994). Control de la calidad en toda la compañía: sus antecedentes y su desarrollo.
10. Le-Feaux, R., Galdames, B. & Vásquez, A. (1998). Apunte preliminar diseño y operaciones de minas a cielo abierto. Santiago, Universidad de Chile.
11. Magñin, J. M. (2002). Reformulación de una planificación Minera de Largo Plazo en una Mina a Rajo Abierto. Universidad de Chile
12. Mayer Z, Kazakidis V. (2007). “Decision making in flexible mine production system design using real options”. Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 133, No. 2, p. 169-180.

13. Ministerio de Minería. (4 de julio de 2012) Artículo 32. [Título V]. Modifica y fija texto refundido de los estatutos de la Corporación Nacional del Cobre de Chile-Codelcot. [Decreto 3]. ID: 1041520.
14. Newman A.M, Rubio E., Caro R., Weintraub A. (2007), A Review of Operations Research in Mine Planning, Workshop on Operations Research in Mining. pp. 1-13
15. Rubio, E., Cáceres, C., Scoble, M. (2004). Towards an integrated approach to block cave Planning. Proceedings of MassMin, pp. 128-134.
16. Rubio E., (2006). Block cave mine infrastructure reliability applied to production planning. Thesis (Ph. D.). Vancouver, Canada. The University of British Columbia. The Faculty of Graduate Studies (Mining Engineering)
17. Rudloff, B. (2013). “Metodología de valorización con opciones reales de secuenciamiento minero bajo incertidumbre”. Tesis de Magíster en Minería. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile
18. Quiroz, L. C. (1982). Un modelo de Planificación Minera a Largo Plazo para un rajo abierto. Memoria para optar al título e ingeniero Civil de Minas, Universidad de Chile.
19. Sepúlveda, G., Branch, J. y Jaramillo P. (2012). “Planeamiento de minas a cielo abierto mediante optimización estocástica”. Boletín de Ciencias de la Tierra. No. 31, Medellín, ISSN 0120 – 3630, p. 107-113.
20. V. C. de Proyectos, Informe de principales decisiones, Codelco Chile, Rev. P, 2009.
21. Vergara Pérez, Y. (2014). Altura de columna en block/panel caving. Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/13105>

ANEXOS

Anexo A

Proceso Rev-0 Plan Mina

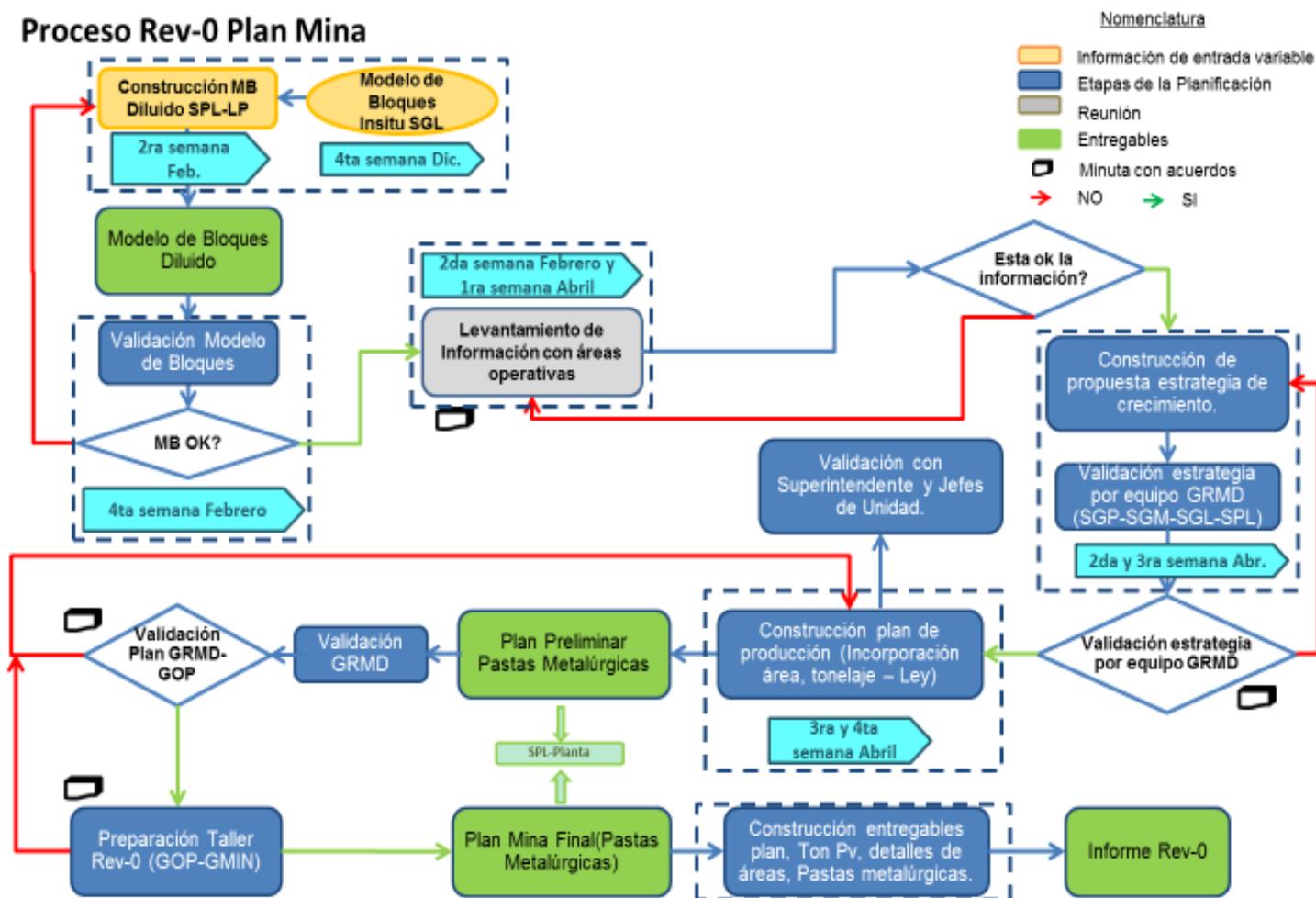


Figura A 0.1 Descripción del proceso de estandarización en la división el Teniente.

Anexo B Calendario de etapas y actividades del Ciclo de Planificación

Tabla B 0-1: Calendario detallado de etapas y actividades del Ciclo de Planificación- Parte 1

CICLO DE PLANIFICACIÓN MINERA	Comienzo	Fin	Enero '17		Febrero '17				Marzo '17				Abril '17				Mayo '17			Junio '17								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1 Conciliación Información Base	02-ene-17	10-feb-17	[Gantt chart for 1 Conciliación Información Base]																									
Plan de producción 2016	02-ene-17	10-feb-17	[Gantt chart for Plan de producción 2016]																									
Revisión Modelo de Bloques	02-ene-17	25-ene-17	[Gantt chart for Revisión Modelo de Bloques]																									
Revisión Bases Geotécnicas	02-ene-17	25-ene-17	[Gantt chart for Revisión Bases Geotécnicas]																									
Revisión Modelo Procesos	02-ene-17	25-ene-17	[Gantt chart for Revisión Modelo Procesos]																									
Conciliación costos XERAS v/s SaP-BPC	02-ene-17	10-feb-17	[Gantt chart for Conciliación costos XERAS v/s SaP-BPC]																									
Revisión Modelo de Costos	02-ene-17	10-feb-17	[Gantt chart for Revisión Modelo de Costos]																									
Aprobación GRMD		10-feb-17	[Gantt chart for Aprobación GRMD]																									
Validación GDDN	10-feb-17	20-feb-17	[Gantt chart for Validación GDDN]																									
Comentarios GRM	20-feb-17	06-mar-17	[Gantt chart for Comentarios GRM]																									
2 Optimización Económica			[Gantt chart for 2 Optimización Económica]																									
2.1 Pit Final y Secuencia			[Gantt chart for 2.1 Pit Final y Secuencia]																									
Pit Final y Secuencia Económica	10-feb-17	06-mar-17	[Gantt chart for Pit Final y Secuencia Económica]																									
Aprobación GRMD	17-feb-17	06-mar-17	[Gantt chart for Aprobación GRMD]																									
Validación GDDN	06-mar-17	07-mar-17	[Gantt chart for Validación GDDN]																									
Comentarios GRM	08-mar-17	22-mar-17	[Gantt chart for Comentarios GRM]																									
2.2 M. Bloques Diluido y Env. Recursos			[Gantt chart for 2.2 M. Bloques Diluido y Env. Recursos]																									
Construcción Modelo de Bloques Diluido	10-feb-17	07-abr-17	[Gantt chart for Construcción Modelo de Bloques Diluido]																									
Aprobación GRMD	17-feb-17	07-abr-17	[Gantt chart for Aprobación GRMD]																									
Validación GDDN	07-abr-17	10-abr-17	[Gantt chart for Validación GDDN]																									
Comentarios GRM	11-abr-17	21-abr-17	[Gantt chart for Comentarios GRM]																									
3 Diseño Minero			[Gantt chart for 3 Diseño Minero]																									
3.1 Diseño de Fases			[Gantt chart for 3.1 Diseño de Fases]																									
Diseño de fases con análisis marginal	08-mar-17	28-abr-17	[Gantt chart for Diseño de fases con análisis marginal]																									
Aprobación GRMD	08-mar-17	26-abr-17	[Gantt chart for Aprobación GRMD]																									
Validación GDDN	26-abr-17	27-abr-17	[Gantt chart for Validación GDDN]																									
Comentarios GRM	02-may-17	12-may-17	[Gantt chart for Comentarios GRM]																									
3.2 Análisis de Opciones Subterránea			[Gantt chart for 3.2 Análisis de Opciones Subterránea]																									
Definición y Análisis de Escenarios	07-abr-17	15-jun-17	[Gantt chart for Definición y Análisis de Escenarios]																									
Secuencia de Crecimiento y Oferta	07-abr-17	28-abr-17	[Gantt chart for Secuencia de Crecimiento y Oferta]																									
Aprobación GRMD	01-may-17	15-jun-17	[Gantt chart for Aprobación GRMD]																									
Aprobación GRMD	15-jun-17	19-jun-17	[Gantt chart for Aprobación GRMD]																									

Anexo C: Escenarios para el manejo de materiales

A continuación, se muestra un ejemplo del abanico de escenarios que existe en el manejo de materiales.

Tabla C 0-3 Abanico de Escenarios Base de Sistemas de Manejo de Materiales

Transporte Secundario/ Traspasi Nivel de Producción	Transporte Intermedio de Mineral Grueso	Chancado Primario	Transporte Intermedio de Mineral Fino	Transporte Principal de Mineral Fino a Superficie	Transporte Principal de Mineral Fino en Superficie
LHD	Camión-Ferrocarril	Centralizado	Correa Transportadora	Correa Transportadora	Correa Transportadora
				Skip	Correa Transportadora-Camión
	Camión-LHD (7yd3) Panzer	Distribuido	Correa Transportadora	Correa Transportadora	Correa Transportadora
				Skip	Correa Transportadora-Camión
		Local	Correa Transportadora	Correa Transportadora	Correa Transportadora
				Skip	Correa Transportadora-Camión

Anexo D: Variantes de hundimiento en Panel Caving

Debido a los esfuerzos inducidos (abutment stress) generados por los distintos desarrollos en este método, se generan distintas zonas de concentración de esfuerzos. A partir de la Figura D 0.2 es posible distinguir una zona de relajación justo debajo de la zona donde se ha comenzado la socavación, donde se observa una disminución de la magnitud de los esfuerzos. Posterior a la zona donde se ha comenzado con la socavación, se observa una zona de transición (zona de abutment stress) donde la magnitud de los esfuerzos aumenta. Por último, se observa una zona de pre-minería donde los esfuerzos no se ven afectados por los desarrollos.

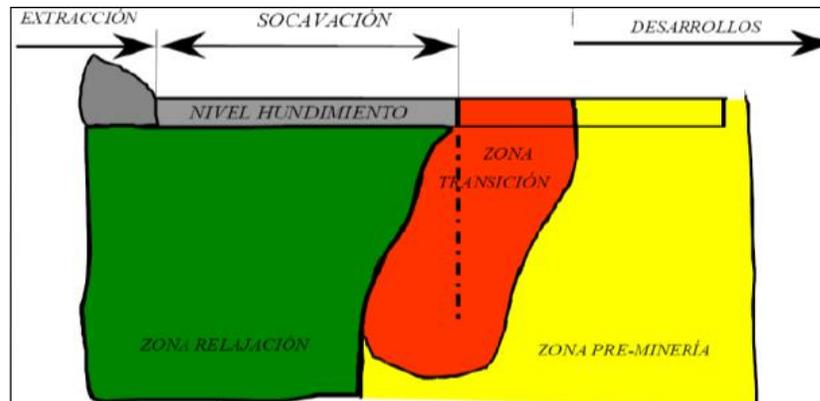


Figura D 0.2 Zonas de concentración de esfuerzos.

El avance del frente de socavación debe ser continuo, para evitar que la infraestructura de los distintos niveles se encuentre expuesta a zonas de abutment stress por tiempos prolongados, evitando posibles daños a la infraestructura. Existen distintas variantes de hundimiento que interactúan con la zona de abutment stress de manera diferente.

Hundimiento Convencional

El hundimiento convencional consiste en tronar el nivel de hundimiento, una vez todos los desarrollos y construcciones del nivel de producción han sido terminados. Esta variante de hundimiento se caracteriza por tener una mayor productividad debido a que existe una menor interferencia con la operación al tener el nivel de producción terminado. Sin embargo, tiene un mayor costo financiero y existe un mayor daño en la infraestructura debido al paso del frente de socavación y zona de transición a través del nivel de producción.

Por lo general el hundimiento convencional cuenta con la siguiente secuencia constructiva:

1. Se desarrollan las calles y zanjas delante del frente de socavación.
2. Se construyen una línea de bateas dejando una losa como piso del UCL.
3. Se perfora la siguiente línea de bateas.
4. Se socava con perforaciones radiales para romper la losa.
5. Se inicia extracción

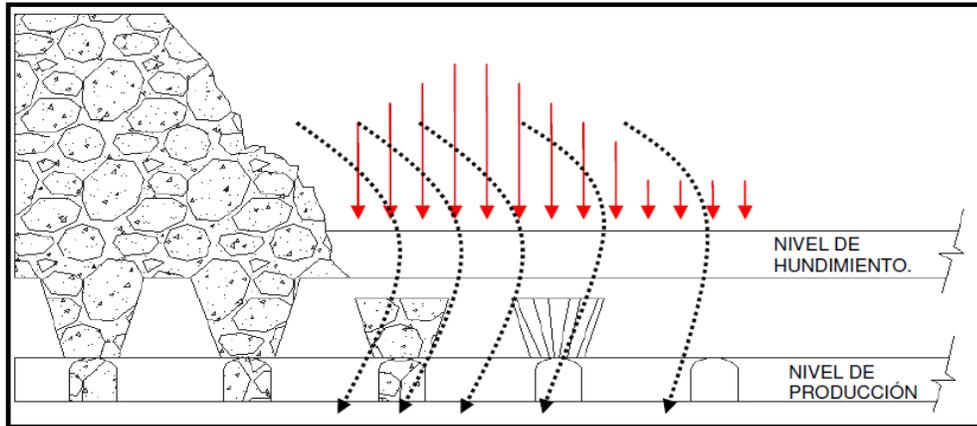


Figura D 0.3 Hundimiento Convencional.

Hundimiento Previo

El método de hundimiento previo es en el cual no existen desarrollos o construcciones en el nivel de producción, antes de que el nivel de hundimiento haya sido tronado. Si bien esto significa un menor costo financiero y una mayor disponibilidad del nivel de producción, tiene una menor productividad al generarse interferencias con la operación. Al desarrollar el nivel de producción en zona de relajación, existirá un menor daño en la infraestructura del nivel de producción, ya que no sufre el paso del frente de socavación (abutment stress).

Por lo general se cuenta con la siguiente secuencia constructiva:

1. Se socava, permite el uso de socavación baja.
2. Se desarrolla y construye el NP en zona de relajación.
3. Se inicia extracción

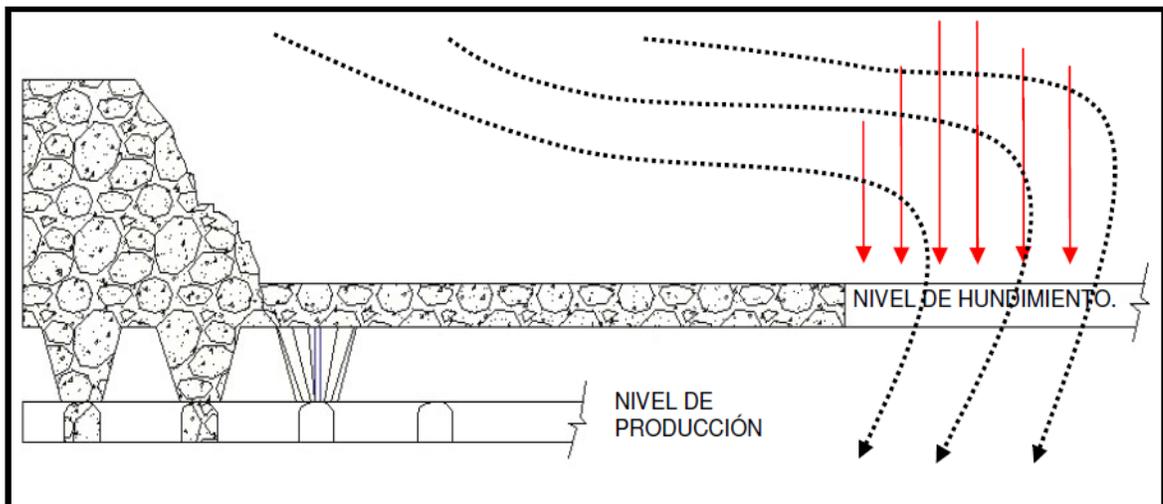


Figura D 0.4 Hundimiento Previo.

Hundimiento Avanzado

El método de hundimiento avanzado fue introducido con el objetivo de reducir la exposición de los puntos de extracción a zonas de abutment stresses inducidas como resultado del paso del frente de socavación. En este caso se tiene una productividad media, donde se desarrolla y construye parcialmente el nivel de producción, antes del paso del frente de socavación. Se diferencia del método de hundimiento convencional porque no se construyen zanjas por delante del frente. En cambio, se diferencia del método de hundimiento previo porque a lo menos se desarrollan las calles del nivel de producción, delante del frente.

Por lo general el hundimiento avanzado cuenta con los siguientes desarrollos y construcciones relevantes:

- Armada de Zanja
- Zanjas
- Conexión de Zanja
- Punto de Extracción

Secuencia constructiva:

1. Se desarrollan las calles delante del frente de socavación.
2. Se socava con socavación baja, se debe mantener una pestaña delante del frente de extracción.
3. Se desarrollan y construyen los desarrollos y construcciones relevantes.
4. Se inicia extracción

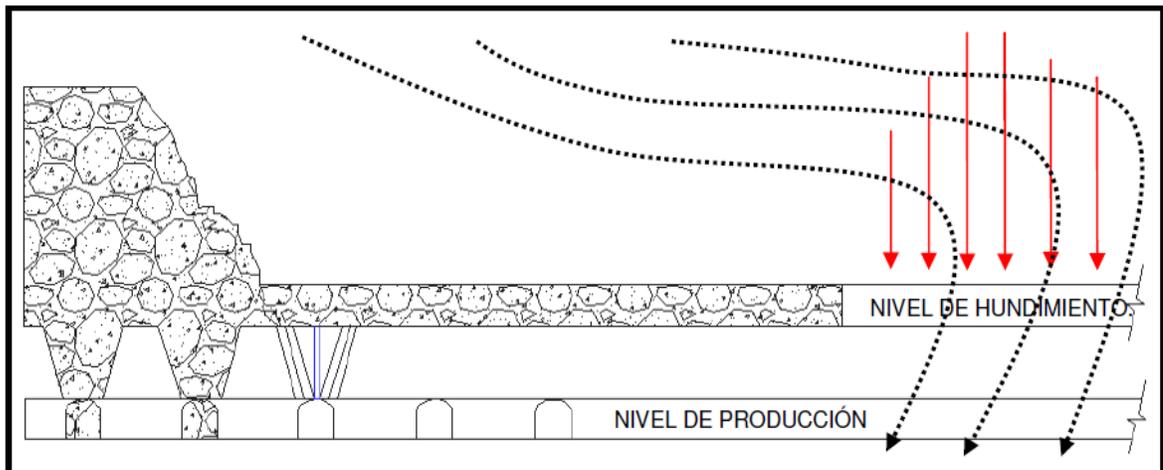


Figura D 0.5 Hundimiento Avanzado

Anexo E: Esquema general del proceso de Planificación

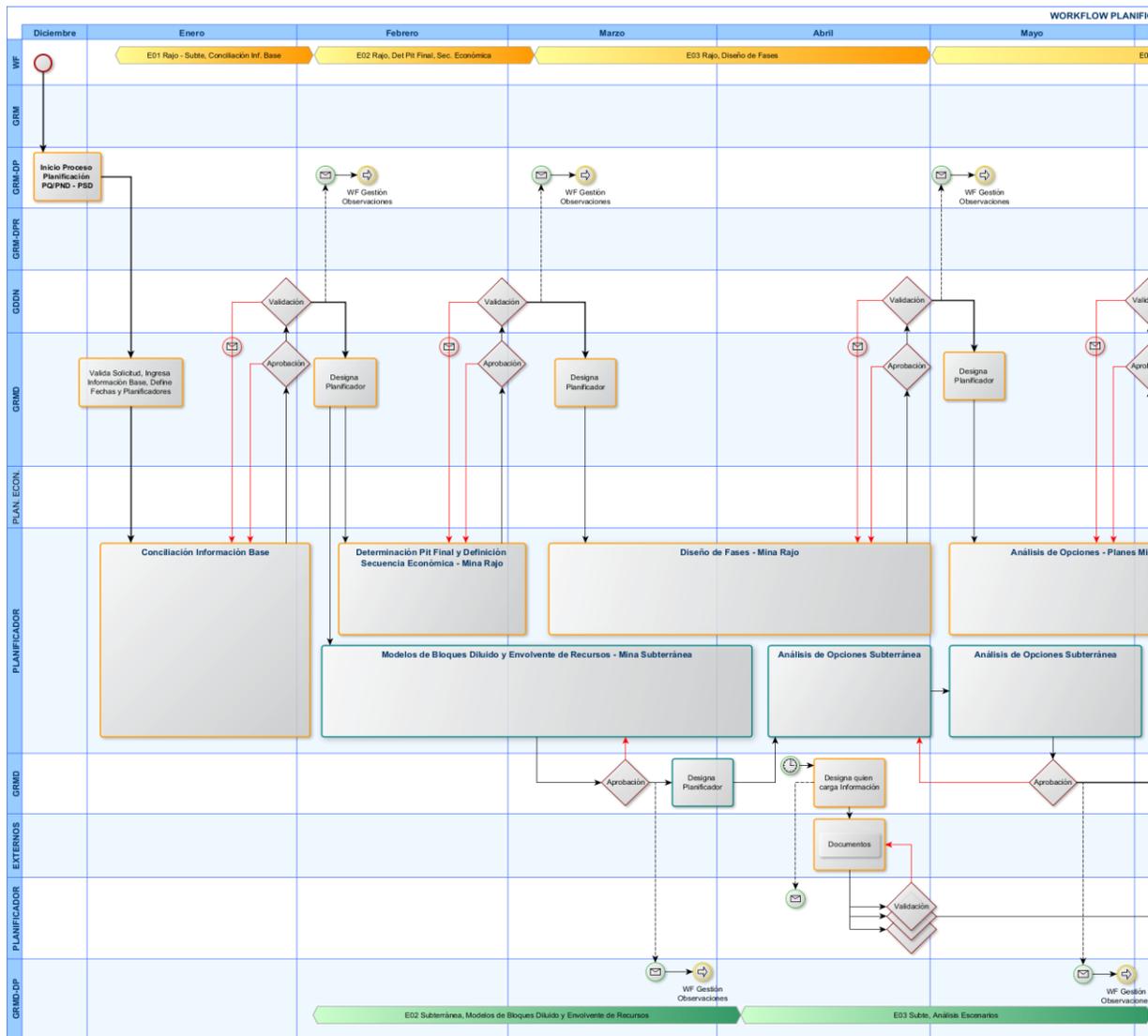


Figura E.6 Esquema general del proceso de Planificación-Parte 1

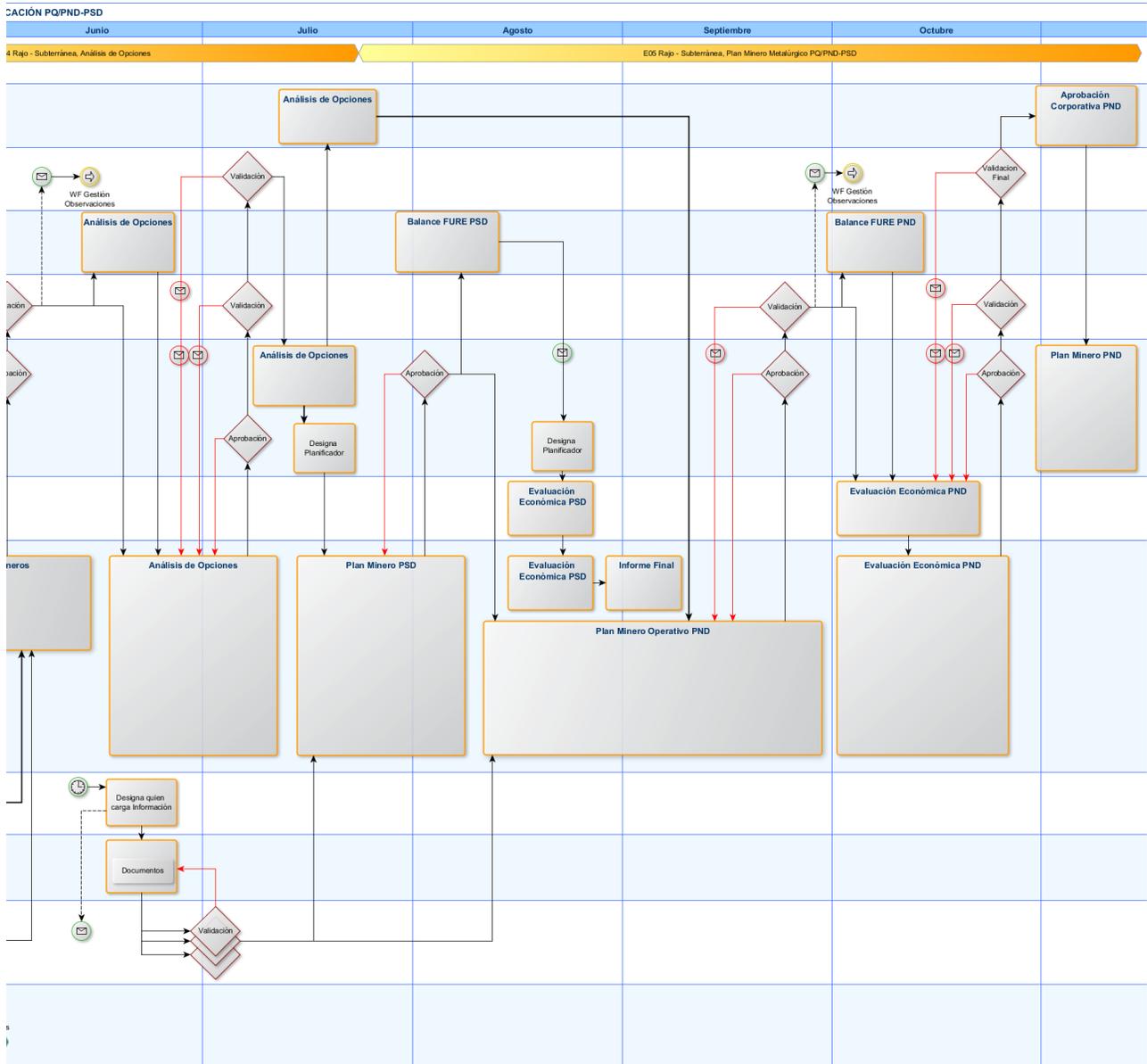


Figura E 0.7 Esquema general del proceso de Planificación- Parte 2

Anexo F: Resultados Cumplimiento en fecha (X)

Se presenta en las tablas siguientes la información recopilada en cuanto al cumplimiento. La primera tabla muestra la fecha en la que cada actor (por división y etapa) participó en el proceso, mientras que la segunda refleja las semanas de atraso en las que incurrió cada uno con respecto al plazo de la etapa.

Tabla F 0-4 Fechas de publicación, validación y aprobación de las etapas.

División	Faena1	Faena2	Faena3	Faena4	Faena5	Faena6	Plazo
Etapa 1: Conciliación Información Base							
Planificador	10-Feb	10-Feb	10-Feb	10-Feb	10-Feb	10-Feb	10-Feb-17
GRMD	10-Feb	17-Feb	17-Feb	14-Mar	17-Feb	17-Feb	
GDDN	27-Feb	27-Feb	27-Feb	29-Mar			
Etapa 2							
Pit Final y Secuencia Económica							
Planificador	10-May	29-Mar	27-Abr	25-Abr	29-May	30-May	6-Mar-17
GRMD	11-May	27-Abr	10-May	27-Abr	29-May	29-Mar	
GDDN	22-May	4-May	30-May	22-May			
Modelo de bloques diluido y envolvente de recursos							
Planificador				29-May	28-Abr	29-May	7-Apr-17
GRMD				30-May		30-May	
GDDN							
Etapa 3							
Diseño de fases							
Planificador	29-May	16-May	20-Jul	29-May	28-May	29-May	28-Apr-17
GRMD	29-May	16-May	20-Jul	30-May	30-May	30-May	
GDDN	19-Jun	22-Jun					

Tabla F 0-5 Semanas de retraso con respecto al plazo estipulado

División	Faena1	Faena2	Faena3	Faena4	Faena5	Faena6
Etapa 1: Conciliación Información Base						
Planificador	0	0	0	0	0	0
GRMD	0	0	1	4	1	1
GDDN	3	3	3	8		
Etapa 2						
Pit Final y Secuencia Económica						
Planificador	9	3	7	7	3	11
GRMD	9	7	9	7	3	11
GDDN	11	8	12	11		
Modelo de bloques diluido y envolvente de recursos						
Planificador				7	2	7
GRMD				7		7
GDDN						
Etapa 3						
Diseño de fases						
Planificador	4	2	12	4	0	4
GRMD	4	2		4	0	4
GDDN	7	5				

Anexo G: Resultados Catalogación de Información (Y)

Tabla G 0-6 Catalogación de documentos de salida por división y etapa

	Ponderación	100%	80%	60%	0%		
Etapa	División	Catalogado Único	Catalogado Duplicado	Mal Catalogado	No existe documento	Total	VALOR
E1: Conciliación Información	Faena 1	9	0	0	0	9	100%
	Faena 2	9	0	0	0	9	100%
	Faena 3	8	0	0	1	9	89%
	Faena 4	9	0	0	1	10	90%
	Faena 5	6	0	0	4	10	60%
	Faena 6	10	0	0	0	10	100%
	Total	51	0	0	6	57	89%
E2 Rajo	Faena 1	2	1	4	2	9	58%
	Faena 2	3	0	3	3	9	53%
	Faena 3	9	0	0	0	9	100%
	Faena 4	3	2	0	4	9	51%
	Faena 5	6	1	2	0	9	89%
	Faena 6	7	0	0	2	9	78%
	Total	30	4	9	11	54	71%
E2 Subte	Faena 4	1	0	0	4	5	20%
	Faena 5	4	0	1	0	5	92%
	Faena 6	4	0	0	1	5	80%
	Total	9	0	1	5	15	64%
E3 Rajo	Faena 1	7	0	1	1	9	84%
	Faena 2	8	0	0	1	9	89%
	Faena 3	8	0	0	1	9	89%
	Faena 4	5	0	0	4	9	56%
	Faena 5	4	2	1	2	9	69%
	Faena 6	7	0	1	1	9	84%
	Total	39	2	3	10	54	79%
E3 Subte	Faena 5	3	0	0	2	5	60%
	Faena 6	4	0	1	0	5	92%
	Total	7	0	1	2	10	76%