



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

APLICACIÓN DEL MODELO DE OPERACIÓN CORPORATIVO EN TRABAJOS  
PIONEROS DONOSO 2, OPERACIÓN LOS BRONCES, ANGLO AMERICAN  
CHILE.

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERA CIVIL DE MINAS

**KATHERINE VANESSA MUÑOZ TORRES**

PROFESOR GUÍA:  
JUAN DANILO CATALÁN ROJAS

PROFESOR CO-GUÍA:  
AGUSTÍN CABAÑAS CABAÑAS

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
PATRICIO QUIROGA FERRUZ

SANTIAGO DE CHILE  
2020

## **APLICACIÓN DEL MODELO DE OPERACIÓN CORPORATIVO EN TRABAJOS PIONEROS DONOSO 2, OPERACIÓN LOS BRONCES, ANGLO AMERICAN CHILE.**

Los Bronces, perteneciente a la compañía Anglo American es una mina a rajo abierto productora de cobre y molibdeno ubicada en la región metropolitana de Chile. El aporte que realiza proviene de 2 fases productivas. Se estima que en 2022 una de ellas deja de aportar al plan establecido y que una nueva fase entra en producción, Donoso 2 (D2). Para ello se deben realizar una serie de proyectos de desarrollo que permitan establecer las condiciones necesarias para la futura extracción de mineral. Uno de los proyectos es Pioneros Donoso 2, que se basa en la creación de plataformas en bancos sucesivos en la zona más alta de la fase.

Por otro lado, producto de presentar activos catalogados con desempeños inestables e inferiores a su potencial, Anglo American decide implementar un Modelo de operación (AOM) que otorgue prácticas de gestión secuenciales que permitan llegar a la máxima efectividad por medio de la estabilización de procesos y la reducción de su variabilidad. Su aplicación ha demostrado incidencia positiva en el cumplimiento de planes en áreas de trabajo y la reducción de variabilidad entre movimientos de material planificado y real. Bajo este contexto, se ve la necesidad de aplicar el Modelo de operación a los trabajos de Pioneros con el objetivo de replicar las mejoras alcanzadas en otras fases e impedir impactos que pueda provocar su no aplicación. Para ello, en primera instancia se realiza un diagnóstico del estado actual de la fase con el uso de herramientas de carácter cualitativo y cuantitativos que entregan una medición de aplicación del AOM, algunas definidas por la compañía y otras desarrolladas a lo largo de este trabajo.

Tras la selección y aplicación de parte de los trabajos pioneros y su posterior análisis con el uso de las herramientas de medición definidas, se determina que gran parte de los trabajos a realizar son completados a pesar de no ser programados, desencadenando el cumplimiento fuera de los plazos requeridos. Dentro de los factores principales asociados a estos resultados, se encuentra el dinamismo de la mina que origina trabajos imprevistos que requieren el uso de recursos que ya se encuentran asignados provocando desviaciones dentro del programa; la deficiente interacción y comunicación de las partes involucradas en la planificación, programación y ejecución de trabajos, así como la adecuada aplicación de la etapa de Planificación, que actúa como el proceso limitante de todo el sistema, impidiendo un correcto avance según el estándar establecido por la compañía para la aplicación del AOM.

Finalmente se comparan escenarios bajo el supuesto sustentado de que la nula o parcial aplicación del AOM afecte a los tiempos de ejecución de los trabajos que forman parte de los requerimientos para proporcionar las condiciones necesarias para la ejecución del contrato de movimiento de tierra y el impacto a nivel económico que provoca tanto a corto como a mediano plazo. Comparaciones entre el caso óptimo y el de más retraso generan diferencias que superan los 2.45 MUSD en corto plazo.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1. MOTIVACIÓN .....	1
1.2. OBJETIVOS.....	2
1.3. ALCANCES .....	3
1.4. METODOLOGÍA .....	3
<b>CAPITULO 2: ANTECEDENTES</b> .....	<b>6</b>
2.1. ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA .....	6
2.2. ANTECEDENTES DE LA MINA .....	7
2.2.1. Generalidades .....	7
2.2.2. Producción.....	8
2.2.3. Recursos y Reservas Minerales .....	8
2.2.4. Configuración Mina.....	10
2.2.5. Descripción General Del Proceso.....	11
2.2.6. Organigrama Y Dotación De Personal.....	12
2.2.7. Flota de Equipos.....	12
2.2.8. Planificación.....	13
2.2.9. Donoso 2 .....	14
2.3. GEOLOGÍA DEL YACIMIENTO .....	17
2.3.1. Generalidades .....	17
2.3.2. Litologías .....	17
2.3.3. Mineralización.....	19
<b>CAPITULO 3: MARCO CONCEPTUAL</b> .....	<b>20</b>
3.1. MODELO DE OPERACIÓN: UN SISTEMA DE GESTIÓN .....	20
3.2. MODELO DE OPERACIÓN DE ANGLO AMERICAN (AOM).....	22
3.2.1. Bases del Modelo de operación.....	23
3.2.2. Teoría del Modelo de operación .....	24
3.2.3. Diseño del Modelo de operación .....	25
3.2.4. Gestión del Trabajo.....	27
3.3. HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN LA APLICACIÓN DEL AOM.....	35
3.3.1. MineSight Atlas.....	35
3.3.2. SAP AOP.....	35
<b>CAPITULO 4: MEDICIÓN DE LA APLICACIÓN DEL AOM</b> .....	<b>36</b>
4.1. KPI'S GESTIÓN DEL TRABAJO AA.....	36
4.1.1. Trabajo Correcto.....	36
4.1.2. Tiempo correcto.....	37
4.1.3. Programación .....	38
4.2. INDICADORES CUALITATIVOS.....	39
4.3. METODOLOGÍA MT .....	40

<b>CAPITULO 5: DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL.....</b>	<b>45</b>
5.1. AOM EN FASES PRODUCTIVAS .....	45
5.2. AOM EN FASE DONOSO 2 .....	46
5.2.1. Inicio y data de aplicación del AOM en Donoso 2.....	46
5.2.2. Contingencia Fase Donoso 2.....	51
<b>CAPITULO 6: APLICACIÓN DEL AOM A PIONEROS DONOSO 2.....</b>	<b>55</b>
6.1. ACCESO PIONEROS DONOSO 2.....	57
6.1.1. Evaluación Geomecánica del Camino Pioneros D2 .....	57
6.1.2. Evaluación de Nivelología del Acceso.....	58
6.1.3. Saneamiento Manual.....	59
6.1.4. Trabajos de estandarización camino Pioneros D2.....	62
6.1.5. Medición de aplicación global .....	64
6.2. TRABAJOS EN PLATAFORMA 3940.....	65
6.2.1. Retiro de infraestructura de comunicación.....	65
6.2.2. Ensanche acceso a plataforma.....	67
6.2.3. Medición de aplicación global .....	71
6.3. TRABAJOS ELÉCTRICOS.....	72
6.3.1. Retiro y traslado de infraestructura eléctrica.....	72
6.3.2. Construcción de zanja camellón para paso del tendido eléctrico .....	74
6.3.3. Tendido de cable desde torre en 4000 .....	75
6.3.4. Medición de aplicación global .....	77
6.4. RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS.....	78
<b>CAPITULO 7: IMPACTO DE LA APLICACIÓN DEL AOM A PIONEROS DONOSO 2 .....</b>	<b>80</b>
7.1. PROYECTO PIONEROS DONOSO 2.....	80
7.2. EVALUACIÓN UTILIZACIÓN CONTRATO VS EQUIPOS PROPIOS .....	81
7.3. IMPACTO DE APLICACIÓN.....	82
7.3.1. Costo diario de detención .....	82
7.3.2. Impactos a corto plazo.....	84
7.3.3. Impactos a mediano plazo.....	86
<b>CAPITULO 8: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>89</b>
<b>CAPITULO 9: BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>93</b>
<b>CAPITULO 10: ANEXOS .....</b>	<b>95</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipo de material trabajado en Los Bronces.....	9
Tabla 2: Recursos y reservas de cobre (LB).....	9
Tabla 3: Parámetros de diseño Rampa D2 vigente. ....	16
Tabla 4: Etapas de alteración y mineralización de los Bronces .....	19
Tabla 5: Indicadores Cualitativos .....	40
Tabla 6: Criterios de Asignación de puntaje Metodología MT.....	41
Tabla 7: Metodología MT .....	42
Tabla 8: Rangos de acciones y elementos de las etapas de gestión del trabajo.....	43
Tabla 9: Medición del AOM en trabajos D2.....	50
Tabla 10: Carácter trabajos de estandarización.....	54
Tabla 11: Trabajos Pioneros Donoso 2.....	55
Tabla 12: KPI GT - Evaluación Geomecánica del Acceso Pioneros D2 .....	58
Tabla 13: Medida de aplicación AOM a saneamiento manual con metodología MT. ....	61
Tabla 14: KPI GT – Estandarización camino Pioneros D2.....	64
Tabla 15: KPI's AOM - Acceso Pioneros.....	65
Tabla 16: Porcentaje de aplicación de AOM a retiro de sistema de comunicación Metodología MT.....	67
Tabla 17: KPI GT - Ensanche acceso 3940.....	70
Tabla 18: KPI's AOM - Trabajos Plataforma 3940 .....	71
Tabla 19: KPI GT - Retiro infraestructura eléctrica .....	73
Tabla 20: KPI GT - Construcción Zanja Camellón trabajos eléctricos .....	75
Tabla 21: KPI GT - Tendido de cable eléctrico .....	77
Tabla 22: KPI's AOM - Trabajos Eléctricos .....	77
Tabla 23: Cuadro resumen de resultados obtenidos tras la aplicación del AOM.....	78
Tabla 24: Etapas limitantes de cada actividad de trabajos pioneros. ....	79
Tabla 25: Costo por hora de equipos Trabajos Pioneros (propios vs contrato) .....	81
Tabla 26: Costos diarios Equipos Stand By.....	83
Tabla 27: Costos Diarios Personal.....	83
Tabla 28: Costo mensual y total de Pioneros por escenario.....	85
Tabla 29: Costos Carguío y Transporte remanejo Stock D2 Budget 2020 - 2021 .....	86
Tabla 30: Impacto de retraso remanejo de material en butgets 2020- 2021 .....	88

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Plan de extracción por fase .....	13
Gráfico 2: Area compliance por año.....	45
Gráfico 3: Diferencia Expit Real vs ST.....	46
Gráfico 4: Tareas programadas vs Tareas cerradas.....	47
Gráfico 5: Tendencia Tareas cerradas y Reconciliación ST vs Real. ....	48
Gráfico 6: Distribución de Componentes análisis trabajos seleccionados. ....	50
Gráfico 7: Evaluación trabajos Pioneros .....	81
Gráfico 8: Costos totales por mes escenarios - Pioneros D2.....	85

## INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: KPI Trabajo Correcto.....	36
Ecuación 2: KPI Tiempo Correcto.....	37
Ecuación 3: KPI Efectividad de Programación.....	38
Ecuación 4: Medición de Aplicación AOM por acción en la etapa k.....	42
Ecuación 5: Medición de Aplicación del AOM en la etapa k.....	43
Ecuación 6: Porcentaje de cumplimiento del propósito de la acción i en la etapa k.....	43
Ecuación 7: Porcentaje de cumplimiento de la cantidad de la acción i en la etapa k.....	43
Ecuación 8: Porcentaje de cumplimiento de la calidad de la acción i en la etapa k.....	44
Ecuación 9: Medición de aplicación del AOM por elemento j en la etapa k.....	44
Ecuación 10: Medición de aplicación del AOM en base a elementos.....	44
Ecuación 11: Medición de aplicación AOM (igual ponderación de acciones).....	44
Ecuación 12: Medición de aplicación AOM (distinta ponderación de acciones).....	44

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1: Carta Gantt Memoria.....	5
Figura 2: Área de influencia Operación Los Bronces.....	7
Figura 3: Áreas presentes en el proceso de extracción de Mineral.....	10
Figura 4: Áreas presentes en el proceso de extracción de Material LIX.....	10
Figura 5: Diagrama de procesos Los Bronces.....	11
Figura 6: Fases activas y en desarrollo de Los Bronces.....	14
Figura 7: Generalidades Donoso 2.....	15
Figura 8: Depósitos temporales Donoso 2.....	15
Figura 9: Diseño Vigente Rampa D2.....	17
Figura 10: Mapa geológico Río Blanco-Los Bronces.....	18
Figura 11: Esquema y componentes base de un flujo de trabajo.....	21
Figura 12: Mejoras en estabilidad y capacidad Anglo American.....	22
Figura 13: Representación estadística de proceso inestable, estable y capaz.....	23
Figura 14: Diseño del Modelo de operación.....	25
Figura 15: Etapa de Planificación Operacional (AOM).....	26
Figura 16: Etapa de Gestión de Trabajo (AOM).....	26
Figura 17: Etapa de Retroalimentación (AOM).....	27
Figura 18: Aprobación del Trabajo (Gestión del Trabajo).....	29
Figura 19: Planificación (Gestión del Trabajo).....	30
Figura 20: Programación (Gestión del Trabajo).....	32
Figura 21: Recursos (Gestión del Trabajo).....	33
Figura 22: Ejecución (Gestión del Trabajo).....	34
Figura 23: Trabajos programados y completados.....	37
Figura 24: Tolerancia de un trabajo.....	38
Figura 25: Fallamiento parcial de Banco (A) y minibús afectado (B).....	51
Figura 26: Sector de incidente caída de roca y zona de trabajos de estandarización de rampa.....	52

Figura 27: Carta Gantt Estandarización acceso D2 (A) .....	53
Figura 28: Carta Gantt Estandarización acceso D2 (B) .....	53
Figura 29: Sector de trabajos Pioneros Donoso 2. ....	56
Figura 30: Aviso SAP - Evaluación Geomecánica acceso Pioneros (5.1.1). ....	57
Figura 31: Visualización Actividad 5.1.1 SAP. ....	57
Figura 32: Evaluación de Nivelología Completada. ....	59
Figura 33: Resultados de ejecución de trabajos de saneamiento manual .....	60
Figura 34: Job Card Estandarización Camino Pioneros D2.....	62
Figura 35: Programación Donoso 2 Semana 48.....	63
Figura 36: Ejecución Camino Pioneros (Tramo 1) .....	63
Figura 37: Desarme infraestructura plataforma 3940 ante y después .....	66
Figura 38: JC Vaciado 3940 que evidencia la correcta aplicación de la etapa de planificación .....	68
Figura 39: Programa Secuencia Vaciado Stock D2.....	69
Figura 40: Programa Carguío Semanal D2.....	69
Figura 41: Ejecución vaciado Stock D2. ....	70
Figura 42: Programa de retiro infraestructura eléctrica ubicada en la plataforma 3940.....	72
Figura 43: Desarme y retiro infraestructura eléctrica .....	73
Figura 44: Ejecución Zanja Camellón como requerimiento para futuros trabajos eléctricos.....	74
Figura 45: Trabajos eléctricos Pioneros, tendido de cable de alimentación. ....	76
Figura 46: Tendido Eléctrico Zanja Camellón resultante de la ejecución de la actividad (6.3.3) .....	76
Figura 47: Diseño Pioneros Donoso 2 .....	80
Figura 48: Secuencia extracción Pioneros Donoso 2. ....	87
Figura 49: Diseño Donoso 2 con empalme en cota 3940 .....	87

# CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

En Chile, la minería es parte fundamental del desarrollo del país. El aporte que ha logrado tanto económico como social ha crecido indudablemente en los últimos años gracias a un adecuado procesamiento y comercialización de los recursos que son extraídos desde la tierra a mano de las diferentes entidades que forman parte de la industria minera. Actualmente en este tipo de organizaciones existe una tendencia predominante a ser cada vez más competitivas en el mercado por medio de la implementación de estrategias que permitan la obtención de ventajas capaces de incidir en el cumplimiento de los propósitos y sostenerse a lo largo del tiempo. En los últimos años las principales estrategias se vinculan a la estandarización de procesos, uno de tantos diferentes métodos capaces de orientar la gestión de una manera más eficiente, actuando como un elemento de control que permite establecer estándares de operación. En este sentido, el hecho de implementar estrategias en pro de una gestión estandarizada se ha vuelto un pilar fundamental en las distintas compañías mineras para alcanzar la máxima eficiencia dentro de sus procesos.

## 1.1. Motivación

### **¿Por qué Modelo de operación?**

El mercado considera que el desempeño de Anglo American es inferior a su potencial, pues tan solo el 11% de los activos de la compañía cumplen con los pronósticos, provocando un desempeño operacional inestable. Un estudio establece que los activos muestran una potencial mejora estadística en estabilidad y capacidad, lo que se traduce en el aumento de las utilidades, disminución de incidentes relacionados con seguridad y medio ambiente, mejoras en la productividad, reducción de costos y enriquecimiento del clima laboral. Estos atributos (estabilidad y capacidad) se logran tras establecer un sistema de gestión que oriente a las personas a lograr los propósitos previstos de sus trabajos en la forma más eficiente posible, a través de la gestión basada en un conjunto de etapas de trabajo diseñadas, en secuencias y repetibles, que permitan llegar a la máxima efectividad. Bajo este contexto es que Anglo American implementa un Modelo Operacional (AOM) que proporciona las normas y herramientas básicas para las prácticas de gestión basado en tres principios fundamentales: Producir Estabilidad, Reducir Variabilidad y Obtener Claridad.

### **¿Por qué aplicarlo a Pioneros Donoso 2?**

El Modelo de operación establecido por Anglo American ha sido aplicado en las fases productivas de Los Bronces desencadenando las mejoras establecidas en el punto anterior. Sin embargo, este modelo no ha sido aplicado a las fases en desarrollo de la Mina, estableciéndose una oportunidad de mejora en los aspectos de *seguridad, medio ambiente, productividad y clima laboral*.



Por otro lado, el área de planificación de Los Bronces establece que hacia el 2022, unas de las fases activas de la mina (INF7) deja de aportar al plan establecido por la empresa y que una nueva fase entra en producción, Donoso 2 (D2), la que en 2024 logra aportar más del 50% de la producción total de Los Bronces, convirtiéndose en la mayor representante. Para poder dar inicio a la etapa de producción de D2, es necesario realizar una serie de trabajos previos, dentro de los que se encuentra Pioneros Donoso 2, proyecto que contempla el movimiento de 400 kton de material y posterior desarrollo de bancos.

Bajo este contexto, se ve la necesidad de aplicar el Modelo de operación Corporativo al Proyecto Pioneros Donoso 2, permitiendo acercarse a las mejoras alcanzadas en las fases activas, además de establecer las condiciones necesarias (en la etapa de desarrollo) en el tiempo oportuno que permitan llevar a cabo (en la etapa de producción) el plan productivo establecido por las áreas que componen a toda la mina.

## 1.2. Objetivos

### **Objetivo General**

Aplicar el modelo de operación corporativo a Pioneros Donoso 2, proyecto perteneciente a una fase en etapa de desarrollo de la mina Los Bronces, Anglo American Chile y su posterior análisis.

### **Objetivos Especificos**

- Estudio del contexto de Los Bronces y situación de fase Donoso 2
- Estudio del Modelo de operación de Anglo American (AOM).
- Análisis de indicadores de medición de aplicación del AOM establecidos por Anglo American y elaboración de indicador cualitativo vinculado a KPI's de la compañía.
- Propuesta de elaboración e implementación de nueva metodología de medición de aplicación para casos especiales.
- Identificación de trabajos críticos de acuerdo con el concepto de modelo de operación.
- Análisis de resultados obtenidos tras la aplicación el Modelo de operación en fases productivas.
- Análisis histórico de aplicación del modelo en la fase y diagnóstico del estado actual previo a contingencias ocurridas en faena.
- Análisis de posible incidencia de una inadecuada aplicación del AOM en la generación de incidente en fase Donoso 2 y medición de aplicación del modelo en periodo de contingencia.
- Aplicación del modelo en trabajos Pioneros Donoso 2 y análisis de resultados obtenidos.
- Estudio del impacto económico bajo el escenario de nula o parcial aplicación del AOM.
- Recomendaciones de aplicación del AOM en otras áreas de la gerencia, en base a las brechas encontradas.

### 1.3. Alcances

- a. El análisis de la data histórica de la fase relacionada a la aplicación del modelo de operación comprende un periodo de 11 meses que inicia en septiembre de 2018 y finaliza en agosto de 2019.
- b. El periodo de contingencia (prohibición de acceso a Donoso 2) abarca un total de 3 meses que inicia el 11 de agosto de 2019 y finaliza el 11 de noviembre del mismo año.
- c. El modelo de operación es aplicado en los trabajos asociados al desarrollo del proyecto Pioneros Donoso 2 y realizados dentro de un periodo que inicia el 12 de noviembre de 2019 y finaliza el 13 de diciembre del 2019.
- d. El análisis del resultado de la medición de la aplicación del modelo de operación de la compañía se realiza bajo criterios cualitativos y/o cuantitativos, dependiendo el estado de cada trabajo o actividad (completados programados, completados no programados, no completados programados y caso especial).
- e. La metodología desarrollada para casos especiales involucra el análisis a nivel de componentes, elementos y acciones (que conforman a los flujogramas que definen el AOM) para cada etapa. El análisis comprende los 3 componentes (de un total de 7) más representativos: propósito, cantidad y calidad.
- f. El diagnóstico del estado actual de la aplicación del AOM se realiza considerando 3 trabajos a ejecutar en la fase Donoso 2 y su elección se concreta bajo criterios de seguridad y urgencia. Bajo este escenario, solo se analizan las 4 primeras etapas del modelo, dejando fuera de estudio a la etapa de ejecución del trabajo.
- g. La aplicación del AOM a Pioneros Donoso 2 se realiza a una serie de actividades cuya factibilidad de programación y ejecución se encuentra dentro del periodo establecido para realizar esta memoria

### 1.4. Metodología

Para llevar a cabo la aplicación del Modelo de operación al proyecto Pioneros Donoso 2 y posterior cuantificación de esta acción se realizan un total de 5 etapas que se describen a continuación.

#### **ETAPA 1: ESTUDIO DE INFORMACIÓN**

En primera instancia se realiza un estudio completo y detallado del contexto de la mina Los Bronces con especial énfasis en la situación actual de la fase Donoso 2. Junto con ello, se define la motivación, objetivos, y alcances de este estudio para luego definir una metodología preliminar de trabajo. Una vez establecida esta información, se da paso al estudio detallado del Modelo de operación de Anglo American.

## **ETAPA 2: ELABORACIÓN DE INDICADORES**

Con la información estudiada y analizada en la etapa anterior se elabora un indicador de carácter cualitativo que permite la medición de aplicación del Modelo de operación en actividades individuales, caracterizado por estar vinculado de forma directa a los KPI's establecidos por la compañía. Esta vinculación es realizada con el objetivo de seguir los lineamientos de medición de la aplicación del AOM que establece Anglo American.

Además, se elabora una nueva metodología de medición aplicación del Modelo de operación que entrega resultados a nivel de todas las partes que componen al flujograma que define el AOM (componentes, acciones y elementos), permitiendo un análisis de mayor profundidad y detalle. Este método, definido como Metodología MT, es elaborado en primera instancia para casos especiales, en donde las actividades o trabajos no son considerados programables, sin embargo, su empleo puede ser aplicado a cualquier actividad, quedando a criterio de su ejecutor.

## **ETAPA 3: DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL**

Durante esta etapa se realiza un análisis de los resultados obtenidos tras aplicar el modelo de operación en fases productivas y los impactos que derivan su aplicación, con el objetivo de asegurar los resultados óptimos para la futura aplicación en Pioneros Donoso 2.

Luego se realiza un análisis histórico de la aplicación del modelo y el cálculo de ciertos indicadores acordes al escenario. Posteriormente se realiza un diagnóstico del estado actual con el objetivo de determinar si la aplicación del AOM es realizada. El diagnóstico se realiza con la ayuda de la Metodología MT elaborada en la etapa anterior y tiene un alcance previo a las contingencias ocurridas durante el segundo semestre del 2019 y que tienen como consecuencia el cierre de la fase Donoso 2 por un tiempo aproximado de 3 meses.

Finalmente, se analiza la aplicación del AOM bajo periodo de contingencia.

## **ETAPA 4: APLICACIÓN Y MEDICIÓN DEL AOM EN PIONEROS DONOSO 2**

Con la información obtenida en las etapas anteriores, es posible aplicar y medir de forma adecuada el Modelo de operación a proyecto Pioneros Donoso 2.

En primera instancia se definen los alcances de tiempo para la futura selección de trabajos que han de ser realizados bajo el Modelo de operación. Luego de realizar un análisis del estado que adquieren tras la aplicación (completado programado, completado no programado, no completado programado) se da inicio a la medición de la aplicación del AOM utilizando los indicadores definidos por la compañía y/o los indicadores elaborados a lo largo de este informe, según corresponda. Finalmente se realiza un análisis global de los resultados obtenidos.

## ETAPA 5: IMPACTOS DE LA APLICACIÓN, CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y GENERALIDADES

Con los resultados obtenidos, se realiza un análisis de los impactos económicos de la aplicación del AOM bajo ciertas consideraciones y los escenarios de retraso en tiempos de ejecución del proyecto Pioneros Donoso 2 producto de la nula, parcial u óptima aplicación del modelo en el corto y mediano plazo. Finalmente, con la información obtenida y analizada a lo largo del trabajo se procede a la entrega de conclusiones y recomendaciones futuras.

Luego se realizan actividades de carácter general para la elaboración del informe que expone el trabajo realizado y descrito en las etapas anteriores.

La distribución de tiempo se observa en la siguiente imagen.

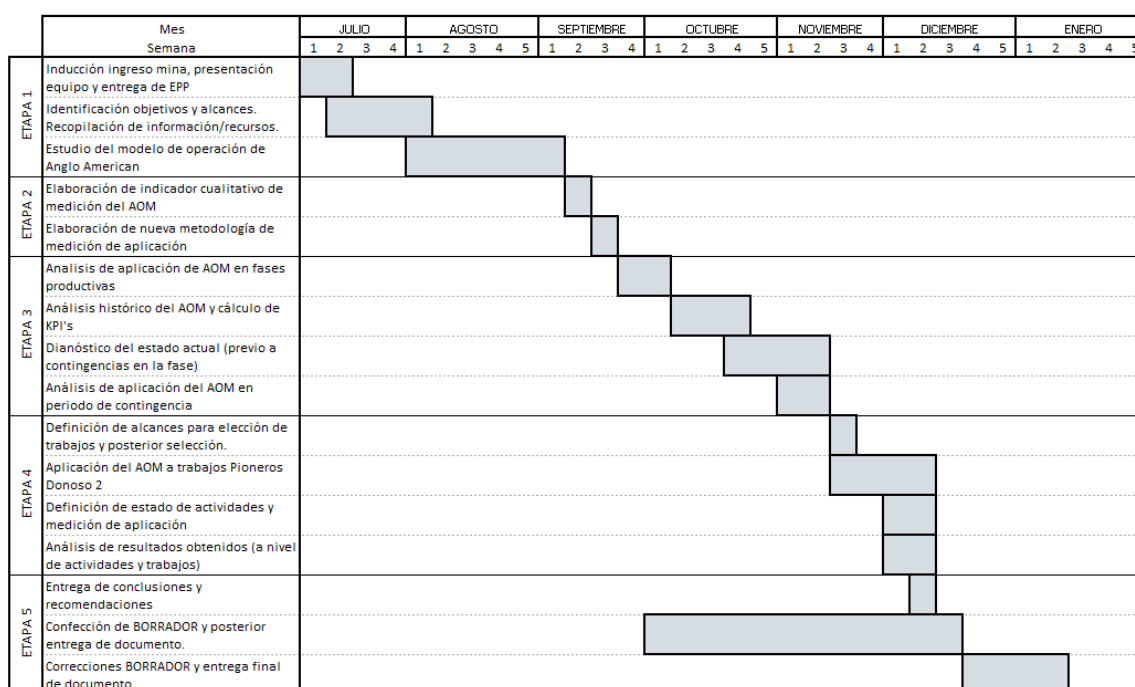


Figura 1: Carta Gantt Memoria. Fuente: Elaboración propia.

# CAPITULO 2: ANTECEDENTES

## 2.1. Antecedentes Generales de la Empresa

Anglo American es una compañía internacional con una amplia cartera de recursos y operaciones de clase mundial, que proporcionan los metales y minerales que satisfacen las crecientes demandas de consumo de las economías desarrolladas y en desarrollo a nivel mundial, destacándose por aplicar prácticas innovadoras basadas en aspectos de seguridad, responsabilidad y sostenibilidad (Anglo American, 2019).

Es fundada en 1917 por Sir Ernest Oppenheimer junto con el americano J.P. Morgan, con un capital inicial de 1 millón de libras, con fondos británicos y americanos, acto que deriva el nombre de la compañía (Noon, 2006). La empresa cuenta con más de 100 años de experiencia teniendo presencia en África, Asia, Australia, Europa, Norteamérica y Sudamérica (Reuters, 2009).

Anglo American trabaja en la extracción, procesamiento, transporte y comercialización de una importante y valiosa gama de recursos naturales, como el diamante, cobre, metales del grupo de platino, minerales de hierro, carbón y níquel, de tal forma de *re-imaginar la minería para mejorar la vida de las personas* (Anglo American, 2019). Este propósito es alcanzado gracias a un “plan de acción para el futuro”, que tiene como objetivo mantener y aumentar la seguridad de las operaciones mineras, la sustentabilidad y la eficiencia, de la mano con una mayor armonía de las comunidades donde opera la empresa (Anglo American, 2018).

Lograr una huella física más pequeña es también uno de los propósitos de la compañía. Esta contribución requiere un cambio significativo en la forma de extraer y procesar el mineral, enfoque que es abordado con tecnología y trabajo digital, aplicando la innovación a los procesos asociados al mundo minero. Este foco (la innovación) es uno de los valores de Anglo American que, junto con la seguridad, preocupación y respeto, integridad, responsabilidad y colaboración conforman la carta de valores de la compañía (Anglo American, 2018).

Uno de los productos de la compañía es el cobre, mineral que es extraído y procesado en Chile y Perú, completando 8 operaciones, de las cuales el 50% pertenecen a Chile. Dentro del país se produce concentrado de cobre, cátodos de cobre y productos secundarios como el molibdeno y la plata, que luego son exportados para su futura venta.

En Chile, Anglo American posee el 50.1% de las minas Los Bronces y El Soldado y de la fundición Chagres, permitiendo a la empresa poder realizar la gestión y ejecución de todas estas operaciones (Anglo American, 2019)

## 2.2. Antecedentes de la Mina

### 2.2.1. Generalidades

Los Bronces (LB), es una mina de cobre y molibdeno explotada a rajo abierto. Comienza su producción en 1916 como Compañía Minera Disputada Las Condes, siendo adquirida en el año 2002 por Anglo American (Anglo American, 2016). El mineral que se extrae es molido y transportado a través de un mineroducto de 56 kilómetros de longitud a la planta de flotación Las Tórtolas, en la que se produce cobre y molibdeno contenido en concentrados (Anglo American, 2019). De esta manera, la operación se compone de tres áreas principales: Área Los Bronces, Área Las Tórtolas y Área Sistema de Transporte de Pulpas (STP), que se disponen como se muestra a continuación.



Figura 2: Área de influencia Operación Los Bronces. Extraído de «Área de influencia y desarrollo de la operación» de Anglo American, 2012, Informe a Comunidades Los Bronce SEAT III, p.12.

El área Los Bronces, se encuentra localizada en la zona cordillerana de la Región metropolitana, provincia de Santiago, Comuna de Lo Barnechea a 3500 m.s.n.m y a una distancia aproximada de 65 km de Santiago. El acceso principal es a través del camino Santiago – Farellones (Ruta G-21) hasta el kilómetro 17, donde comienza el camino que conduce hacia la mina Los Bronces (Ruta G-245) (S.A, 2007).

El área las Tórtolas se localiza aproximadamente a 30 km al norte de Santiago, específicamente en el valle central de la región metropolitana, comuna de Colina, provincia de Chacabuco. Su acceso principal es la Ruta 57 (Autopista los Libertadores), existiendo un segundo acceso a las instalaciones desde la ruta G-131 (Quilapilún – Polpaico), la que empalma con la Ruta 5 Norte (Anglo American Sur S.A, 2007). Dentro de esta área se produce el concentrado de cobre y molibdeno, que puede ser transportado a la Fundación Chagres o bien, en su mayoría, al puerto de Ventanas para ser exportado como tal.

El sistema de transporte de pulpa (STP) es un área comprendida entre las comunas de Lo Barnechea y Colina. Su objetivo es cubrir el trayecto entre Tórtolas y Los Bronces, cruzando los valles de los esteros Arrayán y Colina. Esta área cuenta con un camino de servicio destinada a las labores de observación, inspección y/o mantención, permitiendo de tal modo el acceso en toda su extensión (Anglo American Sur S.A, 2007).

### 2.2.2. Producción

Durante el año 2018 en Chile, Anglo American alcanza una producción cercana a las 694000 toneladas de cobre, dentro de los cuales 369500 toneladas son aportadas por Los Bronces, alcanzando un aumento del 20% con respecto al año 2017 (Anglo American, 2018). Dicho incremento es explicado principalmente por el sólido desempeño alcanzado por la mina y las plantas, además de un aumento en las leyes previstas.

De la producción total de cobre fino aportada por Los Bronces, 330500 toneladas corresponden a concentrado de cobre, representando cerca del 90% de la producción total, mientras que el valor restante, corresponde a la producción de cátodos de alta pureza.

Las proyecciones realizadas durante el año 2018 estiman una producción para el año entre 630.000 y 660.000 toneladas en total. Sin embargo, los informes de producción correspondientes al tercer trimestre del presente año indican que la producción de cobre ha disminuido un 8% debido a la menor producción registrada en Los Bronces, que se explica por la sequía sin precedentes que afecta a la zona central de Chile (Anglo American, 2018).

Por su parte, la producción de Los Bronces, ha disminuido en 16%, baja que se registra por una disminución de un 15% en el procesamiento de la planta, producto de la menor disponibilidad de agua, escenario que fue compensado por las mayores leyes previstas pasando de 0.76 % a 0.78%. De esta manera y bajo el escenario que involucra a la sequía más larga registrada en la zona central de Chile, la proyección de la producción es ajustada a 630000 - 650000 toneladas, valor que puede implicar también un riesgo para la producción del año 2020. (Anglo American, 2019)

Por otro lado, el molibdeno contenido en concentrado alcanza un total de 2400 toneladas en 2018, manteniendo valores similares a los alcanzados durante el año 2017.

### 2.2.3. Recursos y Reservas Minerales

La mina Los Bronces (LB) forma parte del mega yacimiento cuprífero *Río Blanco – Los Bronces*. Presenta una mineralización de cobre y molibdeno, ambos elementos de interés económico, en donde la operación tiene como producto principal al cobre.

El material es extraído desde 2 fases activas en el sector, denominadas Infiernillo 05 e Infiernillo 07A, completando un total de más de 59 Mt extraídas en 2018, de las cuales 50 Mt corresponden a mineral procesado sulfurado y se estima la obtención de valores similares para el año 2019 (Anglo American, 2018).

El material, cuyas características varían de acuerdo al sector en donde se extrae, presenta 4 variantes que se describen a continuación.

**Tabla 1:** Tipo de material trabajado en Los Bronces

Tipo de Material	Características	Destino
<b>Mineral</b>	Caracterizado por una ley de corte específica cada mes	Plantas de procesamiento
<b>Lix</b>	Material sulfurado que presenta una baja ley de cobre	Pilas de lixiviación
<b>Estéril</b>	Material caracterizado por presentar una ley inferior a la ley de corte	Botadero
<b>Estéril clase 1</b>	Material con ley inferior a la ley de corte, pero con características litológicas aptas para la construcción basal de botaderos	Base de botaderos

*Nota.* Tipos de materiales trabajados en Los Bronces clasificados en base a leyes de corte y propiedades junto con el destino final por material de acuerdo a características que lo definen. Adaptado de «Diseño Y Desarrollo De Un Nuevo Reporte Compacto Y Automático De Planificación Mina, Division Los Bronces, Anglo American», Ramirez I, 2018, p. 13.

Parte de los tipos de material reconocidos por la empresa son identificados como recursos geológicos gracias a estudios realizados que incluyen exploraciones, reconocimientos y muestreos. En los Bronces se identifican más de 1200 Mt de reservas totales en 2018 y más de 3500 Mt de recursos entre medidos, indicados e inferidos. El detalle de minerales para el principal mineral de interés se encuentra en la tabla que se presenta a continuación

**Tabla 2:** Recursos y reservas de cobre (LB)

		ROM Tonnes		Ley		Contained Metal	
		2018 (Mt)	2017 (Mt)	2018 (%)	2017 (%)	2018 (kt)	2017 (kt)
<b>Reservas</b>	Probadas	815.3	746.2	0.60	0.64	4892	4776
	Probables	463.2	308.6	0.55	0.54	2548	1667
	Total	1278.5	1054.8	0.58	0.61	7440	6443
<b>Recursos</b>	Medidos	985.8	1318.8	0.42	0.42	4140	5539
	Indicados	1377.7	1724.4	0.45	0.45	6200	7760
	Medidos e Indicados	2363.5	3043.2	0.44	0.44	10340	13299
	Inferidos (in LOM Plan)	56.6	29.3	0.58	0.54	328	158
	Inferidos (ex. LOM Plan)	1228.8	1281.9	0.45	0.45	5530	5769
	Total Inferidos	1285.4	1311.2	0.46	0.45	5858	5927

*Nota.* Mineral extraído desde la mina, estimación de leyes y metal contenido en reservas y recursos de cobre años 2018 y 2019. Adaptado de «Ore Reserves and Mineral Resources Report» de Anglo American, 2018, p. 16, 17, 18.



## 2.2.4. Configuración Mina

El área Los Bronces considera la mina a rajo abierto, depósitos de estériles, plantas de procesamiento (Los Bronces y Confluencia, de capacidades 60 y 100 ktpd respectivamente), planta de lixiviación San Francisco, dos plantas de extracción por solventes y electro-obtención y obras e infraestructura de apoyo, como instalaciones para alimentación, alojamiento del personal, talleres de mantención, entre otros.

El área de Sistema de Transporte de Pulpa STP conecta las áreas Los Bronces y Las Tórtolas. Contiene un mineroducto que transporta el mineral sulfurado como pulpa y que tiene una longitud aproximada de 56 km, caracterizado por presenta una diferencia de cotas de 2640 m.

Por su parte, el área Las Tórtolas considera la Planta de Flotación, el tranque de relaves y las instalaciones de filtración, secado y almacenamiento de concentrado de cobre y molibdeno.

De esta manera, para generar concentrado de cobre como producto final, es necesario el paso desde las plantas de procesamiento a la planta de flotación, por lo que son necesarias para la producción, las 3 áreas descritas anteriormente. Para generar cátodos de cobre a partir de Material Lix, cuya descripción se muestra en la **Tabla 1**, basta con contar con el área Los Bronces, que cuentan con las plantas de lixiviación, extracción por solventes y electro obtención. Estas configuraciones son representadas en las siguientes ilustraciones:

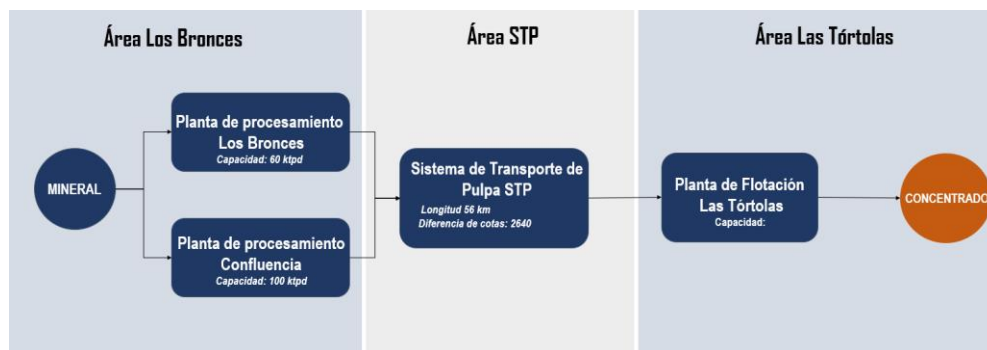


Figura 3: Áreas presentes en el proceso de extracción de Mineral. Adaptado de «Informe a Comunidades Los Bronce, SEAT III» de Anglo American, 2016, p. 9, 10.



Figura 4: Áreas presentes en el proceso de extracción de Material LIX. Adaptado de «Informe a Comunidades Los Bronce, SEAT III» de Anglo American, 2016, p. 9, 10.

## 2.2.5. Descripción General Del Proceso

La operación comienza con la perforación de tiros y posterior tronadura, procesos que son previamente diseñados por las áreas de ingeniería de Los Bronces, y que tienen como objetivo desprender el material compuesto por roca mineralizada y estéril. La roca removida es cargada en camiones mediante palas que extraen el mineral en la frente de explotación, para luego ser transportado a las plantas de chancado primario *Los Bronces* y *Confluencia*, o bien, dispuestos mediante el método volteo de tolva, en los depósitos San Francisco y Donoso.

Los chancadores pertenecientes a Los Bronces, de tipo giratorio y de capacidad conjunta de 160 ktpd, se encuentran ubicados entre la mina y la planta de molienda. Una vez que el mineral es chancado, se envía por un sistema de correas transportadoras a acopios dispuestos en Los Bronces y Confluencia, los que alimentan a la planta de molienda SAG, reduciendo el tamaño del mineral hasta formar una pulpa. Una vez producida, es enviada a estanques espesadores, donde es extraída parte del agua contenida, para finalmente poder ser transportada mediante el mineroducto, hasta la planta de flotación Las Tórtolas, la que, por medio de flotación colectiva y selectiva, entrega como productos un concentrado de cobre y de molibdeno. Finalmente, el material pasa a una etapa de remoción de agua en un estanque espesador. El agua remanente es filtrada en la planta de filtros y posteriormente el concentrado es almacenado en un galpón cerrado, que luego es cargado en camiones encarpados para ser despachados.

Por su parte, algunos sectores del lastre dispuesto en los depósitos San Francisco y Donoso son sometidos a un proceso de lixiviación, en donde se recupera una solución enriquecida al pie del depósito mediante obras de captación y conducción, que luego es enviada hacia las instalaciones de proceso en la Planta de Cátodos San Francisco (Anglo American, 2006). El proceso es representado en el diagrama que se presenta a continuación.



Figura 5: Diagrama de procesos Los Bronces. Extraído de «Diagrama de Procesos» de Pacheco Febre, 2016, *Optimización Sistema Formulación Presupuestaria Los Bronces*, p. 2.

## 2.2.6. Organigrama Y Dotación De Personal

### **Dotación de personal**

El rol que juegan los trabajadores que prestan servicios a la compañía es de suma importancia para Anglo American. Es por ello que la empresa se ha encargado de impulsar equipos diversos y comprometidos mediante una gestión de personas flexible, transparente e inclusiva junto con el desarrollo de estrategias de diversidad e inclusión.

A fines del 2018 Cobre contaba con una dotación de 8802 personas entre trabajadores propios y contratistas, de las cuales cerca del 33% representaban al primer grupo mencionado. En cuanto a la participación femenina, los valores alcanzan cerca del 9% de la dotación total del grupo Cobre, correspondiente a 870 mujeres aproximadamente.

Por su parte, Los Bronces tiene una dotación aproximada de 6313 personas, entre personal propio y contratista de operación y proyecto, representando más del 70% del grupo Cobre.

### **Organigrama**

En Los Bronces, la máxima autoridad está bajo el cargo Vicepresidente de Operaciones, quien responde a la alta gerencia de la organización a nivel *Cobre*. Dentro de las áreas de alcance del cargo se encuentran: mina, operación y mantención de procesos; planificación operacional y mediano plazo; modelo de operación; mejoramiento de negocio y riesgo; agua e infraestructura; seguridad & salud ocupacional y medio ambiente.

A su vez, la Gerencia Mina comprende 5 superintendencias: Operaciones Mina, Estándares y Servicios Mina, Perforación y Tronadura, Gestión Mina, y Donoso 2 y Dewatering, donde esta última comprende una fase completa dada su gran complejidad.

## 2.2.7. Flota de Equipos

La producción diaria de Los Bronces es alcanzada gracias al trabajo en conjunto de un sistema de operación que se compone actualmente de 130 equipos, distribuidos en las áreas de carguío, transporte, servicios y perforación.

El área de carguío y transporte es la que utiliza la mayor cantidad de equipos alcanzando un total de 69 camiones de marcas Komatsu y Caterpillar cuyas capacidades varía entre 220 y 327 toneladas, 7 palas eléctricas de capacidades cercanas a 89 y 97 toneladas, 4 palas hidráulicas de menor tamaño y capacidad (47 toneladas) y un cargador frontal de 41 toneladas para la misma especificación, completando un total de 81 equipos activos actualmente en el área analizada.

Por su parte, el área de servicio, alcanza un total de 47 equipos entre los que destacan bulldozer, wheeldozer, motoniveladoras, aljibes, excavadoras, entre otros, representando más de un tercio de la flota total existente en Anglo American. Finalmente, el área de perforación cuenta con un total de 11 equipos, que se distribuyen en una proporción de 7:4 entre perforadoras diésel y eléctricas.

## 2.2.8. Planificación

Durante el año 2018, Los Bronces extrae más de 50 Mt de mineral provenientes desde las fases Infiernillo 05 e Infiernillo 07 en una proporción cercana a 3:5 respectivamente. Se estima que para el 2022, la fase INF7 deja de aportar al plan establecido por la empresa y que una nueva fase entra en producción, Donoso 2, la que actualmente se encuentra en etapa de pre-striping. Hacia el 2024 esta misma fase logra aportar más del 50% de la producción total y en el 2025 se convierte en la mayor representante.

Durante el 2026 entran en producción las fases Infiernillo 6 e Infiernillo 8, quienes en conjunto aportan, un año más tarde, el 100% del plan de extracción anual. La fase infiernillo 6 se convierte en parte importante del aporte, teniendo presencia en plan de extracción cerca de 9 años.

Por otro lado, las fases Donoso 3, Donoso 4, Infiernillo 9 e Infiernillo 11 entran en producción durante los próximos años, permitiendo dar continuidad a la extracción de mineral.

Se estima que a partir del 2039 la producción anual de LB decae cerca del 25%, alcanzando no más de 38 Mt de extracción y volviéndose dependiente solo de una fase a partir del año 2042, tal como lo representa el Gráfico 1.

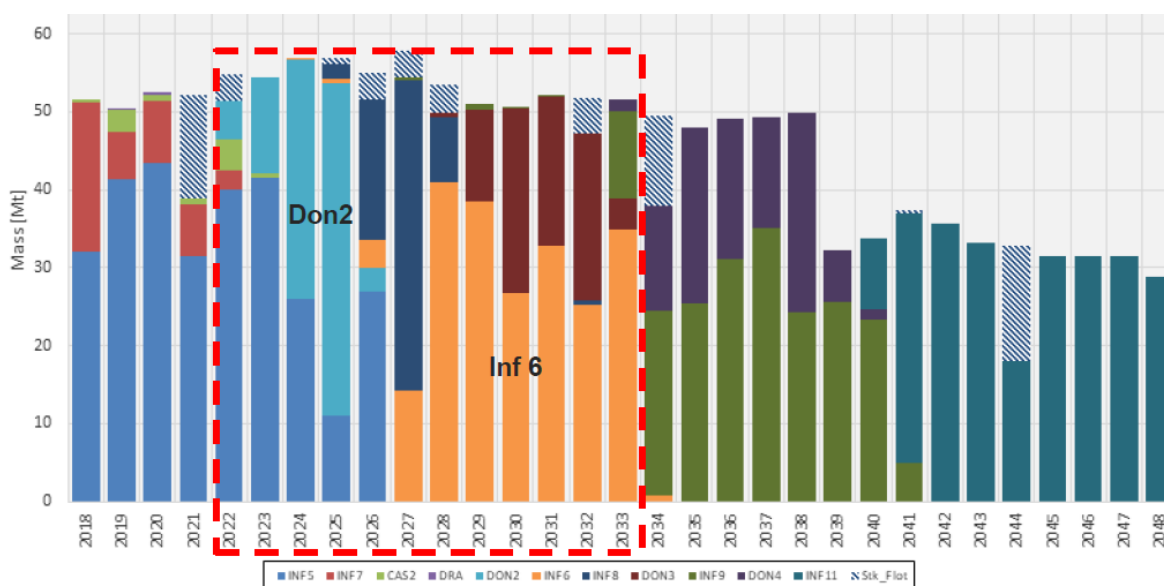


Gráfico 1: Plan de extracción por fase. Extraído de «Distribución Minerales LOA 2018» de Anglo American, 2018, Desafíos Equipo Donoso 2 Y Dewatering LB, p. 14

Cabe destacar que históricamente, Los Bronces se ha caracterizado por aportar mineral a la producción bajo escenarios bifásicos o trifásicos, es decir, donde el aporte proviene de 2 o 3 fases activas respectivamente. Sin embargo, estimaciones recientes basadas en el adelanto de extracción de mineral en las fases Infiernillo 5 e Infiernillo 7, en conjunto con el atraso de la entrada de Donoso 2 a producción, han establecido la posibilidad de llegar a un

escenario monofásico, en donde el aporte de mineral sea proveniente de Donoso 2, fase que actualmente se encuentra en desarrollo.

### 2.2.9. Donoso 2

#### Ubicación y generalidades

La fase en desarrollo, Donoso 2, se encuentra ubicada en el sector norte de la mina Los Bronces. Comprende un área aproximada de 940 mil m<sup>2</sup> alcanzando cotas que superan los 4000 m.s.n.m (Figura 6). Considera el movimiento de más de 800 Mt y limita al noreste con la futura fase Donoso 3.

El desarrollo de Donoso 2 colinda e interactúa con el cráter de subsidencia generado por la explotación subterránea de Codelco Andina, ubicado al noroeste del yacimiento en el límite de propiedad minera que separa a ambas faenas (o, 2016).



Figura 6: Fases activas y en desarrollo de Los Bronces. Adaptada de «Operación Los Bronces, Imagen Satélite World View 3» de Anglo American, 2019, p. 1.

Donoso se caracteriza por poseer un único acceso conocido como “Rampa Aguas Azules”, zona que es identificada con alta probabilidad de interferencia vertical producto de su interacción directa con los diferentes trabajos que pueden realizarse en el sector, como lo son las tronaduras de borde, saneamientos o trabajos pioneros (Figura 7). Esta característica hace de la zona un sector de alto grado de saturación por el nivel de derrame de material que se genera, por lo que contar con un sistema de contención capaz de cumplir con su función de manera eficiente, se vuelve un pilar fundamental dentro de la fase.

Además, D2 cuenta con la presencia de un sistema de tuberías que pasan por la envolvente de la fase alcanzando una longitud que supera los 2.5 km de largo. Este conjunto de tuberías y en configuración con un sistema de bombeo, permiten el manejo de aguas y con ello el control de posibles impactos medio ambientales que pueda generar cualquier tipo de ineficiencia en el proceso. Es por ello que establecer medidas de protección y mantención al sistema de manejo de agua, se vuelven prácticas imprescindibles para un adecuado funcionamiento.

La presencia de infraestructura e instalaciones se distribuye en todo el sector, tal como se muestra a continuación.

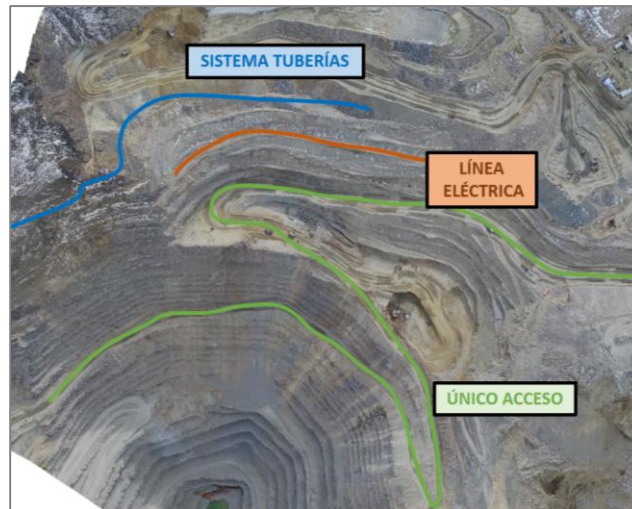


Figura 7: Generalidades Donoso 2. Adaptada de «Operación Los Bronces, Imagen Satélite World View 3» de Anglo American, 2019, p. 1.

La fase contempla el diseño original de 2 depósitos de lastre temporales ubicados tal como se representa en la Figura 8. El material depositado se origina producto de la remoción de sobrecarga y rellenos de la construcción de la Rampa Aguas Azules y contempla un total de aproximadamente 24 Mt de material extraído, alcanzando cotas máximas de 3970 y 3925. La construcción de los depósitos se diseña con un ángulo de volteo del material de 37°.

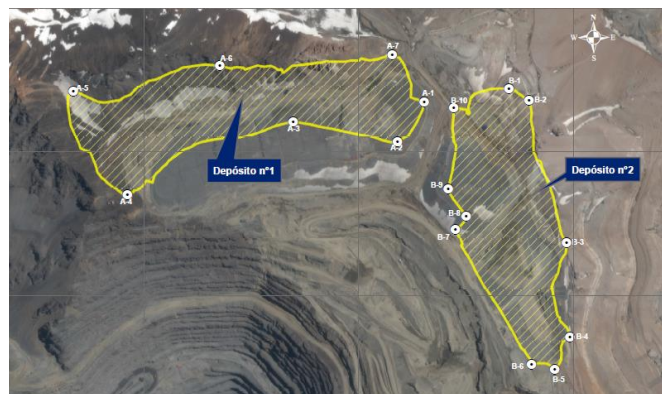


Figura 8: Depósitos temporales Donoso 2. Extraída de «Coordenadas UTM WGS 84, vértices del proyecto de Botadero Stock 1 y 2» de SERNAGEOMIN, 2016, Resolución proyecto aprobado Stock 1 y 2 p. 3.

## Historia y Diseño

El inicio de operaciones en el área comienza en el año 2004 con el desarrollo de la fase Donoso 1. La entrada a producción de D2, contempla entre sus proyectos de desarrollo la construcción de un camino auxiliar al acceso, una rampa minera, nuevos tendidos eléctricos y sistemas de comunicaciones, instalaciones de servicio para personal que trabaje en el área y una solución definitiva de aguas ácidas BDN (Botadero Donoso Norte).

La ingeniería de la rampa minera tiene su inicio en el año 2013 y considera un trazado de 3 km de largo. El diseño, denominado “Caso Base” contempla una extracción de 20 Mt, un ancho de rampa de 35 m, pendiente de 8% y 6 switchbacks. Dada las dimensiones de la extracción de material, se tramita durante el mismo año un permiso de vaciado para depositar el material extraído en acopios temporales que abarcan una superficie aproximada de 34 ha, ubicado en la misma fase, que luego de un tiempo estimado de 3 años, deben ser dispuestos en el depósito San Francisco (Anglo American, 2014).

En el 2014 se crea la superintendencia de Donoso 2 y se actualiza el diseño modificando su trazado hacia el oeste y aumentando la extracción a 24 Mt. Durante el mismo año, la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) que incluye el vaciado de material en acopios temporales es aprobada. En 2015 la licitación del contrato de la construcción de la rampa Aguas Azules se encuentra en curso y es valorada en 33 MUS\$.

Sin embargo, llevar a cabo el diseño presenta una serie de riesgos y puntos importantes a considerar, como la interacción con el avance cráter, interferencias verticales con Donoso 1 y con la extracción de Donoso 2, generación de avalanchas, productividad del diseño, re-apertura de botadero Donoso Norte, entre otros. Con el objetivo de minimizar estos riesgos y los impactos asociados se realizan una serie de modificaciones basadas en estrategias de conectividad, contacto roca/relleno y explotaciones capaces de cumplir con los estándares de seguridad y producción.

A la fecha, el diseño vigente, cuya operación se realiza con equipos propios, incluye una nueva ruta que permite ampliar la zona de vaciado y con ello abarcar las diferencias de movimiento de material generadas como consecuencias de cambios los cambios de diseños asociados a la construcción de la rampa. Contempla una extracción de 27 Mt y un total de solo 4 switchbacks. El diseño y los parámetros utilizados se muestran a continuación

Tabla 3: Parámetros de diseño Rampa D2 vigente.

Parámetro	Valor
<b>Ancho rampa (m)</b>	38
<b>Pendiente rampa (%)</b>	10
<b>Switchbacks</b>	4
<b>Extracción (Mt)</b>	27

*Nota. Parámetros de diseño rampa D2 vigente al 2019. Adaptado de «Historial Diseños Rampa Acceso Fase Dn2» de Anglo American, 2019, p. 3.*

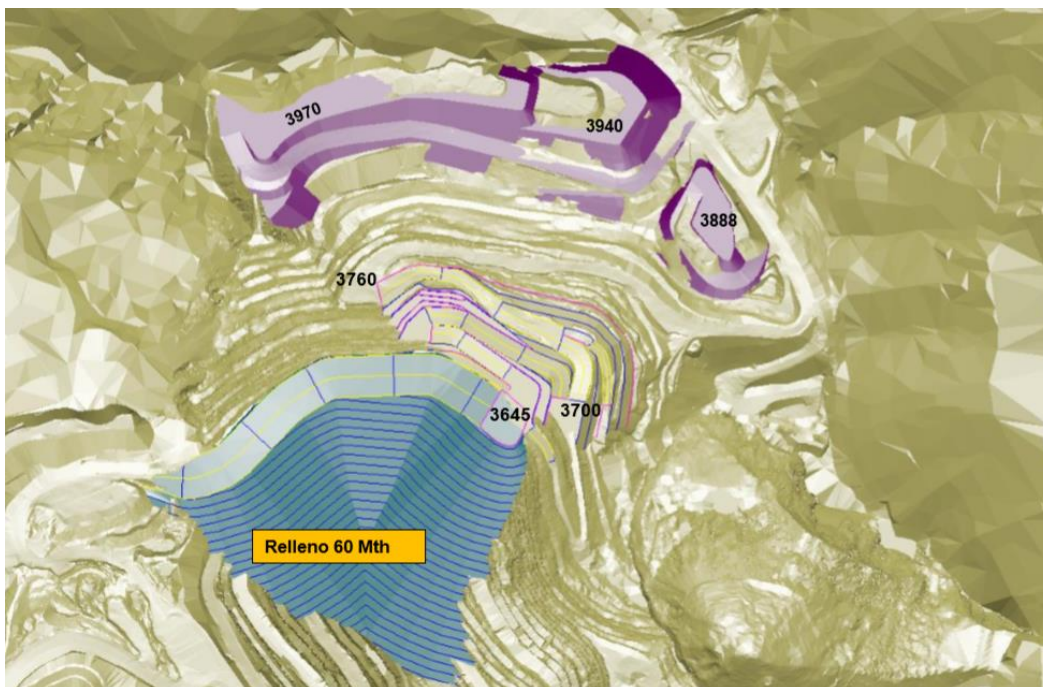


Figura 9: Diseño Vigente Rampa D2. Adaptado de «Diseño Acceso, Relleno Y Stocks Fyp 2020 – 2024», de Anglo American, 2019, Hitos Relevantes Diseño Minero Proyecto Acceso DN2, p. 5.

## 2.3. Geología del yacimiento

### 2.3.1. Generalidades

LB forma parte de un complejo de brechas que componen al mega yacimiento llamado Rio Blanco – Los Bronces. Dentro del complejo, se han reconocido 9 tipos de brechas hidrotermales y uno de brecha ígnea, diferenciadas entre sí por la composición de su matriz y el tipo de alteración de los clastos.

El yacimiento pertenece a la faja central de sistemas pórfidos de edad Mioceno-Plioceno, cuyas rocas más antiguas corresponden a secuencias volcánicas de la Formación Farellones, las que han sido instruidas por rocas plutónicas del Batolito San Francisco y diversos cuerpos porfíricos de composición cuarzomonzodiorítico y cuarzodiorítico. Los minerales de interés que contiene el yacimiento son el cobre y molibdeno, cuya fuente está relacionada a los distintos tipos de brechas presentes en el cuerpo, el que se caracteriza además por poseer una orientación N10W a escala regional.

### 2.3.2. Litologías

El yacimiento en cuestión presenta una serie de litologías que se distribuyen como muestra la Figura 10. Sus principales características se describen a continuación



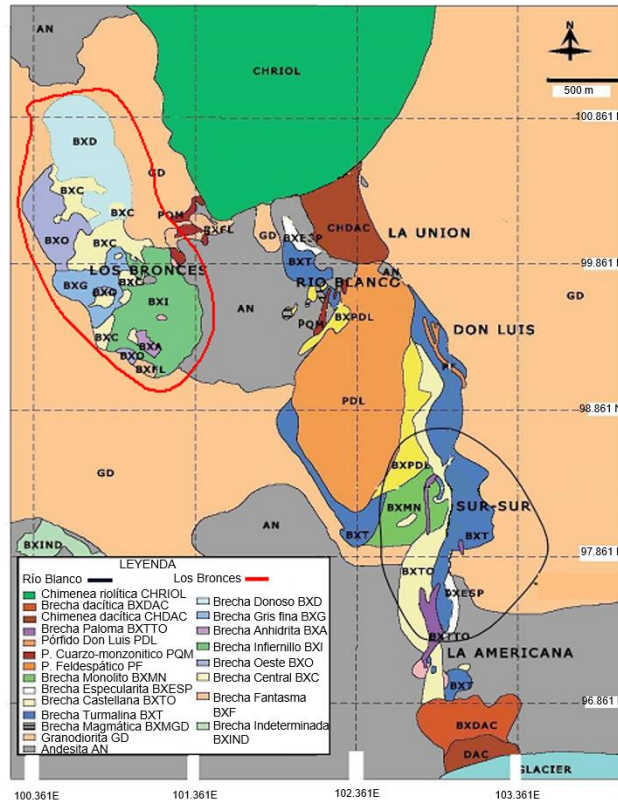


Figura 10: Mapa geológico Río Blanco-Los Bronces. Extraído de «Mapa geológico del distrito Río Blanco-Los Bronces» de Frikke, 2002, Geología de la Mina Los Bronces LVM, p. 18

- Rocas Volcánicas estratificada:** Representadas en forma de estratos volcano-sedimentarios de la Formación Farellones, constituyendo la roca de caja donde es emplazado el plutón granodiorítico, y por lo tanto se encuentra como clasto en las brechas definidas del yacimiento. El área se compone por andesitas basálticas, traquiandesitas y dacitas.
- Rocas intrusivas:** Representado por rocas pertenecientes al Batolito San Francisco y un conjunto de cuerpos filonianos que cortan a las rocas del Batolito. La distribución espacial del conjunto se caracteriza por encontrarse en los bordes del yacimiento e intruyen a la Formación Farellones y al cuerpo de brechas del yacimiento.
- Complejo de brechas:** Se caracteriza por poseer una forma de cono invertido de 750 m de ancho, 2 km en dirección Norte – Sur y una profundidad de 700 m. Su eje se inclina con un ángulo cercano a 80° hacia el este. Se reconocen 8 brechas que afloran a una altura entre 4150 y 3450 m.s.n.m, (*Fantasma, Ígnea, Magnetita-Biotita, Biotita, Central, Occidente, Infernillo, Gris Fina, Anhidrita y Brecha Donoso*).
- Chimenea de Brecha Riolítica:** Este cuerpo constituye el Miembro La Copa del Complejo Subvolcánico Río Blanco, definido como una chimenea de brecha subvolcánica de composición riolítica. El cuerpo se encuentra en contacto con la Formación Farellones, mediante una discordancia de erosión.

### 2.3.3. Mineralización

A lo largo del tiempo, diferentes autores asocian las características de mineralización del yacimiento Rio Blanco – Los Bronces a los procesos hidrotermales de alteración. De esta manera, se definen 4 etapas de alteración que dan origen a la mineralización supérgena característica del yacimiento: alteración temprana, potásica, filíca y argílica intermedia, siendo la tercera, la principal mineralización de brechas.

Dentro de los sulfuros asociados a los procesos se encuentra la pirita (py), calcopirita (cpy), bornita (bn) y molibdenita (mo), quienes aportan con los minerales de interés económico del yacimiento.

Los detalles de la mineralogía y sulfuros asociados a cada proceso se describen en la tabla que se encuentra a continuación.

Tabla 4: Etapas de alteración y mineralización de los Bronces

<b>Etapas</b>	<b>Tipo de alteración</b>	<b>Mineralogía de alteración</b>	<b>Sulfuros</b>
IV	Argílica - Intermedia	Caolín + Montmorillonita + Haloisita.	No describe
III	Fílica	Cuarzo + Sericita.	py + cpy (principal mineralización)
II	Potásica	Biotita pervasiva + Magnetita.	py + cpy + bn
		Biotita pervasiva + Feldespato potásico.	py + cpy + bn + mo (vetillas y matriz)
		Cuarzo + Feldespato potásico.	py + cpy + bn
I	Temprana	Actinolita + Magnetita.	py + cpy

*Nota.* Mineralización asociada a los procesos hidrotermales de alteración. Adaptado de «Resumen de las etapas de alteración y mineralización de los Bronces» de Gerencia de Exploraciones - Anglo American, 2003, Geología de la Mina Los Bronces LVM, p. 31.

# CAPITULO 3: MARCO CONCEPTUAL

## 3.1. Modelo de operación: Un sistema de gestión

La palabra *modelo* es definida como un arquetipo o punto de referencia para imitarlo o reproducirlo, o bien, en obras de ingenio como un ejemplar que por su perfección se debe seguir o imitar (RAE, 2019). Por su parte, la palabra *operación* es definida como un conjunto de reglas que permiten, partiendo de una o varias cantidades o expresiones, obtener otras cantidades o expresiones llamadas resultados (RAE, 2019). Bajo este contexto, es razonable definir un modelo de operación como un conjunto de actividades que deben ser realizadas de manera repetitiva y que se caracterizan por estar relacionadas de forma lógica permitiendo transformar entradas, en salidas con cierto valor agregado (UGC, s.f.).

En otras palabras, un modelo de operación puede definirse como un sistema de gestión de operaciones que define el marco o flujo de trabajo que detalla el conjunto de requisitos, pasos y procedimientos que deben cumplirse para desarrollar actividades de carácter operativo y que permitan la obtención de mejoras tras su aplicación. Los elementos básicos que componen al marco de trabajo deben ser coherentes para todos los procesos, sin embargo, el trabajo que efectivamente se desempeñe y las herramientas y sistemas que se utilicen en la implementación de los elementos del modelo de operación pueden ser muy diferentes entre un proceso y otro. Este enfoque permite que cualquier institución que decida aplicar un modelo de operación a sus procesos, logre maximizar la eficiencia en el cumplimiento de los propósitos u objetivos establecidos por medio de la interacción de macroprocesos que además garanticen su sostenibilidad. Sin embargo, alcanzar el éxito en la aplicación de un modelo de operación es una tarea compleja. En ocasiones los bajos rendimientos que presenta esta aplicación pueden ser relacionados a un deficiente alineamiento entre las estrategias de la empresa y el modelo en sí. Cuando el modelo operativo de una empresa es inconsistente con los objetivos de la misma, al menos más amplios del negocio, se provoca una desalineación que afecta las acciones y decisiones diarias de los trabajadores individuales, creando brechas preocupantes entre estrategia y ejecución (Strategy & PwC , n.d.).

Usualmente, el marco o flujo de trabajo que estructura y representa al modelo de operación de una compañía es diseñado en base a cuatro componentes esenciales, que se definen considerando como pilar fundamental el contribuir al éxito de la organización: clientes y beneficiarios satisfechos y un estable desempeño financiero para la empresa. Estos componentes se definen a continuación y se distribuyen en un esquema base que puede observarse en la Figura 11 (Gestión - Calidad, 2016)

- Procesos estratégicos: Son los procesos asociados a la formulación y revisión del direccionamiento estratégico de la compañía o institución y que logran direccionar esfuerzos aislados.
- Procesos misionales: Reúne las actividades orientadas al cumplimiento de las funciones específicas de la compañía o institución considerando como lineamiento los procesos estratégicos.
- Procesos de apoyo: Procesos necesarios para gestionar los recursos institucionales (tangibles e intangibles) y que soportan el desarrollo de la compañía o institución.
- Procesos de Evaluación: Agrupa los procesos que permiten hacer seguimiento sobre el desempeño de la institución, a través de diversos mecanismos que quedan a criterio de la compañía. Este conjunto de procesos permite generar las acciones de mejora, innovación y conocimiento, desencadenando el aumento en el desempeño.



Figura 11: Esquema y componentes base de un flujo de trabajo. Adaptado de «Gestión por procesos en Sistema de Gestión», de Gestión Calidad, 2016.

Documentar un modelo de operación puede considerar días o meses, dependiendo de la complejidad de los objetivos de la organización y del nivel de detalle que se quiere alcanzar para cumplir con ellos.

Parte de los objetivos de implementar un modelo de operación es entregar a trabajadores la capacidad de comprender cómo los cambios de una parte de la organización pueden afectar los entregables de otras partes. Generalmente, el alcance que abarcan los modelos de operación es muy variable, pudiendo ser de muy alto nivel o muy granulares. Una organización de grandes dimensiones puede tener la necesidad de crear docenas de modelos operativos para capturar con precisión los pasos que cada área debe seguir para satisfacer con éxito los requerimientos de clientes y del negocio, mientras que organizaciones más pequeñas a menudo involucran solo un diagrama de flujo simple.

### 3.2. Modelo de operación de Anglo American (AOM)

En 2015 un estudio establece que tan solo el 11% de los activos de Anglo American cumple con los pronósticos (Angloamerican , 2015). Estas cifras son consideradas por el mercado como características de empresas con desempeños inestables e inferiores al potencial total de capital. Bajo este contexto y tras un análisis más profundo de los activos de la compañía, se obtienen potenciales mejoras estadísticas en estabilidad y capacidad (ver Figura 12), lo que se traduce en el aumento de las utilidades, disminución de incidentes relacionados con seguridad y medio ambiente, mejoras en la productividad, reducción de costos y enriquecimiento del clima laboral.

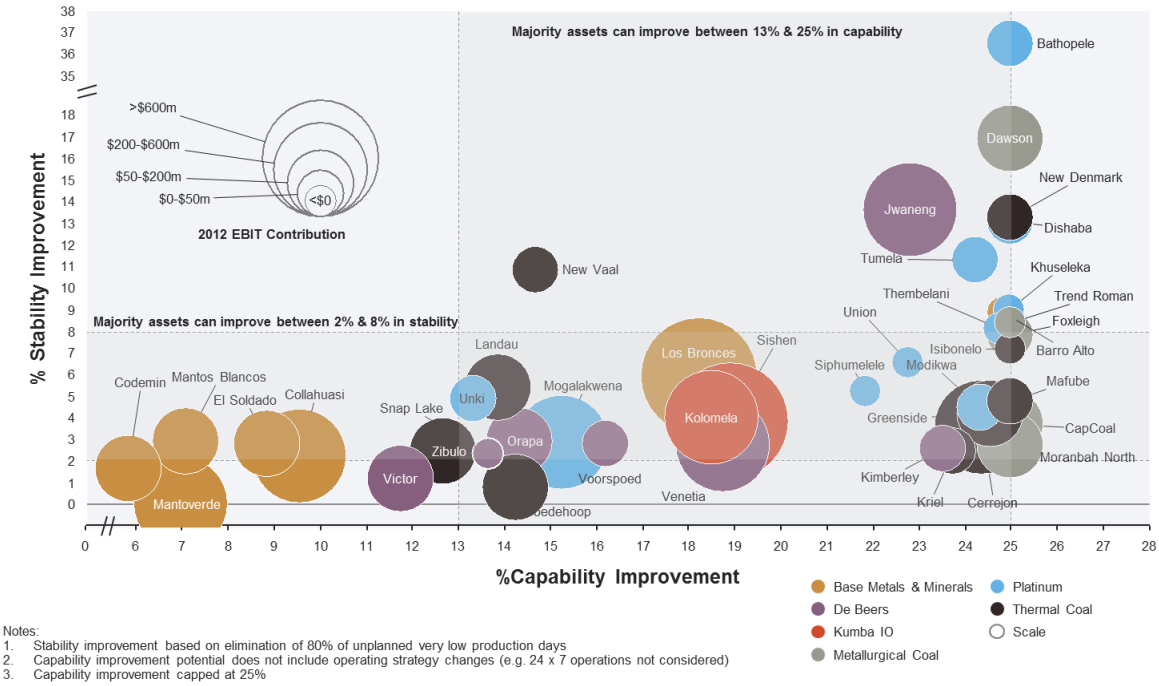


Figura 12: Mejoras en estabilidad y capacidad Anglo American. Extraído de «Todos los activos muestran una potencial mejora estadística en estabilidad y capacidad» de Anglo American, 2015, AOM Detailed Training Work Approval, p. 8.

Alcanzar las mejoras en la estabilidad y capacidad de los activos, se logra tras establecer un sistema de gestión que oriente a las personas a lograr los propósitos previstos de sus trabajos en la forma más eficiente posible, convirtiéndose este aspecto en el principal motivo de su implementación. De esta manera, implementar el modelo de operación en la compañía permite disminuir la inestabilidad, con entregables de mayor confianza y desencadenando una mejor eficiencia asociada a los procesos convirtiéndolos en capaces (ver Figura 13), a través del uso de normas y herramientas prácticas para la gestión basado en tres principios fundamentales: Producir Estabilidad, Reducir Variabilidad y Obtener Claridad.

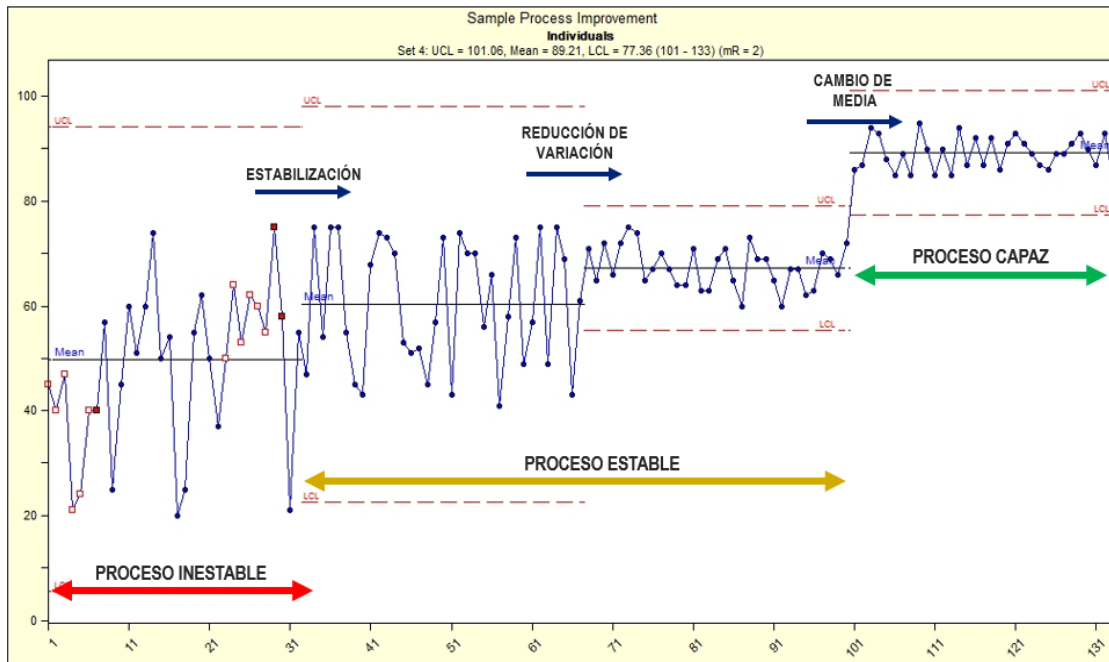


Figura 13: Representación estadística de proceso inestable, estable y capaz. Adaptado de «Analizar y Mejorar» de Anglo American, 2015, AOM Detailed Training Work Approval, p. 19.

El hecho de construir consistencia a través de la estabilización de operaciones, mercados y personas, y la formación de una estructura para la capacidad por medio de herramientas como el modelo de operación permiten establecer una manera de obtener un desempeño simple y continuo con gran valor agregado.

### 3.2.1. Bases del Modelo de operación

En lineamiento con los valores, requerimientos y necesidades de Anglo American, se define el modelo de operación corporativo en base a 3 conceptos claves: **Claridad**, **Estabilidad** y **Reducción de la Variación**, términos que son definidos a continuación.

#### a. Proporcionar Claridad

Este concepto se basa en la búsqueda del éxito del negocio, el que resulta ser alcanzado con la entrega de resultados predecibles y con la menor variación posible. Para ello, este término debe ser aplicado tanto al propósito, como al método para alcanzarlo, las condiciones, roles, funciones e inputs del proceso, de forma tal que los miembros del equipo logren un claro entendimiento de su propio trabajo y del trabajo de su equipo. Proporcionar claridad provoca consistencia, mejoramiento y resultados que pueden ser repetibles.

b. Lograr Estabilidad

El efecto que provoca mantener una operación estable es alcanzar resultados predecibles, los que a su vez incrementan el nivel de confianza y permiten mantener un mayor control durante los procesos asociados, en este caso, a la mina. La ocurrencia de acciones no anticipadas puede provocar condiciones imprevistas que deben ser abordadas con ideas que no son planificadas con tiempo oportuno, teniendo efectos directos en las decisiones asociadas a la ejecución y operación de los procesos.

c. Reducir Variación

Los procesos presentan variación solo por el hecho de presentar heterogeneidad en su constitución, por lo que el AOM no busca eliminarla, sino reducirla. Una menor variación en el rendimiento operacional aumenta la capacidad y la eficiencia de un proceso. La variación en la salida de un proceso es producto de la existencia de variaciones al inicio o dentro del mismo. Es por ello, que la clave se encuentra en reducir la variación ya sea en la etapa de entrada o dentro del proceso, lo cual establece la plataforma de mejorías continuas.

### 3.2.2. Teoría del Modelo de operación

La teoría detrás del modelo de operación se basa en tres aspectos fundamentales: lograr el desempeño requerido, la obtención de resultados más consistentes y a un menor costo y finalmente, contar con un personal más productivo.

El desempeño puede entenderse como el rendimiento y el actuar que manifiestan los trabajadores al efectuar las funciones que exigen su cargo. Es por ello que dentro de los principales aspectos que Anglo American enfatiza para poder alcanzar un desempeño requerido se encuentra el momento y la forma en que las personas y la compañía realizan los trabajos. Anglo American considera que este objetivo es alcanzado al “hacer el trabajo correcto, en el momento correcto y en la forma correcta”.

Por otro lado, una planificación y programación adecuada del trabajo permite tener conocimiento de los recursos necesarios para su ejecución, sin subestimar o sobreestimar de manera desmedida los valores asignados en las etapas antes mencionadas. Este escenario permite obtener resultados estables y coherentes, disminuyendo la improvisación y logrando un menor costo.

Finalmente, la productividad laboral muestra la eficiencia con la cual los recursos humanos producen bienes o servicios. De aquí se desprende que la fuerza laboral forma parte importante en los resultados productivos del negocio, ya que son las personas quienes influyen de forma directa en los resultados. Bajo este contexto es que factores como un clima laboral adecuado o conseguir la motivación laboral de trabajadores influye en el compromiso que ellos adquieren con el trabajo y la compañía, base que Anglo American considera como una de las más importantes.

### 3.2.3. Diseño del Modelo de operación

El diseño del modelo de operación de Anglo American plantea una nueva forma de ejecutar sus procesos con ejemplar desempeño, basados en el cumplimiento de las expectativas del negocio. Este objetivo es alcanzado gracias a una configuración compuesta por tres grandes etapas: Planificación Operacional, Gestión de Trabajo y Retroalimentación.

Esta configuración se basa en los componentes esenciales del diseño de los modelos de operación, enlazando los procesos estratégicos con la etapa de planificación operacional, los procesos misionales y de apoyo con la etapa de gestión del trabajo y los procesos de evaluación con la etapa de retroalimentación.

Las grandes etapas del AOM se distribuyen a través de un flujo que comprende todas las partes del modelo y que es representado en la siguiente Figura.

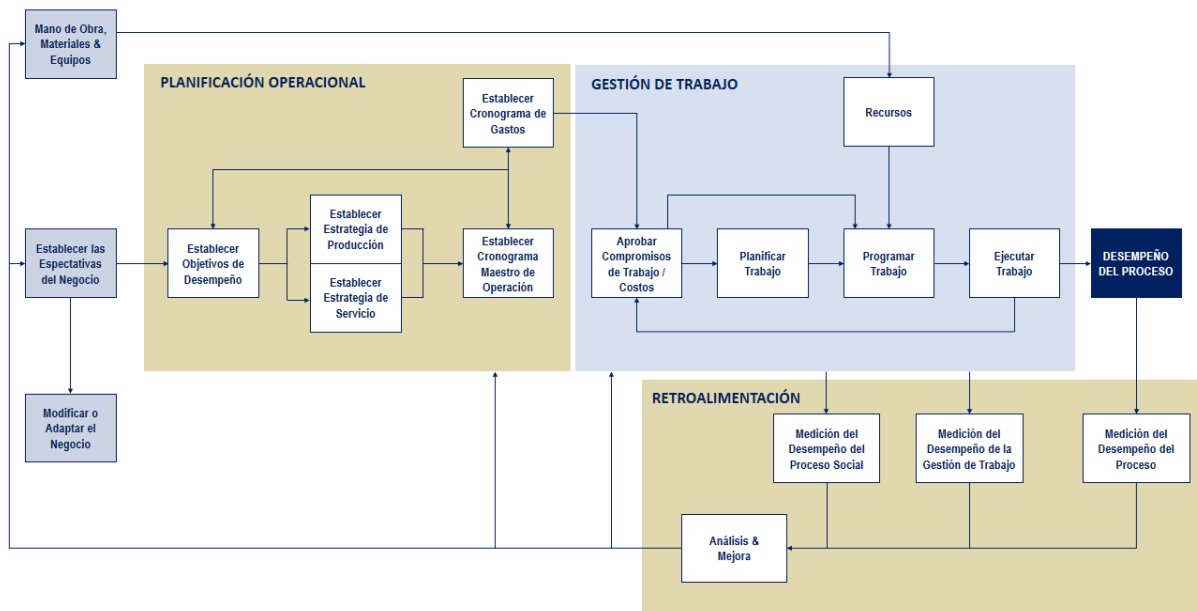


Figura 14: Diseño del Modelo de operación. Extraído de «Modelo de operación» de Anglo American, 2015, AOM Detailed Training Work Approval, p. 14.

La primera etapa del modelo de operación consiste en la Planificación Operacional. Esta tiene como propósito especificar la manera económicamente más efectiva de operar el negocio e inicia tras establecer los objetivos de desempeño. Para cumplir con el propósito de esta etapa, se requiere como input establecer de forma clara y oportuna las expectativas del negocio y con ello definir los criterios para el éxito.

El flujo asociado se representa en la siguiente Figura



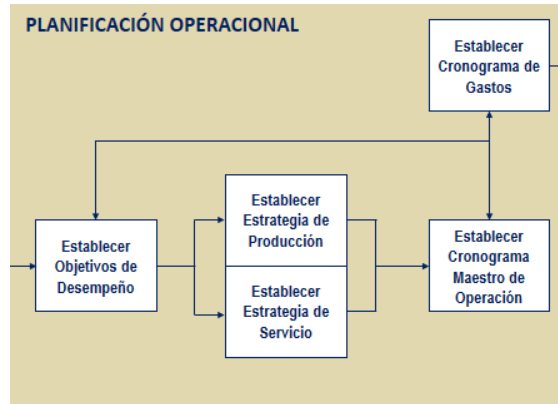


Figura 15: Etapa de Planificación Operacional (AOM). Adaptado de «AOM Detailed Training Work Approval» de Anglo American, 2015, p. 14.

Una vez establecida la planificación operacional y estratégica, se debe ejecutar. Esta acción es realizada en la etapa de Gestión del Trabajo, que tiene como objetivo entregar el trabajo correcto en forma confiable, cumpliendo de esta manera con las funciones específicas que plantea el área estratégica y abarcando los procesos misionales característicos del diseño base de los modelos de operación. La configuración que adquiere esta etapa contempla un flujo que inicia con la aprobación del trabajo y finaliza con la ejecución del mismo.

Uno de los componentes importantes de la etapa de Gestión del Trabajo, son los Recursos, casilla que agrupa los procesos necesarios para entregar soporte al desarrollo de las actividades o trabajos necesarios para llevar a cabo la ejecución, representando de esta manera a los procesos de apoyo definidos como componente esencial del diseño base de los modelos de operación.

Su distribución se muestra en la Figura 16.

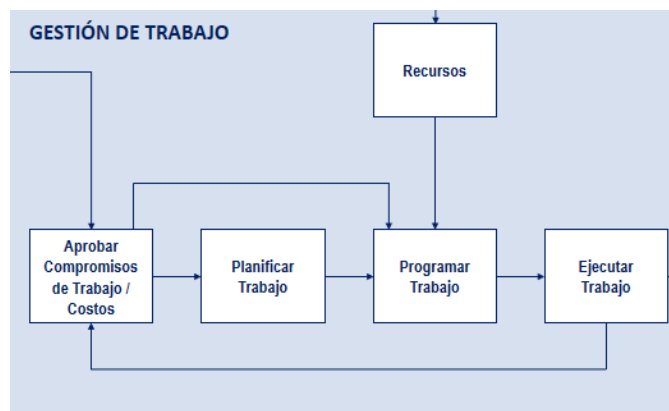


Figura 16: Etapa de Gestión de Trabajo (AOM). Adaptado de «AOM Detailed Training Work Approval» de Anglo American, 2015, p. 14.

Finalmente, la tercera etapa mide el desempeño generado una vez finalizada la ejecución del trabajo y consecuentemente el nivel de la aplicación de las etapas anteriores a la Retroalimentación.

Tras la medición de desempeño, que involucra el aspecto social, la gestión del trabajo y el proceso en sí, se analiza y evalúa si se requiere una intervención. En este caso la etapa de Retroalimentación permite dar inicio a una acción de control efectiva, o bien, establecer las mejoras para las futuras estrategias de negocio. Esta serie de acciones se enlazan con los procesos de evaluación característicos del diseño base de los modelos de operación. Su configuración presenta 4 sub-etapas que se distribuyen como muestra la siguiente Figura.

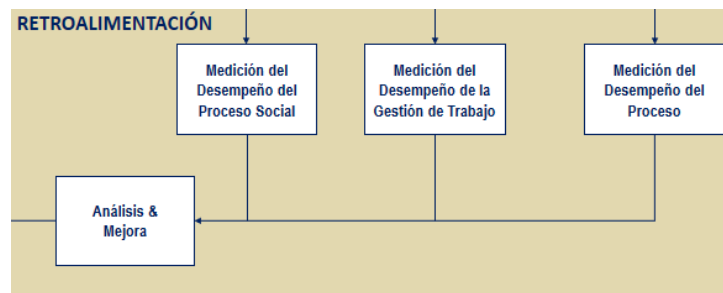


Figura 17: Etapa de Retroalimentación (AOM). Adaptado de «AOM Detailed Training Work Approval» de Anglo American, 2015, p. 14.

#### 3.2.4. Gestión del Trabajo

La segunda etapa del AOM tiene como objetivo entregar el trabajo correcto de forma confiable. Acorde a la teoría del modelo de operación, este propósito es logrado por el área mina tras la ejecución el plan operacional entregado.

La gestión del trabajo se compone de 5 sub-etapas relacionadas entre sí y que en conjunto permiten a Anglo American cumplir con las expectativas del negocio de una forma segura y confiable.

##### Sub – Etapas de Gestión del Trabajo

###### a. Aprobación del Trabajo

La primera etapa de la Gestión del Trabajo tiene como propósito decidir qué trabajo es el que se va a realizar considerando si este es de carácter urgente o no. Para ello, se debe levantar una orden de trabajo con información detallada e ingresarla al sistema. El documento debe contener el registro de la información esencial acerca del trabajo que permita que la persona que revisa o aprueba esta solicitud pueda tomar una decisión informada y junto con ello definir si el trabajo es de carácter urgente o no, considerando las siguientes definiciones:

- La **fecha requerida** se define como el tiempo probable en el que un evento pueda crear una amenaza de salud, seguridad o medioambiente, o bien, como la fecha más tardía que una tarea debe completarse para evitar el Impacto.
- El **Impacto** se relaciona con una desviación negativa en al menos uno de los siguientes aspectos: seguridad, salud, medioambiente, programa y calidad. Se definen 3 variantes:
  - Impacto 1: la amenaza de salud, seguridad o medioambiente es significativa o incontenible, o bien, cuando la amenaza de producción o calidad es significativa no recuperable.
  - Impacto 2: la amenaza de salud, seguridad o medioambiente es contenible, o bien, cuando la amenaza de producción o calidad es recuperable.
  - Impacto 3: cualquier otro.

El carácter urgente del trabajo puede ser definido a través de dos herramientas: la matriz de decisiones y el flujo de decisiones, las que requieren como input los conceptos de fecha requerida y el impacto generado tras su desarrollo. El procedimiento de la definición del carácter del trabajo con el uso de estas 2 herramientas es descrito en la sección de anexos.

Si el trabajo es definido como urgente, el originador es el encargado de notificar al miembro del equipo de turno acerca de los detalles apropiados para la activación del Protocolo de Trabajo Urgente y su posterior ejecución. Este considera la generación de avisos por medio del sistema SAP AOP, plataforma que adopta el lenguaje del modelo de operación y que es descrita en la sección 3.3.2.

En caso contrario, el revisor o aprobador decide si las tareas son necesarias, apropiadas y cuentan con el financiamiento. El criterio de esta decisión involucra el cumplimiento o no de los campos obligatorios de solicitud de trabajo (equipo o lugar de trabajo, descripción el rol que autoriza, fecha requerida, impacto y originador), el lineamiento con los procedimientos y políticas de la compañía para su realización y la seguridad, eficiencia y eficacia tanto de personas como de la operación. Este análisis tiene tres posibles resultados

- a. El trabajo es necesario: Con toda la información requerida y dentro de 1 día laboral, el revisor/aprobador valida la orden de trabajo para ser planificada y programada en las siguientes etapas.
- b. El financiamiento se encuentra fuera del presupuesto: El revisor o aprobador solicita financiamiento a la gerencia.
- c. El trabajo no es necesario: El revisor o aprobador decide no proceder, anulando la solicitud del trabajo y retroalimenta al originador sobre las condiciones.

Una vez aprobado el trabajo es posible pasar a la siguiente sub-etapa de planificación.

El procedimiento asociado a la aprobación del trabajo se representa en la siguiente Figura

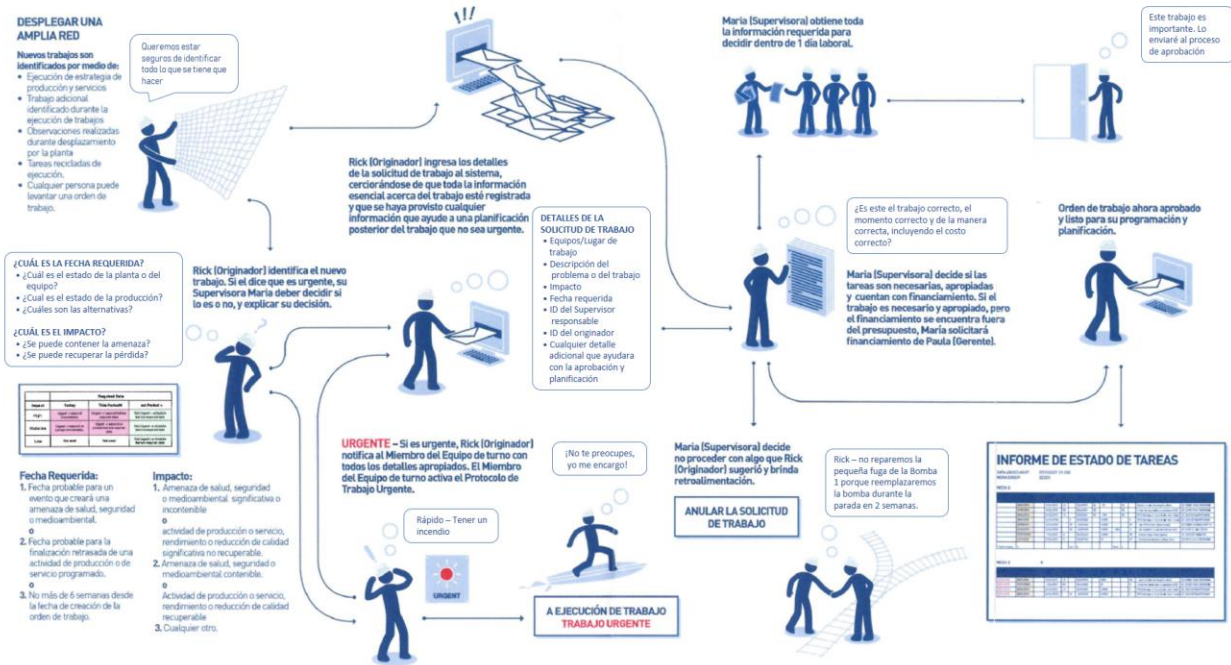


Figura 18: Aprobación del Trabajo (Gestión del Trabajo). Extraído de «Aprobación del trabajo» de Anglo American, 2015, AOM Flujos, p. 1.

## b. Planificación

La etapa de planificación tiene como propósito especificar todos los requerimientos para completar el trabajo aprobado en el proceso anterior. Esta sub-etapa se encarga de describir la actividad de preparación de un conjunto de tareas, que definen en qué consiste el trabajo, cómo se va a ejecutar, lo que se necesita para realizarlo y los estándares que debe cumplir.

Para llevar a cabo una adecuada planificación se debe crear un paquete de actividades con todas las especificaciones de las órdenes de trabajo aprobadas en la etapa anterior, planteando la totalidad de aspectos de importancia. Con esta información, se evalúa si la tarea requiere o no un aporte por parte de un especialista técnico o del equipo que agregue calidad a la planificación.

Luego, el planificador debe obtener la información necesaria para desarrollar un paquete completamente detallado, en donde se especifique cómo se debe hacer el trabajo (condiciones, limitaciones, e instrucciones, controles de peligro y requerimientos de permisos) y los recursos necesarios para poder llevarlo a cabo (mano de obra,

materiales, herramientas, servicios, recursos de contratos y duración de la tarea). La entrega de esta información se realiza por medio de documentos denominados "Job Card" (anexos).

Una vez generado el paquete de trabajo específico, se debe comparar con el supuesto original aprobado y verificar si el costo es aceptable. De no serlo, se analiza su alcance, para luego decidir el futuro de la planificación. De lo contrario, se sigue con la organización del trabajo.

Esta última etapa especifica el detalle de la programación y el sistema de registro, en donde se incluye información sobre la secuencia de la tarea, seguimientos e historial de trabajo y el ingreso de las fechas de inicio más tardía y más temprana, conceptos que se definen a continuación:

- Fecha de inicio más temprana: fecha determinada por el planificador en que la tarea se encuentra en condiciones de ser iniciada.
- Fecha de inicio más tardía: tiempo límite en que una tarea puede comenzar con el fin de ser completada en la fecha requerida (es decir, la fecha requerida menos la duración de la tarea).

Por último, se realiza la revisión de la planificación para decidir si es aceptada. En este caso, la etapa queda en espera de la ejecución, de lo contrario, se especifican las mejoras para ser añadidas a la plantilla de trabajo que ha de ser evaluada nuevamente. El procedimiento se representa en la siguiente Figura.

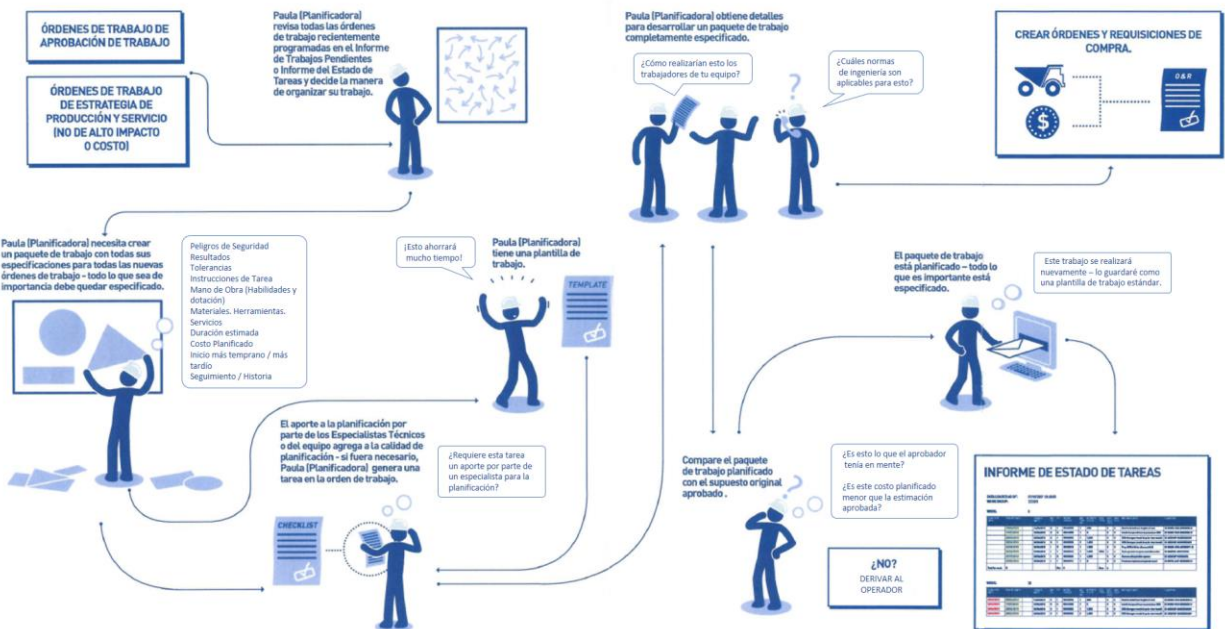


Figura 19: Planificación (Gestión del Trabajo). Extraído de «Aprobación del trabajo» de Anglo American, 2015, AOM Flujos, p. 2.

### **c. Programación**

La etapa de programación tiene como propósito asignar los recursos para que todos los trabajos aprobados sean completados en el tiempo correcto. En este proceso se asigna el tiempo, espacio, mano de obra y los equipos necesarios para llevar a cabo el trabajo. El programa generado debe integrar todos los trabajos interdependientes y basa sus principios en programar lo que se necesita, no lo que se tiene. Su funcionamiento se apoya en el ingreso de una serie de entradas, que a través de un proceso de desarrollo y revisión generan salidas que permiten la futura ejecución del trabajo.

Para crear un programa efectivo, se debe recopilar la información proveniente de 6 entradas y redistribuir los aportes requeridos para la preparación del programa, maximizando sinergias y minimizando conflictos. Posteriormente, el programador establece las fechas de inicio de la tarea para preparar un programa que pueda ser ejecutado, asignando los recursos que son especificados en la etapa de planificación, para finalizar todos los trabajos en la fecha requerida.

Luego de cerciorarse que se cumplen todas las fechas requeridas, el programador optimiza la eficiencia del proceso, en donde se verifica que las demandas de recursos del programa borrador calcen dentro de las capacidades disponibles. Estas acciones se realizan por medio de un software de programación llamado Atlas, que se caracteriza por optimizar las configuraciones establecidas con un enfoque de gestión flexible basado en los recursos existentes para la programación y que es descrito en la sección CAPITULO 4:.

Posteriormente, se debe realizar una revisión de la versión borrador del programa y recopilar las contribuciones de la fuerza laboral por medio de sugerencias de optimización o modificaciones necesarias. Estas sugerencias se basan en las contribuciones capturadas tanto en reuniones periódicas presenciales (War Room) como en los análisis más acotados de cada área que aporta a la gestión y operación minera.

Una vez que las contribuciones son enviadas al programador (vía correo electrónico con un límite de tiempo establecido) se procede a la documentación de los problemas críticos, junto con una lista que incluya la identificación de riesgos potenciales y oportunidades de mejora. Esta información es recopilada y utilizada para decidir si los riesgos presentes en los procesos son aceptables o no. De ser aceptables, el programador incorpora las decisiones y acciones establecidas, para luego liberar el programa comprometido. De lo contrario, se actualiza el borrador del programa de acuerdo a la retroalimentación del equipo.

La entrega de la versión final del programa se realiza con una periodicidad semanal vía correo electrónico a todas las áreas de la mina. La publicación de este documento debe estar autorizada por las superintendencias de Perforación y Tronadura, Dewatering y Donoso 2, Operación Mina y Servicios, que forman parte de la Gerencia Mina y por el área de geomecánica, planificación y mantención.

La representación del flujo de procesos asociados a la programación se muestra en la siguiente Figura.

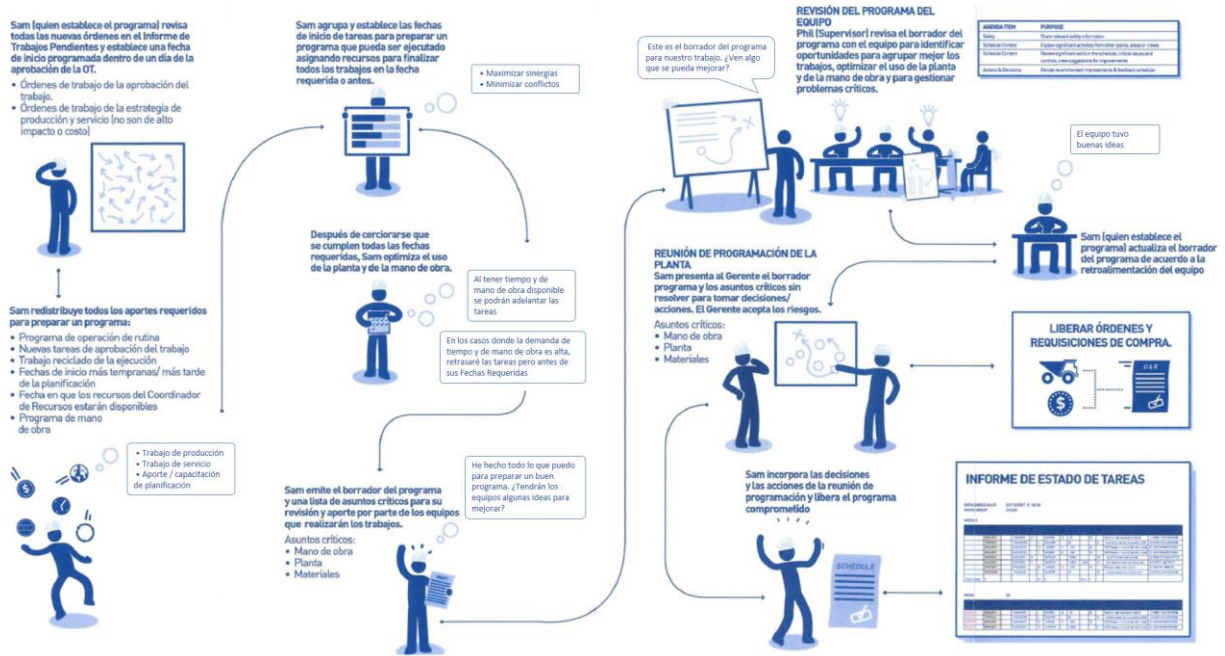


Figura 20: Programación (Gestión del Trabajo). Extraído de «Aprobación del trabajo» de Anglo American, 2015, AOM Flujos, p. 3.

#### d. Recursos

El propósito de esta etapa consiste en la entrega de todos los requerimientos para que cada paquete de trabajo sea terminado en el tiempo programado. Uno de los principios de esta sub-etapa consiste en **asegurar** que el trabajo pueda ser programado, por lo que el proceso no debe carecer de la suficiente flexibilidad para cumplir con su propósito. Por ende, la obtención de recursos es realizada por medio de la utilización de acuerdos estándar, pero flexibles, para la adquisición y entrega de materiales, herramientas especiales y servicios. En caso de existir algún requerimiento por priorizar, acelerar, reasignar o cambiar de proveedor habitual para poder cumplir con la fecha programada, se debe informar y escalar al grupo de interés apropiado para la toma de esta decisión.

Para asignar de forma adecuada los recursos programados en un trabajo, se realiza un monitoreo de disponibilidad, en donde se verifica el stock de recursos disponibles que cumpla con una fecha de entrega inferior a la fecha programada. De cumplirse se debe especificar el detalle del movimiento de recursos al lugar del trabajo para finalmente ser entregados y hacer posible su ejecución. De lo contrario, se debe elevar el método de asignación de recursos en donde se evalúan diferentes escenarios que permitan cumplir con la entrega de recursos antes de la fecha requerida. Dentro de los escenarios a evaluar se encuentran la agilización de la entrega, el cambio del proveedor y la obtención de recursos de otras áreas.

En caso de no contar con los recursos necesarios para la ejecución del trabajo, se deben gestionar los riesgos asociados. Parte de la gestión consiste en la reprogramación de tareas y el análisis de posibles cambios en los alcances del trabajo que permitan evitar los riesgos, documentando los problemas y su solución en la etapa de programación.

A continuación, se representa el proceso de la obtención de recursos.

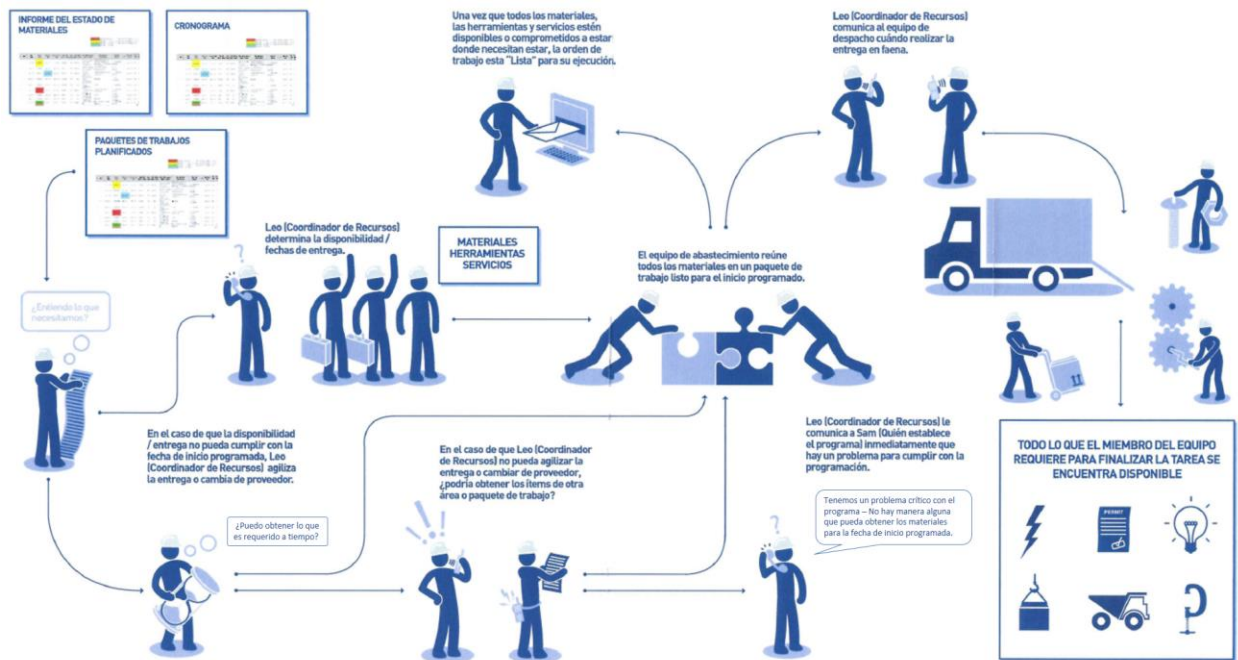


Figura 21: Recursos (Gestión del Trabajo). Extraído de «Aprobación del trabajo» de Anglo American, 2015, AOM Flujos, p. 4.

## e. Ejecución

El propósito de la etapa de ejecución consiste en completar todo el trabajo, según las especificaciones y asignaciones establecidas en las etapas anteriores, en el tiempo correcto. Los objetivos principales involucrados al ejecutar una tarea o trabajo, son asegurar que este se complete según lo programado cumpliendo con las expectativas de la compañía.

El resultado de una ejecución debe asegurar que todo peligro o defecto identificable sea corregido, controlado y registrado, o bien, que se reporte con detalle suficiente para permitir la planificación y programación eficaz de la acción de control o correctiva.



Para dar comienzo al proceso de ejecución de un trabajo se debe monitorear el contexto del programa con el objetivo de determinar si es posible o no completarlo. Si el contexto sigue en regla, se debe asignar el trabajo a cada miembro del equipo, asegurando su total entendimiento.

Posteriormente, se debe realizar una evaluación sobre las condiciones para el éxito de la ejecución del trabajo. Esta evaluación considera el análisis de las condiciones del lugar de trabajo y el stock de los recursos necesarios para llevar a cabo la labor. Una vez asegurado este escenario, se da inicio a la etapa de ejecución del trabajo propiamente tal, lidiando en caso de ser necesario y seguro con trabajos adicionales que puedan surgir. Una vez finalizada la ejecución se procede con el cierre del trabajo, proceso que contempla la devolución de herramientas y excedentes materiales, el registro de la información requerida y el cierre de la tarea en el sistema. Finalmente, se realiza una revisión de la ejecución del trabajo con el objetivo de brindar retroalimentación tanto a la supervisión como a la ejecución y planificación con el propósito de mejorar futuros desempeños.

Si los trabajos adicionales que surgen durante el proceso son identificados como trabajos urgentes, se debe proceder según el Protocolo de Trabajos Urgentes.

Por otro lado, si el programa no es posible de completar se debe reevaluar el alcance de las tareas, las fechas establecidas, los riesgos asociados y la especificación y asignación de recursos, otorgando en caso de ser necesario, recursos adicionales para la ejecución

La representación del proceso de ejecución de trabajos se muestra en la siguiente Figura.

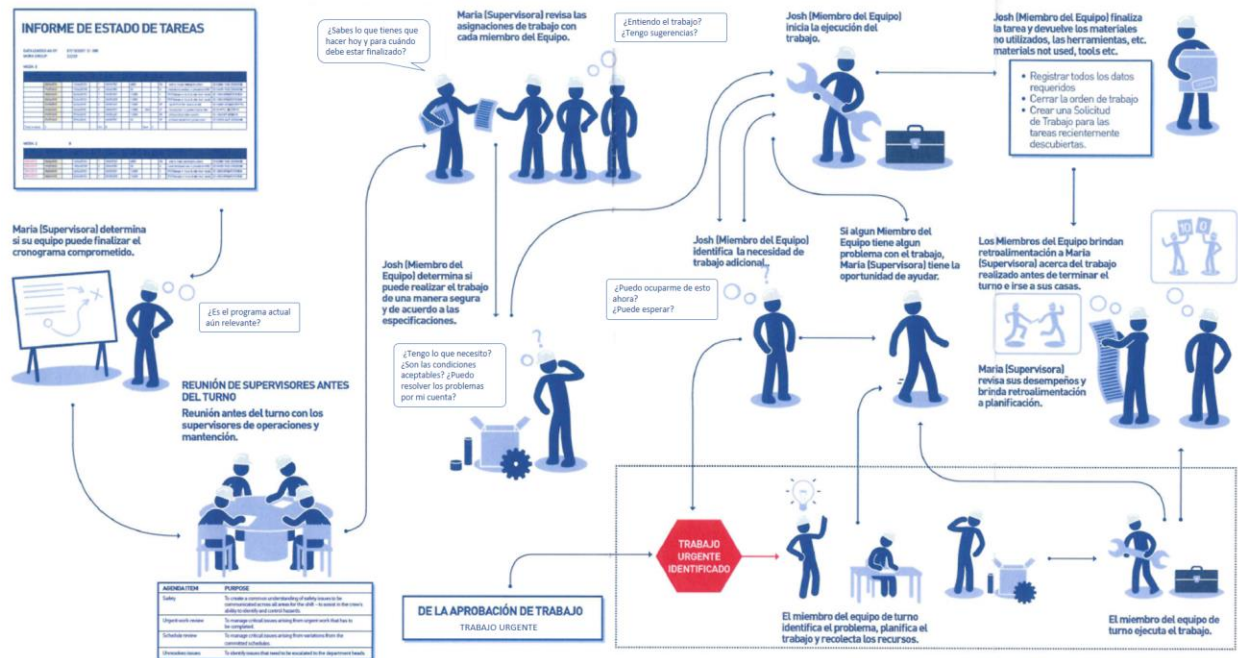


Figura 22: Ejecución (Gestión del Trabajo). Extraído de «Aprobación del trabajo» de Anglo American, 2015, AOM Flujos, p. 5.

### 3.3. Herramientas utilizadas en la aplicación del AOM

#### 3.3.1. MineSight Atlas

Minesight Atlas es un programador que optimiza la combinación de actividades y recursos que busca integrar y simplificar los procesos orientados a la minería a cielo abierto o subterráneas. El paquete proporciona un enfoque de gestión simple, basado en recursos para la programación, capaz de combinar el diseño, reservas, cálculos de transporte y reportes de información, a través de la consolidación de todos los parámetros requeridos para la programación en un solo producto (Minesight, 2014). Dentro de sus herramientas, contempla la visualización CAD de MineSight Core ofreciendo una mejor edición, capacidades de reserva e integración con el resto de sus procesos. Atlas se distingue por ser altamente flexible permitiendo modificar manualmente los resultados de la optimización con el objetivo de conceder un mayor control sobre el material recuperado y consecuentemente generar programas más prácticos (Minesight, 2014).

Actualmente Anglo American utiliza para el diseño y planificación de sus fases el software MineSight, el que integra la extensión Atlas, permitiendo de este modo la programación de todas sus actividades.

#### 3.3.2. SAP AOP

SAP es un sistema informático integrado de gestión empresarial diseñado para modelar y automatizar las diferentes áreas de una empresa, así como la administración de los recursos que componen a la misma (Sistema SAP, 2017). Su nombre deriva de las siglas “*Systeme Anwendungen und Produkte*” que, traducido desde el alemán, significa “Sistemas, aplicaciones y productos”. Este sistema consta de un gran número de módulos divididos en cuatro áreas específicas: logística, financiera, recursos humanos y multiaplicaciones que, al interactuar entre sí, entregan al sistema la capacidad de un trabajo dinámico e interrelacionado.

Por su parte, Anglo American, con la finalidad de adoptar mejores prácticas para el negocio e innovación de la compañía y alinear el trabajo en relación con el resto de sus operaciones a nivel mundial, implementa el proyecto SAP AOP (*Anglo Operating Platform*), un sistema de gestión orientado exclusivamente a mejorar el desempeño de la compañía y potenciar su posición en el mercado a nivel mundial. Dentro de sus principales objetivos se encuentra establecer un acceso más simple, visibilidad integral y mayor trazabilidad de la información, la entrega de reportes transversales que permitan una efectiva gestión de costos, limpieza y enriquecimiento de la información en el sistema y una optimización de los tiempos de respuesta asociado a los procesos.

Parte de los módulos de SAP AOP han adoptado el lenguaje del Modelo de operación de Anglo American con el objetivo de alinear la teoría que expresa el AOM y la plataforma que ejecuta distintas actividades. Bajo este escenario, cabe destacar que la plataforma permite el ingreso de trabajos de carácter urgente o AD-HOC y el cierre de tareas de las diferentes áreas que componen a Los Bronces.

## CAPITULO 4: MEDICIÓN DE LA APLICACIÓN DEL AOM

Hacer el trabajo correcto, de la forma correcta y en el momento correcto considerando la eficacia, eficiencia y sostenibilidad como pilares fundamentales se vuelve para Anglo American un indicador líder del rendimiento de sus procesos. La consistencia de lograr estos resultados se encuentra altamente influenciada por una programación correcta, una planificación de calidad y una alta efectividad de los recursos.

Es por ello que la compañía define KPI's que miden el grado en que el trabajo necesario para garantizar el desempeño continuo y la sostenibilidad de un proceso, se complete correctamente, de manera oportuna y en línea con el programa de gastos, según lo definido por la estrategia de Producción y Servicio. Sin embargo, estos indicadores solo consideran para la medición trabajos programados bajo el sistema que ha definido la compañía. Por otro lado, se considera de suma importancia contar con un indicador de la aplicación del modelo de operación de Anglo American para aquellas actividades que no sean consideradas programables como, por ejemplo, trabajos que no requieran recursos para su ejecución.

Bajo este contexto, se elabora un indicador capaz de medir un porcentaje de acercamiento al modelo de operación en actividades o trabajos que no son ingresados al sistema para su programación.

Por su parte, los indicadores de aplicación del AOM definidos por la empresa hacen referencia a medidas globales (nivel de trabajos), no considerando las actividades de forma individual que componen a un trabajo completo. Es por ello que se elabora un indicador cualitativo que vincule los KPI's definidos por la empresa y que a la vez represente a una actividad de forma individual.

### 4.1. KPI's Gestión del Trabajo AA

#### 4.1.1. Trabajo Correcto

Este indicador mide si el trabajo es realizado de forma correcta. Utiliza como inputs la cantidad de trabajos programados y completados. Se define como el "Trabajo programado y completado dentro de un periodo programado comparado con el total de trabajos completados en ese periodo" y se representa con la siguiente ecuación

*Ecuación 1: KPI Trabajo Correcto*

$$\text{Trabajo programado} = \frac{\text{Trabajo Programado y Completado}}{\text{Trabajos completados}}$$

Cabe destacar que los “Trabajos Completados” son considerados como aquellos cuya ejecución finaliza sin importar si es programado o no, mientras que los trabajos programados son aquellos que ingresan al sistema. Para un mayor entendimiento se representan los conjuntos de trabajos en la siguiente Figura.

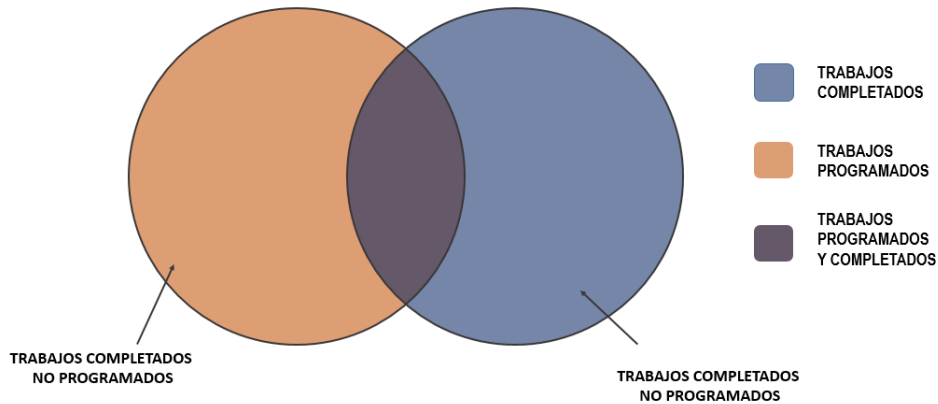


Figura 23: Trabajos programados y completados. Adaptado de «Operating Model Work Management KPI's» de Anglo American, 2016, p. 3.

#### 4.1.2. Tiempo correcto

Mide si el trabajo es ejecutado en el tiempo oportuno. Al igual que el KPI que representa el Trabajo Correcto, utiliza como inputs la cantidad de trabajos programados y completados. Se define como el “Trabajo programado y completado dentro de un periodo programado comparado con el trabajo programado dentro del periodo” y se representa como muestra la siguiente ecuación

Ecuación 2: KPI Tiempo Correcto

$$\text{Cumplimiento de ejecución del programa} = \frac{\text{Trabajo Programado y Completado}}{\text{Trabajos Programados}}$$

Tal como es observado en la ecuación, también es conocido como el cumplimiento de la ejecución del programa.

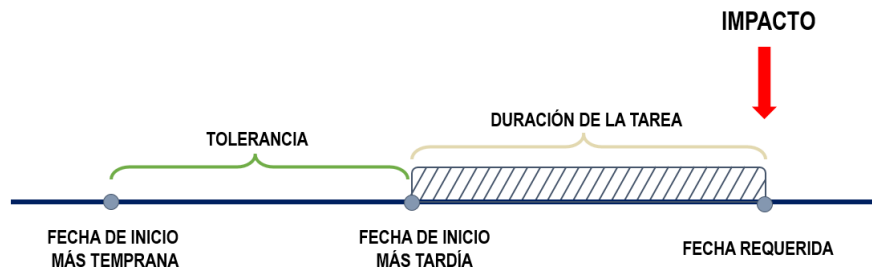
### 4.1.3. Programación

Este KPI mide la efectividad de la programación, indicada por el nivel de trabajo que está programado para completarse en el momento adecuado. Se define como los “Trabajos con una fecha de inicio programada dentro de la tolerancia” y requiere como inputs las fechas de inicio programa, fecha requerida y duración del trabajo. Su ecuación es la siguiente.

*Ecuación 3: KPI Efectividad de Programación*

$$\text{Efectividad de Programación} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de tareas programadas en tolerancia}}{\text{N}^\circ \text{ de trabajos en programa}}$$

A su vez, la tolerancia de un trabajo se define como el periodo antes de la fecha requerida menos la duración del trabajo y se observa de forma representativa en la siguiente Figura.



*Figura 24: Tolerancia de un trabajo. Fuente: Elaboración*

Otra de sus definiciones contempla los términos de Fecha de Inicio más temprana y Fecha de inicio más tardía, descritas en el CAPITULO 3: y consiste en el periodo comprendido entre ambos conceptos.

Cabe destacar que existen más indicadores definidos por la compañía, sin embargo, para efectos del análisis que se realiza a lo largo de esta memoria, analizan los tres KPI's descritos en este capítulo.

## 4.2. Indicadores Cualitativos

Con el objetivo de medir la aplicación del modelo de operación de una actividad de forma individual, se elaboran indicadores de carácter cualitativos basado en la vinculación entre los KPI's definidos por la compañía.

Un indicador cualitativo se basa en un análisis contextual y mide entre otras cosas la eficacia, definida como la capacidad de conseguir el resultado que se busca, de un determinado proceso o actividad. Bajo este contexto y para llevar una adecuada elaboración del indicador, se utiliza como resultado tan dos posibles alternativas para cada indicador.

- Trabajo correcto:
  - a. La actividad es realizada de forma correcta
  - b. La actividad no es realizada de forma correcta
  
- Tiempo correcto
  - a. La actividad es realizada en el tiempo correcto
  - b. La actividad no es realizada en el tiempo correcto
  
- Programación eficiente
  - a. La actividad es programada de forma eficiente
  - b. La actividad no es programada de forma eficiente

En base a lo anterior, se decide para todos los indicadores, correlacionar el cumplimiento total de los KPI's respectivos, es decir, alcanzar un 100% en la medición.

De acuerdo a la Ecuación 1, un trabajo es considerado 100% correcto cuando todas las actividades que son completadas están programadas en el sistema. De esta manera, se considera una actividad como correcta cuando es programada y completada.

Por su parte, la Ecuación 2 define a un trabajo realizado 100% en el tiempo correcto cuando todas las actividades que son programadas se completan, lo que permite considerar que una actividad es realizada en el tiempo correcto cuando esta se programa y completa en el periodo programado.

En cuanto al KPI que mide la eficiencia de la programación y considerando la Ecuación 3, se define como un programa 100% efectivo aquel en donde todos los trabajos programados, son programados en tolerancia. En base a ello, se considera que una actividad es programada eficientemente cuando es programada en tolerancia.

Finalmente, la información se representa en la siguiente tabla.

**Tabla 5:** Indicadores Cualitativos

<b>Indicador</b>	<b>Resultado</b>	<b>Criterio de decisión</b>
<b>Trabajo Correcto</b>	La actividad es realizada de forma correcta	La actividad es programada y completada
	La actividad no es realizada de forma correcta	La actividad no es programada y/o completada
<b>Tiempo Correcto</b>	La actividad es realizada en el tiempo correcto	La actividad es programada y completada en el periodo programado
	La actividad no es realizada en el tiempo correcto	La actividad no es programada y/o completada, o bien, es programada y completada fuera del periodo programado
<b>Programación eficiente</b>	La actividad es programada de forma eficiente	La actividad es programada en tolerancia
	La actividad no es programada de forma eficiente	La actividad es programada fuera del periodo de tolerancia

*Nota.* Descripción y criterios de decisión de Indicadores Cualitativos vinculados a KPI's de la compañía. Fuente: Elaboración propia.

### 4.3. Metodología MT

Los diagramas esquemáticos del modelo de operación se componen de elementos, los que a su vez se constituyen de una serie de acciones o decisiones a tomar. La teoría del modelo de operación de Anglo American realiza la importancia del cómo realizar estas acciones o toma de decisiones con el objetivo alcanzar desempeños coherentes a cada actividad. Para ello, la compañía define componentes estándar que especifican cada acción o decisión y consecuentemente cada elemento del flujograma de AOM. Estos componentes se definen a continuación.

1. Contexto: Indica el motivo de la acción o decisión, como se integra con las acciones y decisiones conectadas a ella y cuál es la teoría relacionada con la acción.
2. Propósito: Indica la función singular de esta acción o decisión dentro del proceso general.
3. Cantidad: Entregables cuantificables o medibles de la acción o decisión. Consiste en la lista de control de los entregables de la tarea.
4. Calidad: Especificación para el método de producción del entregable y sus criterios de calidad / aceptación.
5. Recursos: El rol organizacional responsable de la tarea
6. Tiempo: Restricciones de tiempo que deben cumplirse para realizar la acción y decisión.

En base a esta teoría se define una metodología que permita determinar un porcentaje de apego al modelo de operación de Anglo American. Este método es representado por 3 de los 7 componentes de cada acción: Propósito, Cantidad y Calidad, cuya selección es fundamentada tras analizar y considerar a estos como los más representativos. Cabe destacar que la compañía define como componentes de especificación para cada elemento solo los primeros 4, hecho que es considerado para la selección de criterios de la metodología.

El peso entregado a cada componente se distribuye en 10%, 10% y 80% para los componentes propósito, cantidad y calidad respectivamente, mientras que el criterio utilizado para la asignación de puntajes y con ello el carácter estricto que adquiere se basa en cumplir y mantener uno de los propósitos de Anglo American: mantener un desempeño destacable, lo que se consigue tras seguir los lineamientos del modelo de operación.

La distribución del puntaje se muestra en la siguiente tabla

**Tabla 6:** Criterios de Asignación de puntaje Metodología MT

<b>Componente</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Descripción</b>	<b>Puntaje asignado</b>
<b>Propósito</b>	$\lambda = 10\%$	Se cumple con la función descrita.	1
		No se cumple con la función descrita.	0
<b>Cantidad</b>	$\lambda = 10\%$	Se cumple con todos los entregables.	1
		No se cumple con todos los entregables	0
<b>Calidad</b>	$\varphi = 80\%$	Se cumplen todos los criterios establecidos.	1
		Se cumple al menos la mitad de los criterios establecidos.	0.5
		No se cumple o se cumple menos de la mitad de los criterios establecidos.	0

*Nota.* Descripción, ponderación, puntaje de asignación de componentes de medición de metodología MT. Fuente: Elaboración propia.

Esta metodología permite obtener resultados de carácter cuantitativos que miden la aplicación del modelo de operación global de una actividad, por cada elemento del flujograma que definen las etapas del AOM y por cada acción o decisión constituyente de elementos. También permite determinar un porcentaje de cumplimiento asociado a los componentes que forman parte del cálculo. De esta manera, la información que entrega la matriz permite realizar un análisis de mayor profundidad que no solo considera la medición de la aplicación del modelo de operación sobre una actividad, sino que también de las partes que componen al modelo y cuanto se acerca en cada componente considerada.



La matriz mencionada contempla las acciones, componentes y los elementos de una etapa de la gestión del trabajo. Su distribución permite la clara visualización de los resultados definidos y representados por las variables  $a$ ,  $a_n$ ,  $b$ ,  $b_j$ ,  $c$ ,  $d$  y  $e$  tal como se representa en la **Tabla 7**. Se consideran como resultados referenciales de un aceptable cumplimiento o apego al modelo de operación valores por sobre el 75% para las variables  $a$  y  $b$ , mientras que resultados por sobre el 55% es considerado razonable.

**Tabla 7:** Metodología MT

Acciones	Componentes			Promedio (%)	Elementos (%)
	Propósito ( $\lambda=0.1$ )	Cantidad ( $\lambda=0.1$ )	Calidad ( $\varphi=0.8$ )		
<b>WA01</b>	1	1	0	<b>a.1</b>	Generación de trabajo AD-HOC <b>b1</b>
<b>WA02</b>	1	1	0.5	<b>a.2</b>	
.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	
<b>WAn-1</b>	1	0	0	<b>a.n-1</b>	.
<b>WAn</b>	0	0	0	<b>a.n</b>	<b>bj</b>
Promedio (%)	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>e</b>	<b>a</b>	<b>b</b>

*Nota.* Matriz de resultados tras aplicación de metodología MT. Contempla acciones y elementos de una etapa del modelo de operación. También incluye los componentes que definen cada acción. Fuente: Elaboración propia.

Donde  $a_n$  representa el porcentaje de apego al modelo de operación de la acción  $n$  en base a los criterios definidos anteriormente. Su cálculo se determina de acuerdo a la Ecuación 4, donde  $C_{1,2,3}$  representan los componentes propósito, calidad y cantidad respectivamente.

*Ecuación 4: Medición de Aplicación AOM por acción en la etapa k*

$$a_{kn} = 100 \cdot (\lambda \cdot C_{1n} + \lambda \cdot C_{2n} + \varphi \cdot C_{3n}) \quad \forall n \in N_k, \text{ con } k \in [1,5]$$

Cabe destacar que  $k$  hace referencia a las etapas del proceso de gestión del trabajo. De esta manera se define  $N_k$  como el conjunto de todas ( $n$ ) las acciones que conforman a la etapa  $k$ . De forma análoga, se define  $J_k$  como el conjunto de todos ( $j$ ) los elementos que conforman a la etapa  $k$ .

Cada etapa de la gestión del trabajo, se compone de una cantidad distinta de acciones y de elementos que varía según la etapa. Estos valores se muestran en la siguiente tabla

Tabla 8: Rangos de acciones y elementos de las etapas de gestión del trabajo

Variable	Descripción	Aprobación k = 1	Planificación k = 2	Programación k = 3	Recursos k = 4	Ejecución k = 5
n	Acciones	$N_1 \in [1,17]$	$N_2 \in [1,25]$	$N_3 \in [1,19]$	$N_4 \in [1,22]$	$N_5 \in [1,41]$
j	Elementos	$J_1 \in [1,5]$	$J_2 \in [1,8]$	$J_3 \in [1,7]$	$J_4 \in [1,4]$	$J_5 \in [1,9]$

Nota. Rango de acciones y elementos de las etapas de gestión del trabajo, representadas por los conjuntos N y J respectivamente. Fuente: Elaboración propia.

Por su parte,  $a$ , representa la medición de la aplicación al modelo de operación para la etapa  $k$ , considerando que todas las acciones que componen a la etapa  $k$  tienen igual ponderación. Su cálculo queda definido por la siguiente ecuación.

Ecuación 5: Medición de Aplicación del AOM en la etapa  $k$

$$a_k = 100 \cdot \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{n} \quad \forall n \in N_k, \text{ con } k \in [1,5]$$

Las variables  $c, d, e$  representan el porcentaje de cumplimiento de los componentes  $C_1, C_2, C_3$  (referentes al propósito, cantidad y cumplimiento respectivamente) de la acción  $i$  en la etapa  $k$  y se determinan como un promedio simple del puntaje de todas las acciones. El cálculo se representa en las siguientes ecuaciones

Ecuación 6: Porcentaje de cumplimiento del propósito de la acción  $i$  en la etapa  $k$

$$c_k = 100 \cdot \frac{\sum_{i=1}^n C_{1i}}{n} \quad \forall n \in N_k, \text{ con } k \in [1,5]$$

Ecuación 7: Porcentaje de cumplimiento de la cantidad de la acción  $i$  en la etapa  $k$

$$d_k = 100 \cdot \frac{\sum_{i=1}^n C_{2i}}{n} \quad \forall n \in N_k, \text{ con } k \in [1,5]$$

*Ecuación 8: Porcentaje de cumplimiento de la calidad de la acción i en la etapa k*

$$e_k = 100 \cdot \frac{\sum_{i=1}^n C_{3i}}{n} \quad \forall n \in N_k, \text{ con } k \in [1,5]$$

Por último la variable  $b_j$  representa el % de apego del elemento  $j$  al modelo de operación en la etapa  $k$ . Su cálculo se determina de acuerdo a la Ecuación 9, mientras que  $b$  mide la aplicación del modelo de operación de la etapa  $k$  de una respectiva actividad, considerando que todas los elementos  $j$  tienen igual ponderación. Su cálculo se determina a partir de la Ecuación 10.

*Ecuación 9: Medición de aplicación del AOM por elemento j en la etapa k*

$$b_{kj} = 100 \cdot \frac{\sum_{i=1}^j b_i}{j} \quad \forall j \in J_k, \text{ con } k \in [1,5]$$

*Ecuación 10: Medición de aplicación del AOM en base a elementos*

$$b_k = 100 \cdot \frac{\sum_{i=1}^j b_i}{j} \quad \forall j \in J_k, \text{ con } k \in [1,5]$$

Finalmente, para determinar un resultado global que mida la aplicación del modelo de operación a una actividad, se calcula con igual ponderación un promedio de los valores que representan la medición de aplicación del AOM por etapa ( $a_{kn}$  y  $b_{kj}$ ). El cálculo queda definido por las siguientes ecuaciones

*Ecuación 11: Medición de aplicación AOM (igual ponderación de acciones)*

$$A = 100 \cdot \frac{\sum_{i=1}^k a_k}{k} \quad \forall k \in [1,5]$$

*Ecuación 12: Medición de aplicación AOM (distinta ponderación de acciones)*

$$B = 100 \cdot \frac{\sum_{i=1}^k b_k}{k} \quad \forall k \in [1,5]$$

Donde A representa la medición de aplicación del AOM considerando igual ponderación de las acciones que definen cada etapa, mientras que B considera una ponderación distinta para cada acción pero que permite otorgar igual ponderación a los elementos.

# CAPITULO 5: DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL

## 5.1. AOM en fases productivas

Desde la implementación del modelo de operación descrito en los capítulos anteriores, Anglo American ha utilizado para el desarrollo de las diferentes actividades requeridas por la mina, plataformas de trabajo que integran su aplicación.

Actualmente las etapas del modelo de operación son aplicadas de forma integrada con el uso de la plataforma Atlas, software programación de trabajos que Anglo American ha adaptado al modelo corporativo. Cuando las tareas adquieren un carácter urgente, se ingresan avisos (que antiguamente y bajo el modelo de operación, reciben el nombre de *work request*) mediante la plataforma SAP AOP, un sistema informático que permite a la empresa administrar recursos humanos, financieros, logístico y junto con ello mejorar la planificación de producción, programación, y envío de productos (SAP , 2019)

Los resultados obtenidos tras la implementación del modelo de operación en el área de mina en el año 2016, específicamente en fases productivas de Los Bronces, muestran incidencia directa en el cumplimiento de planes en áreas de trabajo (Area Compliance). Este indicador, que considera una componente espacial (área) y temporal, entrega el cumplimiento de la secuencia de extracción – tonelaje con respecto al plan Budget. Los resultados obtenidos alcanzan mejoras cercanas al 9% con respecto al cumplimiento estimado sin la aplicación del modelo de operación (ver Gráfico 2)

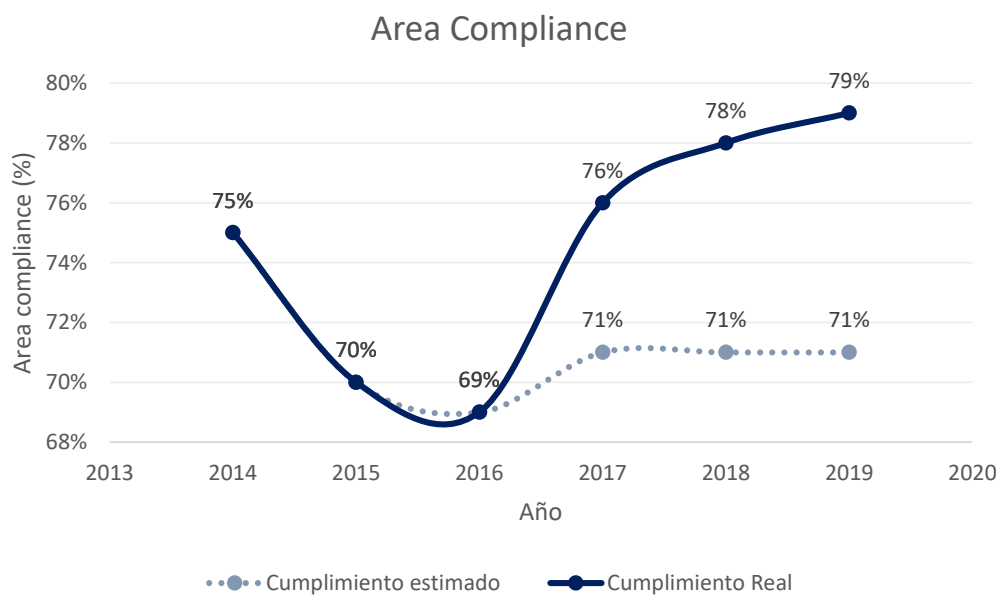


Gráfico 2: Area compliance por año. Adaptado de «Short Term Mine Planning Practices to Successful Execution» de Anglo American, 2019, p. 9.

Por otro lado, un análisis comparativo a nivel de movimiento de material planificado vs real y representado en el Gráfico 3 permite verificar que a partir del año 2017 se produce una disminución importante en los máximos y mínimos de la variable estudiada. Esta reducción, que se infiere como consecuencia directa de la implementación del Modelo de operación de Anglo American durante el año 2016, permite disminuir la inestabilidad volviendo los resultados más predecibles y con un mayor nivel de confianza.

Es por ello que la reducción de la variabilidad, que es una de las bases de Modelo de operación de Anglo American, permite la obtención de un incremento en la eficiencia y desempeño basado en el aumento de la capacidad que logra la estabilización del proceso.

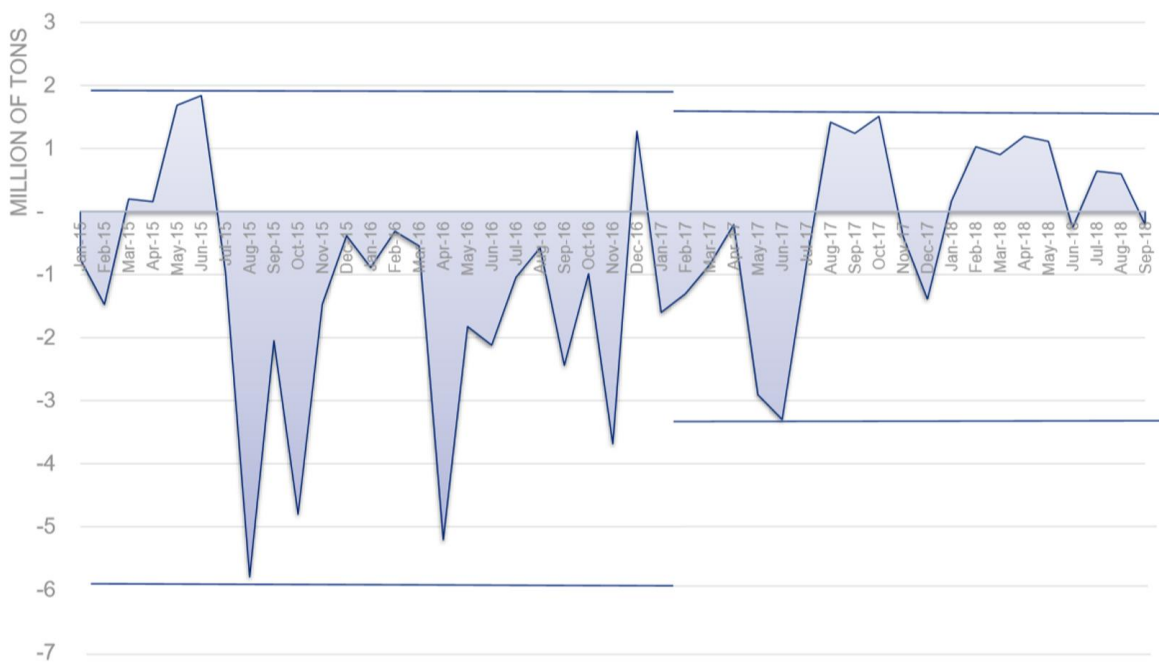


Gráfico 3: Diferencia Expit Real vs ST. Adaptado de «Short Term Mine Planning Practices to Successful Execution» de Anglo American, 2019, p. 15.

## 5.2. AOM en Fase Donoso 2

### 5.2.1. Inicio y data de aplicación del AOM en Donoso 2

Previo a las contingencias ocurridas durante el segundo semestre de 2019, el modelo de operación de Anglo American es aplicado a Donoso 2, fase que actualmente sigue en desarrollo. El registro de su aplicación se puede corroborar con el ingreso de tareas en las plataformas Atlas y SAP AOP, las que presentan datos asociados a la fase desde septiembre de 2018 hasta agosto de 2019.

Los datos estudiados muestran un ingreso promedio de 200 trabajos mensuales al programa de operación y tan solo 1.8 como avisos en SAP. La información analizada permite el cálculo del KPI que mide si el trabajo es realizado en el tiempo correcto, resultados que arrojan que en promedio un 59% de las tareas se realizan dentro en un tiempo oportuno. Por otro lado, no es posible determinar el porcentaje de trabajos que se realizaron de forma correcta, pues no se cuenta con datos duros que expongan a las actividades que no han sido programadas, pero si completados dentro de la fase.

La distribución mensual de tareas programadas y cerradas correctamente puede observarse en el Gráfico 4.

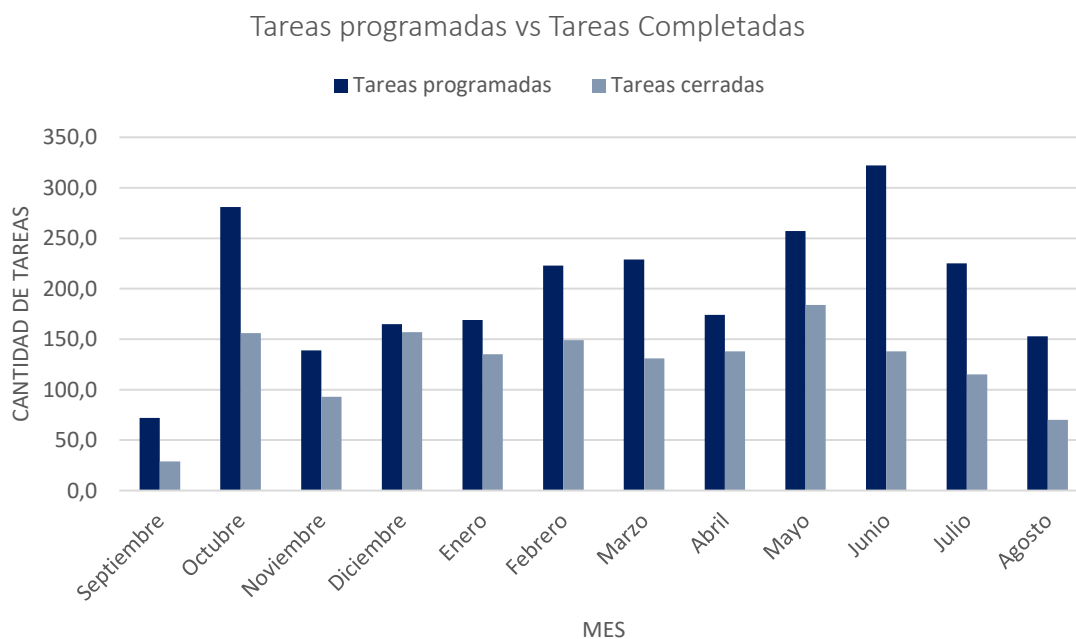


Gráfico 4: Tareas programadas vs Tareas cerradas. Fuente: Elaboración propia

El cálculo del porcentaje de trabajos correctamente cerrados y por ende completados permite realizar un estudio de la semejanza en comportamiento de otras variables asociadas a la industria y propias de la compañía. A partir de ello, se logra encontrar clara tendencia entre la reconciliación de áreas entre la planificación (Short Term) y datos reales obtenidos, y la variable anteriormente descrita. Consecuentemente, al igual que en su implementación inicial en el 2016, la aplicación del Modelo de operación en Donoso 2, muestra incidencia directa y positiva en el cumplimiento de planes en áreas de trabajos (Area Compliance) tal como se representa en el Gráfico 5.

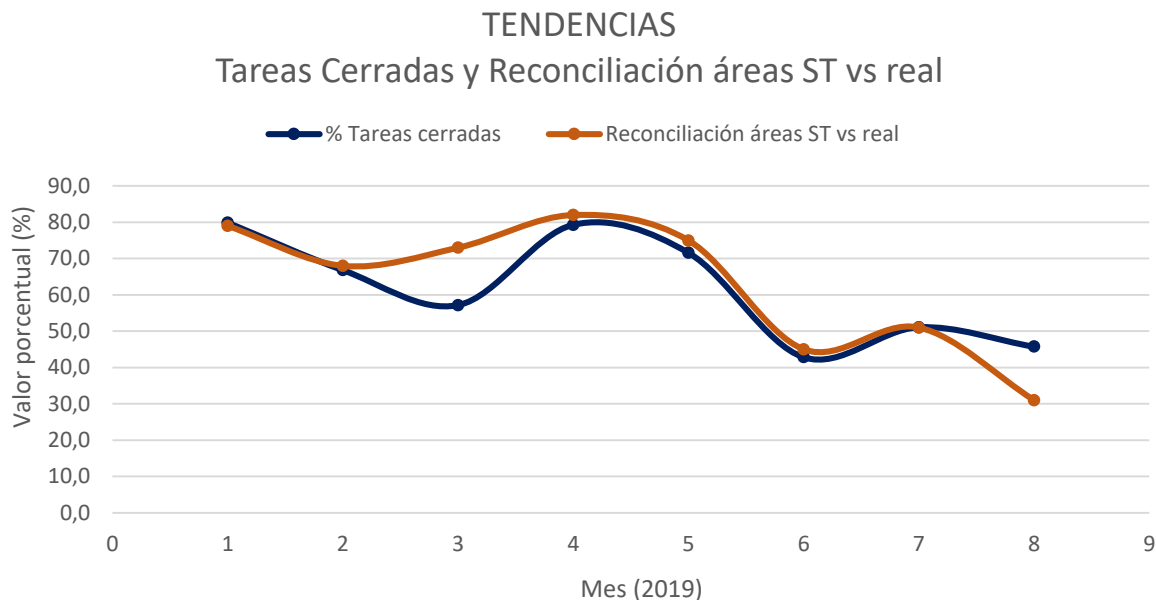


Gráfico 5: Tendencia Tareas cerradas y Reconciliación ST vs Real. Fuente: Elaboración Propia

Por otro lado, el análisis global de trabajos definidos como urgente en el periodo anteriormente descrito, permite establecer que un 42.9% es cerrados correctamente, pero tan solo el 4.8% completado antes de la fecha deseada de término (de un universo de 21 avisos). De acuerdo con los KPI establecidos, estas cifras indican que un reducido porcentaje de trabajos catalogados como urgentes se realiza en el tiempo correcto.

Un análisis más profundo permite establecer que gran parte de los trabajos especificados como urgentes, no siguen de forma estricta la línea que establece SAP AOP y que relaciona de forma integrada el modelo de operación. Un ejemplo de ello queda establecido tras visualizar las cifras del límite superior de costos que han sido ingresadas en cada aviso. Cabe destacar que esta sección también forma parte de la evaluación económica realizada en la etapa de aprobación de trabajo. Del total de avisos ingresados en el periodo analizado, tan solo 8 presentan un monto superior a \$0 y de estos, cerca del 88% presentan montos inferiores a \$500 pesos.

Este análisis permite establecer que, a pesar de adquirir un estado de completado tras el cierre correcto en el sistema, los trabajos no representan un lineamiento eficiente al modelo de operación.

Teniendo en consideración los avisos urgentes ingresados al sistema, se realiza un análisis global que incluye tanto los trabajos programados en Atlas como los ingresados a SAP AOP. Dado que el número de avisos ingresados mensualmente representa solo una pequeña parte de los trabajos incluidos en el programa de operación, la variación de porcentajes de tareas completadas es baja, alcanzando valores que no superan los 0.5%. Este resultado permite determinar que la tendencia de porcentaje de tareas cerradas se mantiene tal como se muestra en el Gráfico 5.

Cabe destacar, que los trabajos completados que no han sido programados no forman parte de la data analizada para este estudio, por lo que se imposibilita el cálculo del KPI que mide si los trabajos son realizados de forma correcta o no. Dado que esta evaluación es considerada por Anglo American como un indicador líder del rendimiento de sus procesos, se realiza un diagnóstico del estado actual de la aplicación del AOM a trabajos que no han sido programados pero que se encuentran en curso para ser completados antes del periodo de contingencia

El diagnóstico del estado actual se realiza en base a 3 trabajos seleccionados bajo criterios de seguridad y urgencia, cuya descripción se realiza a continuación.

**a. Implementación de un sistema de contención de caída de rocas**

Parte del acceso a la fase cuenta con un sistema de contención que permite mitigar peligros asociados al desprendimiento de rocas o inestabilidades de talud que puedan afectar de forma directa a personal o equipos presentes en las áreas de trabajo. La ejecución de diferentes trabajos realizados en el sector, principalmente tronaduras de borde, suelen dañar el sistema de contención, compuesto por barreras new jersey, por lo que el cambio continuo que asegure el cumplimiento de su objetivo es crucial.

**b. Trabajos en sistemas de tuberías STP en envoltorio de la Fase**

Se cuenta con la presencia de un sistema de tuberías de una longitud aproximada de más de 2.5 km de largo que pasan por la envoltorio de la fase, impidiendo la realización normal de trabajos asociados al desarrollo. Por otro lado, la tubería presenta desperfectos en diferentes puntos de su extensión que impiden un flujo adecuado del sistema de manejo de aguas del sector.

**c. Retiro de infraestructura Plataforma 3940**

La presencia de infraestructura en la fase interfiere con el desarrollo de trabajos previos en Donoso 2. Dentro de las instalaciones presentes, destaca la infraestructura eléctrica, sistema de comunicación, container, radares, etc. Para llevar a cabo el retiro, es necesaria una gestión de actividades más detallada debido a la dependencia de este trabajo con un set importante de actividades relacionadas al desarrollo de la fase misma.



Para medir la aplicación del modelo de operación en los trabajos seleccionados se utiliza la Metodología MT descrita en el capítulo anterior. Para el cálculo del resultado se descarta la etapa de ejecución debido a que los trabajos se encuentran en curso al momento de su evaluación. Los resultados arrojados tras el análisis se muestran en la siguiente tabla resumen.

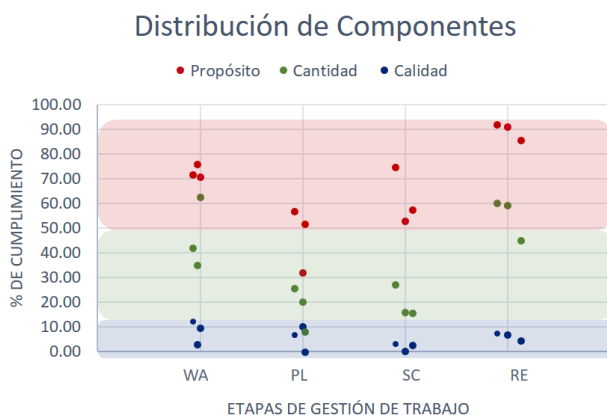
*Tabla 9: Medición del AOM en trabajos D2*

<b>Etapas</b>	<b>Contención (%)</b>	<b>STP (%)</b>	<b>Infraestructura (%)</b>
Aprobación	17.3	18.5	11.3
Planificación	11.8	12.8	5.3
Programación	7.5	12.3	9.8
Recursos	26.2	21.4	16.7
Promedio	15.7	16.2	10.8

*Nota.* Medición del Modelo de operación para diagnóstico del estado actual en trabajos seleccionados. Se miden las etapas de aprobación, planificación, programación y recursos. Fuente: Elaboración propia.

De la tabla se desprende que existe una deficiente aplicación del modelo de operación en los trabajos evaluados, no superando el 20% en ninguna de las actividades. Se destaca que los valores más bajos observados pertenecen a la etapa de programación, los que no superan en promedio el 10%.

Por otro lado, se determinan resultados a nivel de componentes, los que son representados de manera ilustrativa como puede observarse en el siguiente gráfico



*Gráfico 6: Distribución de Componentes análisis trabajos seleccionados, donde WA representa Aprobación de Trabajo; PL planificación, SC programación y RE recursos. Fuente: Elaboración propia.*

Los resultados obtenidos muestran la mayor concentración para el componente que hace énfasis al cumplimiento del propósito, alcanzando como resultado cerca de un 67.5% de cumplimiento, mientras que para la cantidad de entregables el valor disminuye a un 34.5%. Finalmente, la menor representación de los 3 componentes utilizados es obtenida por la calidad, alcanzando tan solo un 5.3%.

A partir de ello se infiere que los resultados arrojados en la **Tabla 9** son obtenidos principalmente por el aporte que entrega el cumplimiento del propósito y la cantidad, que en conjunto representan a más del 90%. Sin embargo, dado los bajos ponderadores asociados a estos componentes, el resultado final es castigado y altamente influenciado por la calidad. Se desprende que las acciones que conforman al AOM cumplen con su propósito, pero con una calidad deficiente.

## 5.2.2. Contingencia Fase Donoso 2

### Contexto y posible origen del problema

El día 11 de agosto de 2019 cerca de las 08.00 AM se produce un fallamiento parcial de banco en un talud blocoso de mala calidad, desencadenando la caída de material desde una altura aproximada de 78 metros hacia la rampa aguas azules, siguiendo el camino que se muestra en la Figura 25 (A). La falta de capacidad de contención de las bermas presentes en el sector desata la afectación directa a un equipo minibús que traslada a personal por el acceso. Producto de esto, se restringe el ingreso a la fase hasta cumplir con los estándares mínimos que permitan cubrir las condiciones óptimas para el sector.

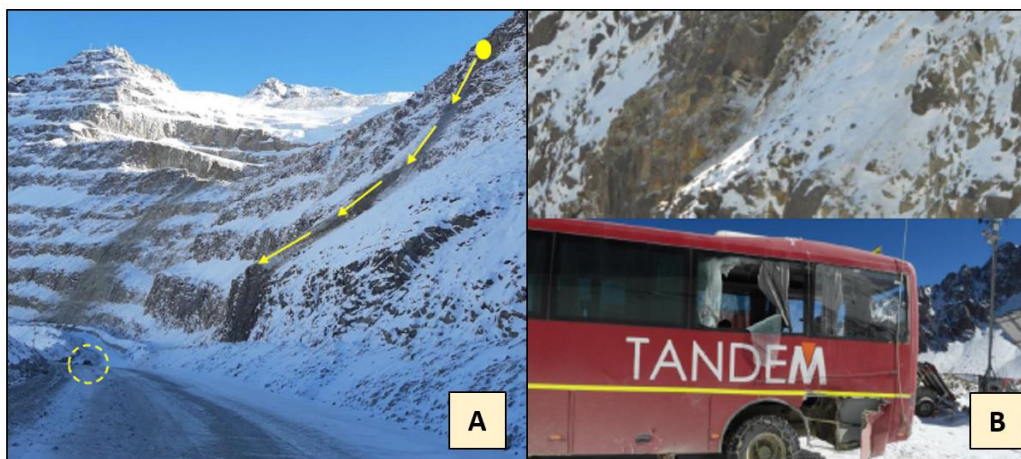


Figura 25: Fallamiento parcial de Banco (A) y minibús afectado (B) en incidente de caída de roca rampa aguas azules. Extraído de «Plan Comunicacional Incidente D2» de Superintendencia D2, 2019, Plan Comunicacional estandarización Aguas Azules, p. 3.

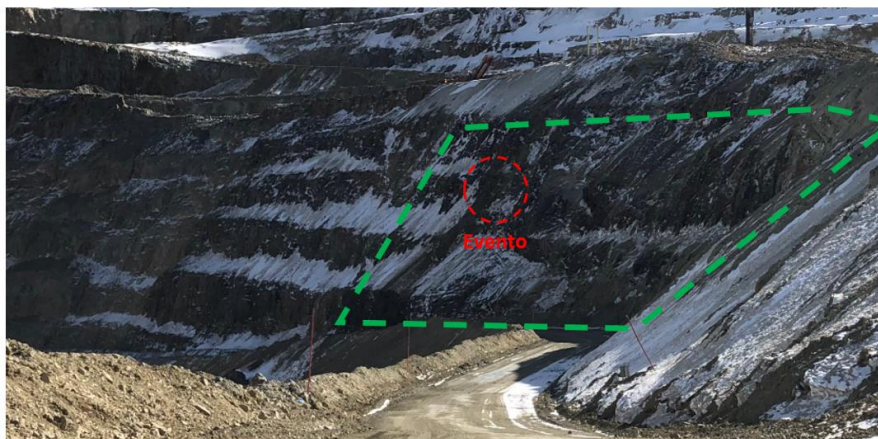
Dentro de las causas del incidente analizado se encuentra la deficiente evaluación e inspección geomecánica del sector, que no considera el riesgo de fallamiento a escala de banco. Sumado a esto, se califica como causa adicional la inexistencia de una verificación de la implementación de la recomendación geomecánica emitida. Estos factores provocan consecuencias en los avances de producción, desarrollo de fases, ejecución de trabajos, entre otros, atentando contra el programa establecido y consecuentemente con la aplicación del Modelo de operación.

Por otro lado, el hecho de no aprobar, planificar, programar o ejecutar de forma adecuada un trabajo, no permite abordar todos los aspectos que incluye el AOM y, considerando que este otorga especial énfasis en la identificación, control y mitigación de riesgos, el incidente ocurrido durante el mes de agosto puede ser considerado como un ejemplo de falla o incumplimiento al Modelo de operación, pues una correcta aplicación no da espacio para originar eventos de ninguna clase.

Considerando estas observaciones se infiere que no acoger las recomendaciones geomecánicas o evaluaciones e inspecciones del sector pueden considerarse causantes de la generación de eventos no deseados producto de una deficiente identificación de riesgos, desencadenando la posibilidad de comprometer los planes y programaciones, y consecuentemente afectando al Modelo de operación.

### **Trabajos de Estandarización de Rampa Aguas Azules**

Luego de ocurrido el incidente, el acceso a la fase y por ende el tránsito en la rampa aguas azules queda restringido hasta implementar un sistema que permita mitigar eventos no deseados en el sector. Bajo este contexto, se solicita definir e implementar un programa de estandarización compuesto por 14 actividades que deben ser ejecutadas por personal estrictamente necesario en la zona delimitada que muestra a continuación.



*Figura 26: Sector de incidente caída de roca y zona de trabajos de estandarización de rampa. Extraída de «Plan de Estandarización» de Superintendencia D2, 2019, Plan comunicacional término de estandarización Rampa Aguas Azules, p. 2.*



**Tabla 10:** Carácter trabajos de estandarización

N°	Actividad	Fecha Requerida	Impacto	Carácter
1	Reubicación radares, y nuevo seteo de monitoreo	06-09-19	1	Urgente
2	Plan de comunicación Instructivos de trabajos	06-09-19	2	Urgente
3	Revisión Excavadora 3	09-09-19	2	Urgente
4	Preparación de plataforma para instalación de mallas	10-09-19	1	Urgente
5	Traslado a punto intermedio de materiales	11-09-19	2	Urgente
6	Saneamiento manual localizado	27-09-19	1	Urgente
7	Instalación de mallas en cresta de Fase Donoso 2	27-10-19	1	Urgente
8	Evaluación geomecánica post instalación malla	28-10-19	2	Urgente
9	Limpieza de berma saturada	01-11-19	2	Urgente
10	Instalación Barreras New Jersey	11-11-19	2	Urgente
11	Retiro de minibus Tandem	16-10-19	2	Urgente
12	Retiro de equipos OGM	19-10-19	2	Urgente
13	Enmallado adicional sector este.	05-11-19	1	Urgente
14	Instalación adicional Barreras NJ sector este.	10-11-19	2	Urgente

*Nota.* Definición de carácter de actividades de estandarización, junto con la fecha requerida e impacto provocado (1, 2 o 3). Fuente: Elaboración propia.

Cabe mencionar que la totalidad de las actividades asociadas a los trabajos de estandarización del acceso a Donoso 2 y mostradas en la Tabla 10 son terminadas, adquiriendo un estado de completadas no programadas y permitiendo la reapertura de la fase. De acuerdo con los KPI's descritos en los capítulos anteriores, estas consideraciones permiten establecer que el trabajo no es realizado de forma correcta ni tampoco en el tiempo correcto, teniendo nulo apego al modelo de operación tanto a nivel global como individual.

Se destaca que las restricciones sugeridas y establecidas por las áreas de geomecánica y seguridad, en conjunto con el cierre de la fase, interfieren de forma directa con el trabajo cotidiano dentro de ella, impidiendo de algún u otro modo la aplicación del modelo de operación de forma adecuada y estricta.

## CAPITULO 6: APLICACIÓN DEL AOM A PIONEROS DONOSO 2

Luego de finalizada la estandarización de rampa aguas azules, único acceso a Donoso 2, la zona cuenta con las condiciones necesarias para resguardar a todo personal que se encuentre realizando labores dentro de la fase. Es por ello que el 12 de noviembre de 2019 se da inicio a los trabajos de desarrollo, específicamente asociados al proyecto Pioneros D2, que han de permitir convertir en el mediano plazo a Donoso 2 en una fase productiva.

La aplicación del modelo de operación se realiza de forma parcial a trabajos pioneros cuya factibilidad de programación y ejecución se encuentre dentro del periodo establecido para realizar esta memoria. Bajo este contexto se trabajan y analizan las actividades descritas en la **Tabla 11**.

Tabla 11: Trabajos Pioneros Donoso 2

Trabajo	Actividad	Motivo
Camino Pioneros Donoso 2	Evaluación Geomecánica del acceso	Como condición necesaria y requerida previa realización de trabajos en el sector
	Evaluación de Nivelología del acceso	Como condición necesaria y requerida previa realización de trabajos en el sector
	Saneamiento Manual	Como consecuencia de las evaluaciones realizadas para ejecución de trabajos en el sector
	Trabajos de estandarización de ancho y pendiente camino Pioneros Donoso 2	Requerimiento para ejecución de trabajos en Plataforma 4000 y movimiento de tierra Proyecto Pioneros D2
Trabajos Plataforma 3940	Retiro de infraestructuras de comunicación plataforma 3940	Requerimiento para la ejecución de Trabajos Pioneros
	Ensanche acceso a plataforma (vaciado 400 kton)	Condiciones necesarias para la ejecución de solución de interferencia Vertical Pioneros
Trabajos Eléctricos	Retiro de infraestructura eléctrica ubicada en Plataforma 3940	Requerimiento para la ejecución de Trabajos Pioneros y condición necesaria para trabajos eléctricos
	Construcción de zanja camellón para paso del tendido eléctrico	Como condición necesaria para trabajos eléctricos
	Tendido de cable desde torre en 3985	Requerimiento para suministro de electricidad

Nota. Descripción de actividades asociadas a trabajos pioneros Donoso 2 y motivo de sus requerimientos. Fuente: Elaboración propia.

Estas actividades se realizan en la zona más alta de la fase, por sobre los 3900 m.s.n.m. Tanto el sector que involucra al proyecto Pioneros Donoso 2 como el de las actividades asociadas a su ejecución se representan en la siguiente Figura.

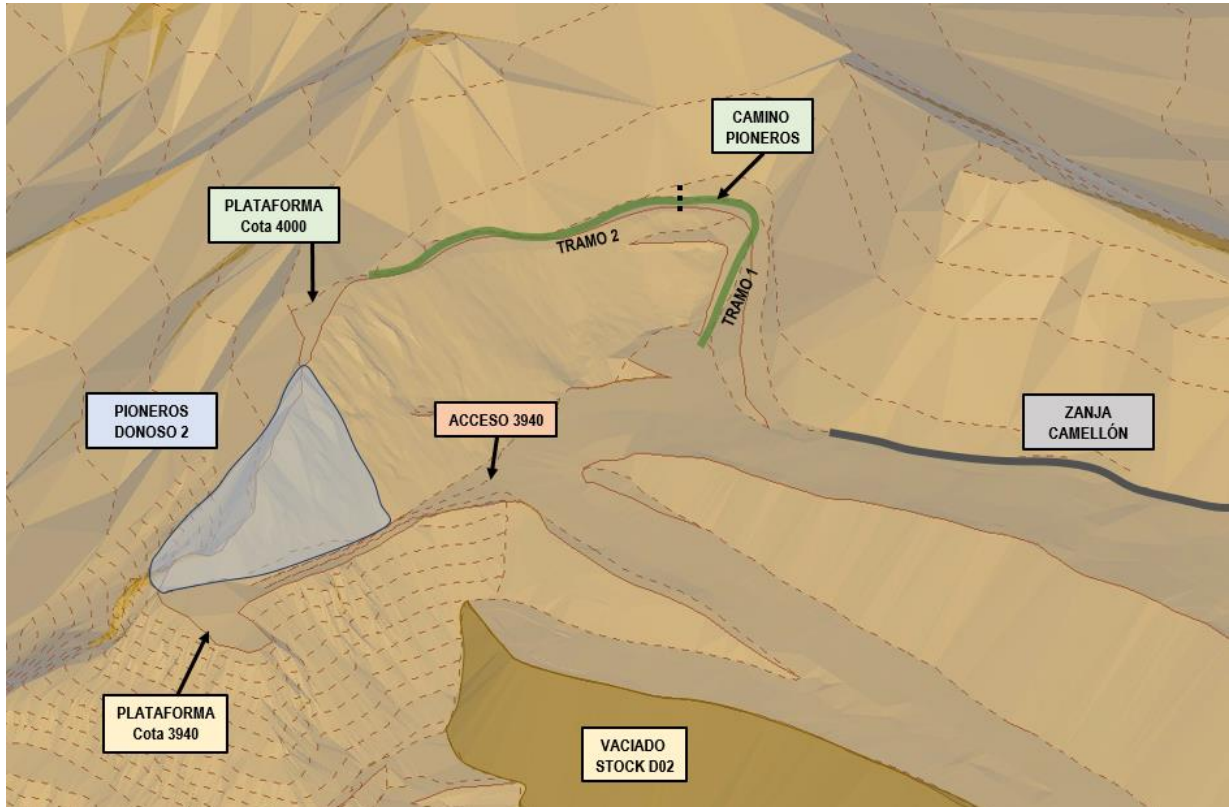


Figura 29: Sector de trabajos Pioneros Donoso 2. Fuente: Elaboración propia.

Con el propósito de reflejar la aplicación del Modelo de operación de Anglo American, se realiza a continuación un estudio individual sobre las actividades que forman parte de los trabajos expuestos al inicio del capítulo. Para ello se plantea una breve descripción de la aplicación del AOM y posteriormente la medición individual y el análisis de los resultados arrojados, en base a los indicadores cualitativos y metodología MT definidos en el CAPITULO 3: y al estado que adquiere la actividad, pudiendo ser completado programado, completado no programado o programado no completado.

Finalmente se realiza una medición y análisis global de la aplicación del modelo a nivel de trabajo con el uso de los KPI's definidos por la compañía.

## 6.1. Acceso Pioneros Donoso 2

### 6.1.1. Evaluación Geomecánica del Camino Pioneros D2

#### Aplicación del Modelo de operación

Tras evaluar el carácter de esta actividad considerando como impacto la incidencia en los tiempos de ejecución de los trabajos que son requerimiento para el inicio de la extracción de material en Pioneros, se califica como una actividad urgente. En base al modelo de operación, se procede con su ingreso a la plataforma SAP AOP, considerando como fecha requerida el 18 de octubre de 2019 e Impacto 2, definido como una amenaza contenible o recuperable, tal como muestra la Figura 30.

The screenshot displays the SAP AOP interface for a maintenance notice. The title is 'Visualizar aviso-MT: Mantenimiento'. The notice ID is 11417734, with a description of 'Evaluación geomecánica acceso pionerosD2'. The status is 'MEAB' and the user is 'OPN'. The location is '00000CAMDON2.TR01' (Tramo 01 Donoso 2). The notice is categorized as 'Trabajo urgente' (urgent work) with a description of 'Evaluación geomecánica acceso pionerosD2'. A timestamp indicates it was created on 17.10.2019 at 14:44:22 by user DCATALA. The responsible person is 'BD1AA / C201 Supervisor Geomecnica'. The start date is 17.10.2019 at 09:43:24, and the end date is 18.10.2019 at 12:00:00. The impact is 'Medio - Contenible / Recuperable'.

Figura 30: Aviso SAP - Evaluación Geomecánica acceso Pioneros (5.1.1). Fuente: Captura propia a partir de la plataforma SAP.

Sin embargo, a pesar del ingreso de la solicitud al sistema, esta no es aprobada, manteniendo su estado en “abierto” (*Status usuario: OPN.*) tal como se muestra en la Figura 31. Este hecho no permite el avance del proceso a través la plataforma y afectando directamente a la aplicación estándar del modelo de operación.

Id	Descripción	Orden	Fecha de aviso	Aviso	Ubicación técnica	Creado por	Equipo	Status usuario
	Evaluación geomecánica acceso pioneros		17.10.2019	11417734	00000CAMDON2.TR01	DCATALA		OPN
	Creación de plataforma Pioneros D2		17.10.2019	11417811	00000CAMDON2.TR01			OPN
	Diseño Perforación Pioneros D2		17.10.2019	11417823	00000CAMDON2.TR01			OPN
	Acceso Stock D2 portal STP		09.10.2019	11410041	00000CAMDON2.TR02			OPN

Figura 31: Visualización Actividad 5.1.1 SAP. Fuente: Captura propia a partir de la plataforma SAP.



Cabe destacar que esta actividad si es realizada, trayendo como consecuencia la recomendación de un Saneamiento Manual que mejore las condiciones de riesgos de caída de rocas o desprendimientos de materiales desde los taludes ubicados en sector Pioneros. La actividad se da por terminada fuera del plazo establecido en el aviso SAP y la notificación de su culminación, junto con la recomendación se realiza vía correo electrónico.

### Medición de aplicación y análisis de resultados individuales

El escenario descrito en el punto anterior, permite definir el estado final de la actividad como completada no programada. Al realizar un análisis a nivel de medición de la aplicación del AOM y considerando el estado y carácter urgente de la tarea, se obtienen los siguientes KPI's

Tabla 12: KPI GT - Evaluación Geomecánica del Acceso Pioneros D2

KPI	Valor
<b>Forma Correcta</b>	No
<b>Tiempo Correcto</b>	No

*Nota.* Resultados de indicador cualitativo para la medición de aplicación del AOM en evaluación geomecánica del acceso a pioneros Donoso 2. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos y representados en la tabla anterior son consecuencia de considerar la actividad en cuestión como no programada, pues ambos indicadores utilizan como input este estado para su determinación. Cabe mencionar que la falta de aprobación en el sistema SAP no permite un análisis más profundo.

### 6.1.2. Evaluación de Nivología del Acceso

#### Aplicación del Modelo de operación

Dado el estado del terreno y la variante condición climática que se observa en Los Bronces, se requiere evaluación por parte del área de nivología para la futura ejecución de labores en el sector.

Por las mismas razones expuestas en el análisis de la actividad 6.1.1, esta evaluación se clasifica como una actividad urgente, procediendo al ingreso del aviso en SAP. Sin embargo, la falta de un punto de trabajo responsable acorde a requerimientos dirigidos al área de Nivología, imposibilita la generación del aviso en el sistema, obligando el envío de esta solicitud a través de medios alternativos.

Cabe destacar que la inspección solicitada es realizada y completada con fecha 17 de octubre de 2019 dentro de los plazos correspondientes y entrega recomendaciones de evaluación de condiciones según horario. La evidencia de la inspección realizada puede observarse en la siguiente Figura.




 ANGLOAMERICAN DIVISION LOS BRONCES SISTEMA INTEGRADO DE GESTION "INFORME DE INSPECCION DE LADERAS"			
Gerencia		: SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL	
Superintendencia		: OPERACIÓN INVIERNO	
Empresa Contratista / N° Contrato		: CESMEC S.A/1.17.0193.1	
Fecha Inspección: 17-10-2019		Actividad a Realizar: Inspección laderas Área Mina Rajo	
Supervisor		Guillermo Pavéz	
Nivologo evaluador		Christian Beiza - Felipe Oyaneder	
Sector	Hallazgo	Evidencia Hallazgo	Recomendaciones
Sector Pioneros - Donoso Dos		 <p>Según evaluación en sector Pioneros - Donoso Dos, el manto nivoso existente tiene una altura de 40 - 70 cm. El manto se encuentra bien cohesionado y estable sin riesgo de caída de placas.</p>	<p>Evaluar condiciones de acceso, frente a la caída de rocas, en horarios de mayor temperatura y exposición a radiación solar.</p>

Figura 32: Evaluación de Nivología Completada. Extraído de «Inspección laderas Área Mina Rajo» de Cesmec, 2019, Informe de inspecciones de laderas, p. 1.

### Medición de aplicación y análisis de resultados individuales

En base el contexto descrito anteriormente, la Evaluación de Nivología del acceso a Pioneros adquiere un estado de completada no programada. Consecuentemente y en línea al análisis de la actividad anterior, se infiere que la ejecución de esta tarea no es realizada ni de la forma ni en el tiempo correcto.

#### 6.1.3. Saneamiento Manual

##### Aplicación del Modelo de operación

El área de planificación establece que las labores de saneamientos manuales no forman parte del programa de operaciones semanal debido a no tener asociado recursos para su ejecución. De esta manera, la actividad recomendada y originada a partir de la evaluación geomecánica del camino a Pioneros D2, no es ingresada al sistema.

La solicitud se realiza vía correo electrónico al área de geomecánica, quienes gestionan el servicio para posteriormente hacer entrega a la Superintendencia de Donoso 2 una oferta técnico-económica como respuesta a los requerimientos. Una vez evaluada, se acepta la propuesta de trabajo y la empresa encargada de los servicios envía una pequeña planificación que considera la fecha de inicio, jornada laboral, duración de la actividad y dotación del personal.

Los trabajos de saneamiento manual comienzan el 18 de noviembre y terminan con una inspección final realizada el 08 de diciembre que determina que el trabajo no deja condiciones de inestabilidad, solo probables caídas de rocas menores hacia camino por erosión o deshielo. El resultado del trabajo puede observarse en la siguiente Figura



*Figura 33: Resultados de ejecución de trabajos de saneamiento manual. Fuente: Captura Propia*

### **Medición de aplicación y análisis de resultados individuales**

Dado que este tipo de trabajos no es considerado en la programación semanal no es posible determinar si el trabajo es realizado de la forma correcta o en el tiempo correcto según los KPI's establecidos a lo largo de este documento. Sin embargo, dada la importancia e impacto que conlleva la ejecución de este trabajo, se decide medir la aplicación del modelo de operación con la Metodología MT descrita en el CAPITULO 4.:

Los resultados arrojados se muestran en la **Tabla 13** y el detalle del cálculo en la sección Anexos. Cabe destacar que el análisis de la etapa de Recursos no es realizado debido a no ser acorde a la actividad.

Tabla 13: Medida de aplicación AOM a saneamiento manual con metodología MT.

Etapa	Propósito (%)	Cantidad (%)	Calidad (%)	Promedio a (%)	Promedio b (%)
Aprobación	82	82	59	64	64
Planificación	90	80	60	65	65
Programación	86	80	39	48	30
Ejecución	95	85	56	63	63
Promedio	88	82	54	60	56

*Nota.* Resultados del empleo de metodología MT para medición de aplicación del modelo de operación en trabajos de saneamiento pioneros Donoso 2. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados anteriores muestran que la ejecución del saneamiento manual tiene un porcentaje de aplicación al modelo de operación analizado cercano al 60% si se considera igual ponderación de acciones, mientras que, en caso contrario, el resultado se reduce a 56%. Gran parte de los valores obtenidos son aportados por las etapas de aprobación y planificación del trabajo, mientras que el menor aporte lo entrega la programación, en donde la diferencia entre las partes no supera el 17%.

Por otro lado, se observa que el “propósito” es el componente que mayor puntaje adquiere tras la medición de la aplicación del AOM, siguiendo la “cantidad” y dejando al final la “calidad”. Este último componente es el que se lleva mayor ponderación de acuerdo a la metodología utilizada, castigando el resultado final obtenido. Esta observación establece que las acciones del AOM cumplen con su propósito, pero con una calidad deficiente.

También se observa que el propósito y la cantidad adquieren como resultado valores por sobre el 80% de cumplimiento en todas las etapas del modelo de operación, alcanzando incluso máximas de 95%. Este comportamiento no se observa al medir la calidad, que presenta el mínimo resultado para la programación alcanzando tan solo un 39% de cumplimiento, mientras que el máximo no supera los el 60%.

Un análisis más detallado y en base a las tablas completas de la metodología MT expuesta en la sección de anexos, permite inferir que los elementos que cuentan con mayor deficiencia son el cierre del trabajo para la etapa de ejecución, la especificación del detalle de programación y sistema de registro en la etapa de planificación y la finalización del programa en la etapa de programación. Todos estos elementos, forman parte de los pasos terminales de cada etapa.

Finalmente, y en base al escenario descrito en los párrafos anteriores, se desprende que esta actividad no es realizada bajo el estándar que establece la compañía para aplicar el modelo de operación, pero que sin embargo presenta valores por sobre el 50% al medir su aplicación.

## 6.1.4. Trabajos de estandarización camino Pioneros D2

### Aplicación del Modelo de operación

La necesidad de realizar labores en la plataforma ubicada al finalizar el camino a Pioneros Donoso 2 (representada como Plataforma Cota 4000 en la Figura 29) y consecuentemente de trasladar equipos por este camino dan origen a requerir los trabajos de estandarización de ancho y pendiente del camino Pioneros Donoso 2.

El no realizar los trabajos asociados al camino, imposibilita el hecho de realizar labores en la plataforma Cota 4000 y el inicio del contrato de movimiento de tierra necesario para acercar a Donoso 2 a ser una fase de producción, clasificando el impacto como Impacto 1 según el Modelo de operación de Anglo American.

Por su parte, la fecha requerida para esta actividad se estima para el 23 de diciembre considerando el inicio de contrato de movimiento de tierra junto con los trabajos necesarios a realizarse en la plataforma cota 4000.

En base a lo anterior, la actividad en cuestión es considerada como un trabajo necesario y cuenta con el financiamiento para su ejecución, entrando de esta forma a la etapa de planificación.

La superintendencia de Donoso 2 y Dewatering entrega los requerimientos al área de planificación, para que evalúe las condiciones e información proporcionada y entreguen las especificaciones correspondientes de forma detallada. Esta acción queda reflejada en la Job Card denominada “Estandarización Camino”, en donde se especifica la forma de hacer el trabajo y los recursos necesarios para poder llevarlo a cabo y es representada en la Figura 34.

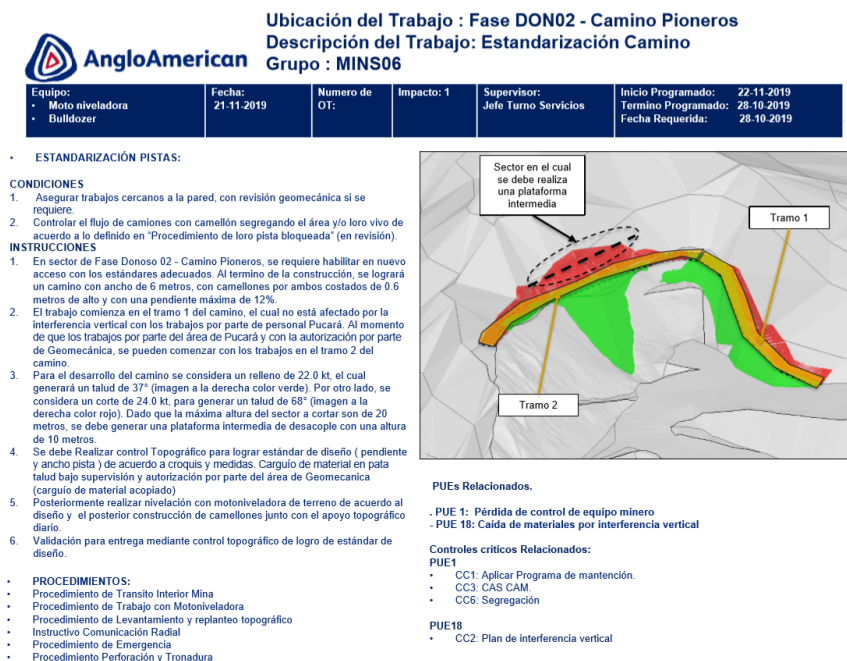


Figura 34: Job Card Estandarización Camino Pioneros D2 que evidencia la correcta aplicación de la etapa de planificación. Extraída de «Estandarización Camio Fase DON02 – Camino Pioneros» de Anglo American, 2019, Especificaciones Programa 22 al 28 de Nov, p. 8.

Las especificaciones detalladas en el documento anterior permiten llevar a cabo la programación de la estandarización del camino a Pioneros Donoso 2. El programador optimiza la eficiencia del proceso en Atlas considerando la construcción de plataformas, zanjas, carguío de explosivos y tronaduras dentro de la fase, específicamente en el banco 3700, con el uso de recursos disponibles, bajo previa verificación de stock, maximizando sinergias. Tras considerar las contribuciones de la fuerza laboral, riesgos críticos y oportunidades de mejora, se realiza la entrega de una versión final del programa que contiene los trabajos asociados a la Job Card, tal como se observa en la Figura 35.

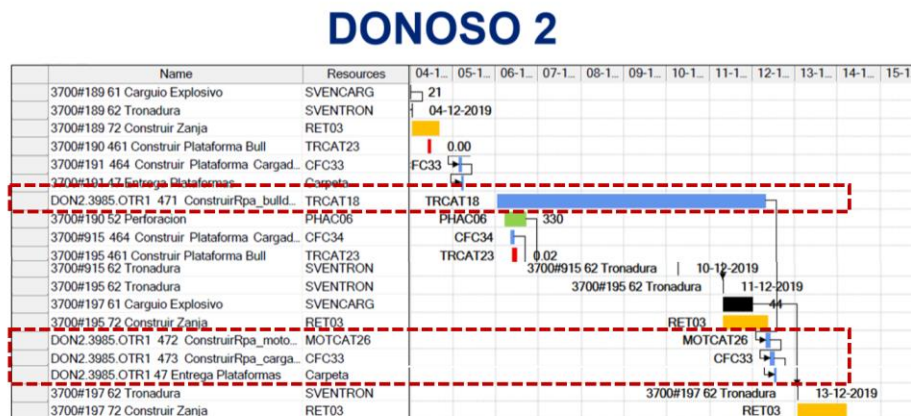


Figura 35: Programación Donoso 2 Semana 48 que evidencia la aplicación de la etapa de programación. Adaptado de «Programa Operaciones W49 22 al 28 de noviembre» de Anglo American, 2019, p. 13,

Finalmente se da inicio al proceso de ejecución del trabajo, asignando sus actividades al equipo que opera la fase.



Figura 36: Ejecución Camino Pioneros (Tramo 1). Fuente: Captura propia.

## Medición de Aplicación y análisis de resultados individuales

El escenario descrito en el punto anterior permite definir el estado final de la actividad como completada programada. Al realizar un análisis a nivel de medición de la aplicación del Modelo de operación y considerando el carácter de esta actividad como individual, se obtienen los siguientes indicadores.

Tabla 14: KPI GT – Estandarización camino Pioneros D2

KPI	Resultado
<b>Forma Correcta</b>	Si
<b>Tiempo Correcto</b>	No
<b>Efectividad de Programación</b>	Si

*Nota.* Resultados de indicador cualitativo para la medición de aplicación del AOM en estandarización de camino a pioneros Donoso 2. Fuente: Elaboración propia.

De la tabla se desprende que la actividad es programada y completada otorgando la cualidad de considerarla como una actividad realizada de la forma correcta, sin embargo, su ejecución no finaliza en el periodo establecido en el programa de operación, por lo que deriva en una actividad que no ha sido realizada en el tiempo correcto.

También se observa a partir del indicador “Efectividad de programación” que la actividad es programada dentro de tolerancia, es decir, en una fecha antes del inicio más tardío.

Bajo este contexto, cabe destacar que el no cumplimiento del indicador que hacer referencia a la ejecución de la actividad en un tiempo correcto es producto de desviaciones al programa de operación establecido por el área de planificación. Estas desviaciones se asocian a distintos factores, como el uso de recursos destinados para la labor en actividades de carácter urgente no programadas como el hecho de mantener las condiciones de la estandarización del acceso a Donoso 2.

Durante el último tiempo, mantener las condiciones mínimas de estandarización se ha vuelto una labor habitual en la fase, por lo que considerarla en las planificaciones y programaciones realizadas permite mitigar cualquier tipo de desviación respecto al programa y que afecte directamente en la ejecución de otras actividades dentro de la fase.

### 6.1.5. Medición de aplicación global

Considerando las 4 actividades asociadas al Acceso a Pioneros, se puede realizar un análisis a nivel de trabajo. Para ello se utilizan los indicadores establecidos por la compañía, obteniéndose los siguientes resultados.

Tabla 15: KPI's AOM - Acceso Pioneros

KPI	Resultado
<b>Trabajo Correcto</b>	25%
<b>Tiempo Correcto</b>	0%
<b>Efectividad de Programación</b>	100%

*Nota.* Resultados de KPI's definidos por la compañía para la medición de aplicación del AOM en trabajos de acceso pioneros Donoso 2. Fuente: Elaboración propia.

De la tabla anterior, se desprende que un 25% de los trabajos ejecutados, se realizan de forma correcta. En cuanto al análisis del tiempo correcto, el indicador arroja como resultado 0%, es decir, ningún trabajo programado y ejecutado es realizado en el periodo programado, mientras que la efectividad de programación resulta en 100%. Los últimos dos valores obtenidos son altamente influenciados por la cantidad de actividades programadas que existen en este caso (solo 1), pues los indicadores utilizan como input este parámetro, reduciendo en este caso el universo de actividades a analizar.

## 6.2. Trabajos en Plataforma 3940

### 6.2.1. Retiro de infraestructura de comunicación

#### **Aplicación del Modelo de operación**

La ejecución de los trabajos Pioneros provoca interferencia directa en la plataforma ubicada en la cota 3940 y representada en la Figura 29. Es por ello la necesidad de retirar toda aquella infraestructura presente en el sector que pueda resultar dañada una vez iniciado el proyecto. En la plataforma se encuentran torres eléctricas, un sistema de comunicación e infraestructura de carácter menor.

Dado que esta actividad constituye un requerimiento para la ejecución de trabajos Pioneros, su no realización provoca el retraso del inicio del proyecto y consecuentemente del desarrollo de la fase. Por otro lado, existiendo la posibilidad de dar comienzo al proyecto sin este requerimiento, el impacto que provoca su ejecución radica en la pérdida de la infraestructura, desperdiciando la oportunidad de su reutilización. Considerando el primer escenario, la fecha requerida para la ejecución de esta actividad es el inicio de trabajos pioneros (enero de 2019).

En base a lo expuesto, se concluye la actividad se clasifica con un Impacto 2 (recuperable/contenible) y consecuentemente como no urgente, pero si necesaria y cuenta con financiamiento para su ejecución. Cabe destacar que existen infraestructuras menores, por lo que se define dentro de los alcances de este análisis el sistema de comunicación presente en el sector.



El retiro del sistema de comunicación se realiza por medio de una empresa colaboradora que cuenta con sus propios recursos para la ejecución de trabajos, motivo por el cual es considerada no programable. Sin embargo, existe una serie de pasos que son seguidos y que permiten completarla. La solicitud se realiza durante las reuniones semanales establecidas para dar conocimiento del avance de los trabajos de la fase, al analista de sistemas de procesos IM, quien gestiona el servicio por medio de una empresa contratista. Esta última entrega una propuesta técnico-económica a través de una extensión de contrato, la que es evaluada para ser aceptada o no. Una vez aceptada se da comienzo al desarme y retiro del sistema de comunicación el día 02 de diciembre de 2019. Luego de 3 semanas de trabajo, se da por finalizado el retiro de infraestructura de comunicación, cumpliendo con la fecha requerida establecida.

Finalmente, en coordinación con el equipo que realiza labores de carácter operativo en la fase, se ejecuta la actividad resultando el escenario que se observa en la Figura 37, junto con la representación del estado inicial del sector.



Figura 37: Desarme infraestructura plataforma 3940 ante y después. Fuente: Captura propia.

### **Medición de Aplicación y análisis de resultados individuales**

En línea con el análisis realizado en las actividades anteriores que adquieren un carácter de completado no programado por considerarse no programables, se decide realizar la medición de aplicación del Modelo de operación para el desarme y retiro del sistema de comunicación con la Metodología MT.

El resumen de resultados obtenidos se muestra en la **Tabla 16** mientras que el desglose de su cálculo se expone en la sección de Anexos.

**Tabla 16:** Porcentaje de aplicación de AOM a retiro de sistema de comunicación Metodología MT

<b>Etapas</b>	<b>Propósito (%)</b>	<b>Cantidad (%)</b>	<b>Calidad (%)</b>	<b>Promedio a (%)</b>	<b>Promedio b (%)</b>
Aprobación	82	82	53	59	60
Planificación	88	68	46	52	44
Programación	79	64	39	46	28
Ejecución	90	85	54	60	61
Promedio	85	75	48	51	49

*Nota.* Resultados del empleo de metodología MT para medición de aplicación del modelo de operación en trabajos de retiro de sistema de comunicación en plataforma 3940, Donoso 2. Fuente: Elaboración propia.

De la **Tabla 16** se desprende que la actividad analizada arroja un cumplimiento de modelo de operación de 51% tras considerar igual ponderación de todas las acciones que componen las etapas (promedio a), mientras que un menor valor si se considera igual ponderación para elementos (promedio b). Por otro lado, la obtención de los mayores valores porcentuales para el cumplimiento del propósito, que alcanza el 85%, establece para esta actividad que las acciones del modelo de operación cumplen con su propósito, pero con una calidad deficiente, inferior al 50%, acto que castiga el resultado general.

También se observa que la medición del cumplimiento de propósito arroja resultados más estables entre una etapa y otra, comportamiento que no puede observarse al medir la cantidad y calidad, componentes que presenta variaciones que superan los 21% y 15% respectivamente.

## 6.2.2. Ensanche acceso a plataforma

### **Aplicación del Modelo de operación**

El proyecto Pioneros Donoso 2 produce interferencia vertical que afecta directamente al único acceso a la fase. En base a esto, el área de geomecánica realiza un análisis rock fall que determina una solución a la problemática. La solución contempla la construcción de un sistema de contención de caída de rocas en el acceso a la plataforma ubicada en la cota 3940. Sin embargo, este no cuenta con el ancho necesario para poder ejecutar la solución de la interferencia vertical.

Para poder llevar a cabo la ejecución de la solución establecida por el área geomecánica se realiza un vaciado aproximado de 400 kt de material en el sector, hasta alcanzar una altura que permita el ensanche del acceso en la cota 3940.

El no realizar estas labores, afecta de forma directa a la ejecución de la solución de interferencia vertical y, por ende, a la realización del proyecto Pioneros Donoso 2, clasificándose este Impacto como no contenible o recuperable (Impacto 1). Por su parte, la fecha requerida para la realización de esta actividad considera como inicio de trabajos pioneros el 1 de enero de 2020 junto con la ejecución de la solución del área geomecánica que tiene estimada una duración de 6 días. Por ende, esta actividad es clasificada como un trabajo de carácter no urgente, pero si necesario según la teoría establecida en el Modelo de operación de Anglo American. Además, cuenta con financiamiento para su ejecución, pasando a la etapa de planificación.

Los requerimientos junto con las fechas correspondientes son entregados al área de planificación, quien evalúa la información proporcionada para luego realizar la entrega de las especificaciones detalladas de los trabajos que se deben realizar. El vaciado de material es considerado como stock y entra a la etapa de planificación como “Plataforma de vaciado 3945 Donoso 2”, por medio de una Job Card, en donde se especifica la forma de hacer el trabajo y los recursos necesarios para poder llevarlo a cabo, tal como se representa en la siguiente Figura.

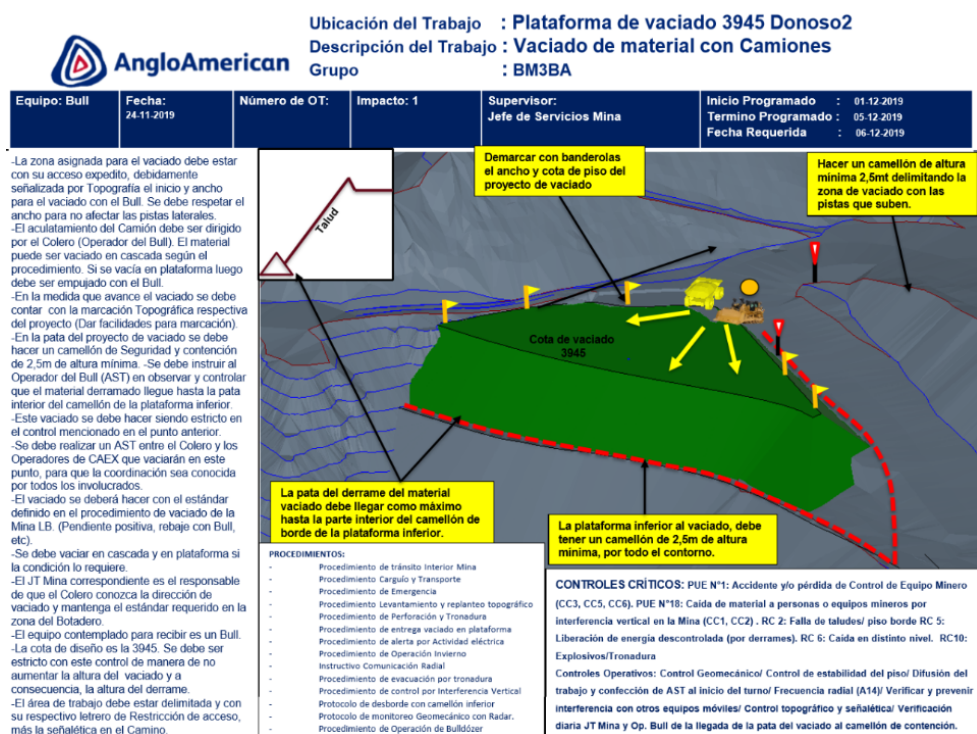


Figura 38: JC Vaciado 3940 que evidencia la correcta aplicación de la etapa de planificación. Extraída de «Vaciado de material con camiones, plataforma 3945 Donoso 2» de Anglo American, 2019, Especificaciones Programa 29 de noviembre al 05 de diciembre, p. 8.

Considerando la información proporcionada en la etapa de planificación, esta actividad entra al programa de operaciones en la sección “secuencia de vaciado” para el mes de noviembre de 2019 (Figura 39). El material utilizado para el vaciado proviene de trabajos de carguío de la misma fase (Figura 40) que son programados alcanzando la optimización de la eficiencia del proceso de acuerdo a la teoría establecida en el AOM para finalmente entregar la versión final del documento.

Se destaca que no todo el material extraído proveniente de los trabajos para la construcción de la rampa Aguas Azules es vaciado en el sector analizado, dado que existen otros stocks temporales dentro de la fase tal como se describe en los antecedentes de Donoso 2.

**Programa Secuencia Vaciado– Stock DO2  
Noviembre 2019**

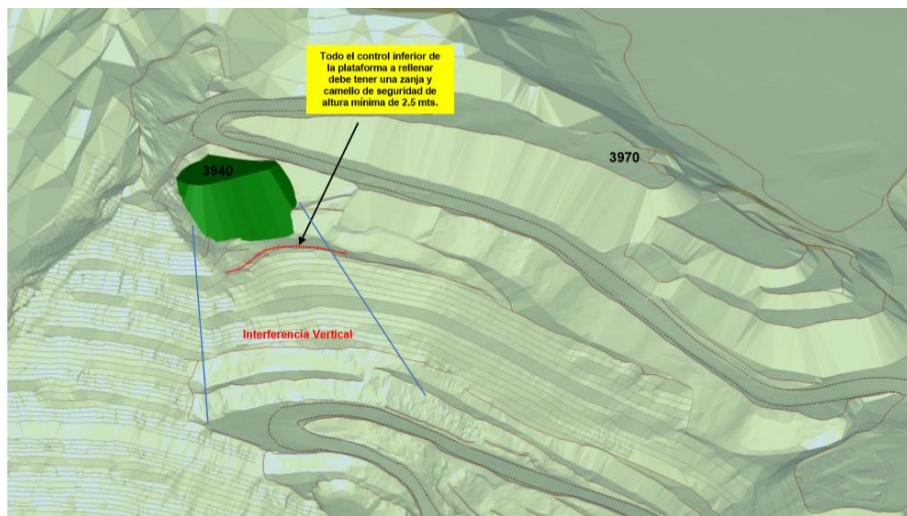


Figura 39: Programa Secuencia Vaciado Stock D2 que evidencia la aplicación de la etapa de programación. Extraído de «Programa Secuencia Vaciado Stock D2» de Anglo American, 2019, Programa Operaciones W47 15 al 21 de noviembre, p. 34.

## DONOSO 2

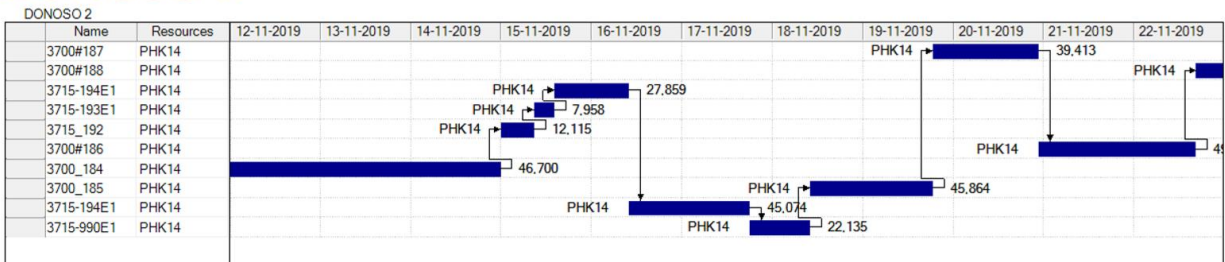


Figura 40: Programa Carguío Semanal D2. Extraído de «Carguío Donoso 2» de Anglo American, 2019, Programa Operaciones W47 15 al 21 de noviembre, p. 16.

Tras realizar una evaluación sobre las condiciones del éxito para la realización del trabajo, se da inicio a la etapa de ejecución tal como se observa en la Figura 41. Se destaca que, durante el desarrollo de esta actividad, surgen trabajos adicionales o imprevistos que imposibilitan el seguimiento del programa establecido por el área de planificación.

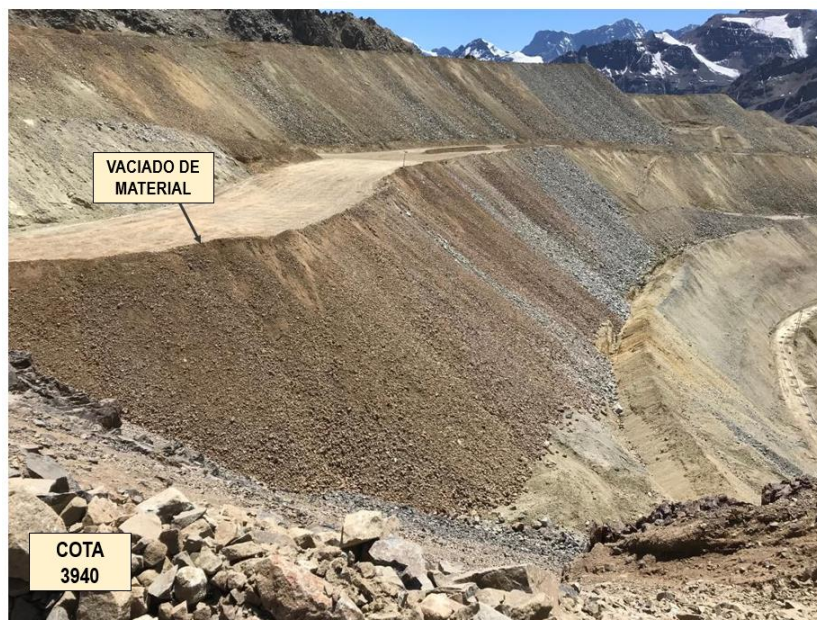


Figura 41: Ejecución vaciado Stock D2. Fuente: Captura propia.

### Medición de Aplicación y análisis de resultados individuales

En base a la información establecida en el punto anterior, se define el estado final de la actividad como programada en curso. A partir de ello, se procede a la medición de la aplicación del Modelo de operación con el uso de indicadores cualitativos, obteniéndose los siguientes resultados.

Tabla 17: KPI GT - Ensanche acceso 3940

KPI	Resultado
<b>Forma Correcta</b>	En curso
<b>Tiempo Correcto</b>	En curso
<b>Efectividad de programación</b>	Si

*Nota.* Resultados de indicador cualitativo para la medición de aplicación del AOM en ensanche acceso 3940, Donoso 2. Fuente: Elaboración propia.

Dado que la actividad aún se encuentra en curso, no es posible determinar si el carácter que adquiere es un trabajo realizado de forma correcta ni tampoco en el tiempo correcto. Sin embargo, se destaca que, en el escenario actual, la ejecución de la actividad ya se encuentra con retraso según las fechas establecidas en la JC presentada en el punto anterior, por lo que consecuentemente se considera a esta actividad como no realizada en el tiempo correcto. Esta observación se atribuye a retrasos de carácter general en la fase asociados al surgimiento de problemas imprevistos y de mayor urgencia que los incluidos en el programa semanal. Uno de ellos es la aparición de agua en pozos de precortes lo que, de acuerdo a los lineamientos de la compañía, imposibilita la tronadura de polígonos y, por ende, el carguío de material que en un futuro es depositado a los stocks de la fase. Este imprevisto mantiene detenido el desarrollo de la fase un par de días afectando de forma directa al programa entregado.

Bajo este contexto, la entrega de una solución rápida que considere todos los aspectos de importancia y seguridad se vuelve crucial para no tener detenida las labores durante periodos prolongados y, consecuentemente afectar de forma directa al no cumplimiento del programa. Esta problemática, dado que es considerada como un asunto con probabilidades de manifestación, puede ser afrontada con mayor rapidez estableciéndose planes de acciones que la aborden y escalando de forma oportuna a quien corresponda.

Por su parte, del resultado obtenido en la efectividad de programación, desprende que la actividad es realizada en tolerancia. De esta observación se infiere que la programación en sí no tiene relación o repercusión en los retrasos planteados en el párrafo anterior debido a que es realizada dentro de las fechas correspondientes.

### 6.2.3. Medición de aplicación global

A continuación, se realiza un análisis a nivel de trabajo considerando las 3 actividades que lo conforman. Para ello se utilizan los indicadores establecidos por la compañía, obteniéndose los siguientes resultados.

Tabla 18: KPI's AOM - Trabajos Plataforma 3940

KPI	Resultado
<b>Trabajo Correcto</b>	0%
<b>Tiempo Correcto</b>	0%
<b>Efectividad de Programación</b>	100%

*Nota.* Resultados de KPI's definidos por la compañía para la medición de aplicación del AOM en trabajos de acceso pioneros Donoso 2. Fuente: Elaboración propia.

De la tabla anterior, se desprende que los trabajos de Plataforma 3940 no se realizan de forma correcta ni tampoco durante el tiempo correcto. Estos resultados son altamente influenciados por el carácter de no completado asociado al ensanche del camino a la plataforma 3940, sin embargo, se debe considerar que esta actividad aún está en curso, por lo que una vez completada, se estima un cambio importante en los resultados.

Por su parte, la efectividad de programación arroja como resultado un 100%. Este valor es obtenido tras considerar solo las actividades programadas, por lo que no se considera totalmente representativo del trabajo.

## 6.3. Trabajos Eléctricos

### 6.3.1. Retiro y traslado de infraestructura eléctrica

#### Aplicación del Modelo de operación

Por los mismos motivos mencionados en el punto 6.1.1 que hace referencia al Retiro de infraestructura de comunicación en la plataforma 3940, se determina que el carácter de la actividad en estudio es no urgente, necesaria y se cuenta con el financiamiento adecuado para su ejecución.

Con la solicitud realizada vía correo electrónico al área eléctrica, se procede a la gestión de la planificación y programación de la actividad de acuerdo a la teoría que establece el Modelo de operación. En base a ello, la actividad aparece en el programa semanal correspondiente al periodo desde el 27 de septiembre hasta el 03 de octubre, tal como se observa en la siguiente Figura

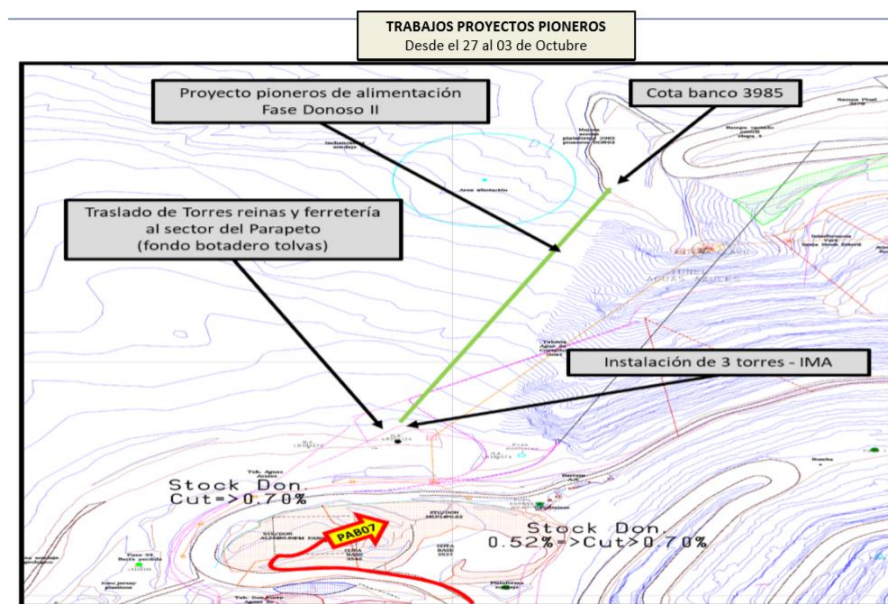


Figura 42: Programa de retiro infraestructura eléctrica ubicada en la plataforma 3940. Extraído de «Trabajos Proyectos Pioneros» de Anglo American, 2019, Especificaciones Semanal del 27 al 03 de octubre Servicios Eléctricos, p. 22.

Finalmente, y en coordinación con el equipo de operación de la fase, se procede a la ejecución dando por completada la actividad fuera de la fecha establecida en el programa tal como se observa en Figura 43. Cabe destacar que el destino de la infraestructura es modificado, de forma tal que se añade trabajo adicional al programado inicialmente, proceso que forma parte de la etapa de ejecución.



Figura 43: Desarme y retiro infraestructura eléctrica que evidencia el paso por la etapa de ejecución del trabajo.  
Fuente: Capturas propias.

### Medición de Aplicación y análisis de resultados individuales

Por su parte, el retiro de infraestructura eléctrica adquiere un estado de completada programada, producto de lo cual se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 19: KPI GT - Retiro infraestructura eléctrica

KPI	Resultado
Forma Correcta	Si
Tiempo Correcto	Si
Efectividad de la programación	Si

Nota. Resultados de indicador cualitativo para la medición de aplicación del AOM en retiro de infraestructura eléctrica ubicada en plataforma 3940, Donoso 2. Fuente: Elaboración propia.



De la **Tabla 19** se desprende que el trabajo planificado por el área eléctrica es ejecutado en la forma y el tiempo correcto, es decir programado y completado en el periodo correspondiente, apegándose de forma ejemplar al modelo de operación. Por su parte, la efectividad de programación, establece a partir de los resultados, que el programa es realizado bajo tolerancia, es decir, en un periodo antes de la fecha requerida menos la duración de la actividad.

### 6.3.2. Construcción de zanja camellón para paso del tendido eléctrico

#### **Aplicación del Modelo de operación**

Parte de los trabajos eléctricos consisten en entregar el suministro a la fase. Para ello es necesario contar con una zona que permita el paso de cables eléctricos que posibiliten cumplir con este y otros propósitos. Es por este motivo que se considera como requerimiento la construcción de una zanja camellón que permita el paso del tendido eléctrico proveniente de la plataforma 4000. La no realización de esta actividad imposibilita el paso del tendido y consecuentemente implica la no conexión a las torres eléctricas que en un futuro alimentan a la fase. Considerando como fecha requerida el periodo final del traslado e instalación de la torre eléctrica en la plataforma 3985 se califica esta actividad como no urgente, pero si necesaria, mientras que ejecución cuenta con el financiamiento.

Una vez evaluadas estas condiciones, se procede con la solicitud al área de planificación de los trabajos asociados a la construcción de la zanja camellón. Sin embargo, las especificaciones de esta actividad no son abordadas y consecuentemente no ingresa al programa de operaciones.

Cabe destacar que la actividad es ejecutada y completada antes de la fecha requerida, acto que queda evidenciado en la siguiente Figura.



Figura 44: Ejecución Zanja Camellón como requerimiento para futuros trabajos eléctricos. Fuente: Capturas propias.

## Medición de Aplicación y análisis de resultados individuales

El análisis anterior permite establecer que el estado de esta actividad es completada no programada. Bajo este escenario la medición de indicadores cualitativos entrega los siguientes resultados

Tabla 20: KPI GT - Construcción Zanja Camellón trabajos eléctricos

KPI	Valor
Forma Correcta	No
Tiempo Correcto	No

*Nota.* Resultados de indicador cualitativo para la medición de aplicación del AOM en construcción de Zanja Camellón como requerimiento de trabajos eléctricos. Fuente: Elaboración propia.

A partir del estado de la actividad y en línea con los resultados obtenidos en la tabla anterior se desprende que la construcción del requerimiento para los trabajos eléctricos no es realizada de forma ni en el tiempo correcto dado que no se cuenta con las especificaciones establecidas por planificación y carece de la entrada al programa.

### 6.3.3. Tendido de cable desde torre en 4000

#### Aplicación del Modelo de operación

Uno de los requerimientos para el desarrollo del proyecto Pioneros y de la fase Donoso 2 es la alimentación eléctrica que suministra toda la fase. Producto de diferentes factores como cambios en diseños que se han realizado, la configuración actual ha sufrido algunas modificaciones obligando a la reestructuración de tendidos eléctricos dentro de la fase. La solicitud de la actividad en análisis surge como consecuencia de dicha reestructuración y es requerimiento del equipo eléctrico.

En base a ello, y considerando como fecha requerida el término de la instalación de torres eléctricas, se determina que el carácter de esta actividad es no urgente, pero si necesaria y además cuenta con el financiamiento para su ejecución, pasando de esta forma a las siguientes etapas del AOM

La planificación y programación de la actividad es realizada en base a la teoría del modelo de operación y, por ende, ingresada al programa de operaciones tal como se muestra en la Figura 45. Cabe destacar que esta actividad es ingresada al programa de la semana que comprende el periodo del 04 al 10 de octubre. La ejecución de la actividad se lleva a cabo fuera del periodo establecido en el programa producto de no contar con las condiciones necesarias para realizar labores dentro del sector. El resultado de la actividad puede observarse en la Figura 46.

TRABAJOS PROYECTOS PIONEROS  
Desde el 04 al 10 de Octubre

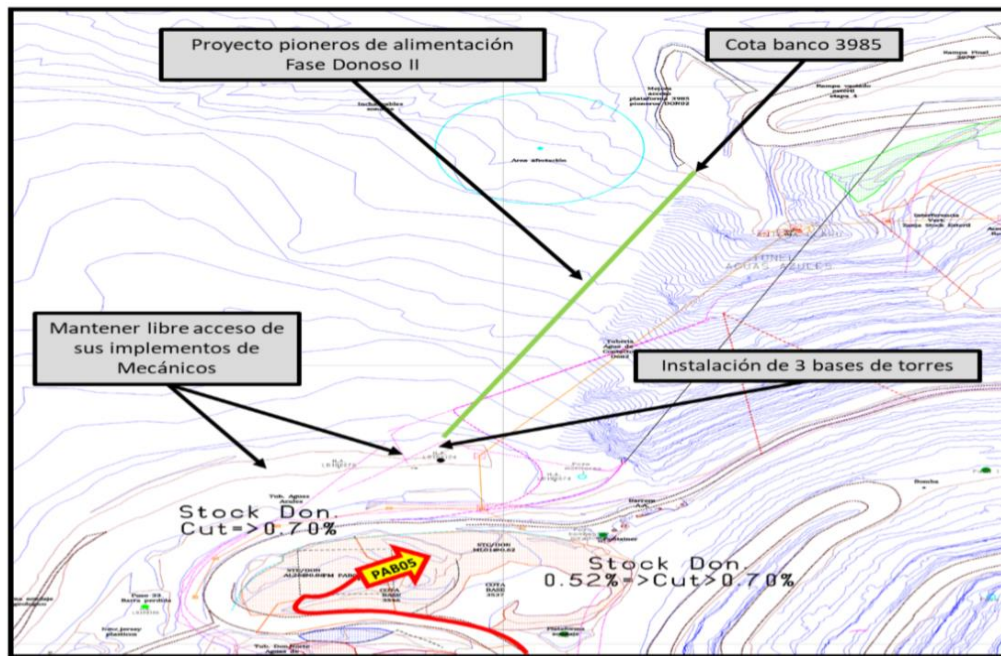


Figura 45: Trabajos eléctricos Pioneros, tendido de cable de alimentación. Extraído de «Trabajos Proyectos Pioneros» de Anglo American, 2019, Especificaciones Semanal del 04 al 10 de octubre Servicios Eléctricos, p. 23.



Figura 46: Tendido Eléctrico Zanja Camellón resultante de la ejecución de la actividad (6.3.3). Fuente: Captura propia.

### Medición de Aplicación y análisis de resultados individuales

Considerando el escenario descrito en el punto anterior el estado que adquiere la actividad es programado completado. En base a ello, se obtienen como resultados los siguientes indicadores.

Tabla 21: KPI GT - Tendido de cable eléctrico

KPI	Valor
Forma Correcta	Si
Tiempo Correcto	No
Efectividad de Programación	Si

*Nota.* Resultados de indicador cualitativo para la medición de aplicación del AOM en tendido de cable eléctrico. Fuente: Elaboración propia.

De la tabla se desprende que la actividad es realizada de forma correcta pero no en el tiempo correcto. Este resultado se asocia a los atrasos provocados por la falta de las condiciones necesarias para su ejecución, como el no contar con los permisos para ingresar al camino que conduce a la plataforma 4000.

Por otro lado, se observa que el resultado del tercer indicador es positivo, estableciendo que la programación es realizada en los plazos correspondientes.

#### 6.3.4. Medición de aplicación global

En base a las actividades descritas y analizadas en los puntos anteriores se realiza una medición de cumplimiento de aplicación del Modelo de operación a nivel global considerando los indicadores establecidos por la compañía. Los resultados se muestran en la Tabla 22.

Tabla 22: KPI's AOM - Trabajos Eléctricos

KPI	Resultado
Trabajo Correcto	66.6%
Tiempo Correcto	50%
Efectividad de Programación	100%

*Nota.* Resultados de KPI's definidos por la compañía para la medición de aplicación del AOM en trabajos eléctricos, Donoso 2. Fuente: Elaboración propia.

A partir de los datos obtenidos, se desprende que un 66.6% de los trabajos se considera realizado de forma correcta, mientras que el análisis del tiempo correcto arroja como resultado 50%. De este valor se infiere que la mitad de las actividades son programadas y ejecutadas dentro de los tiempos establecidos por el programa.

Cabe destacar que, si se consideran solo las actividades gestionadas por el equipo eléctrico, el indicador que mide si el trabajo se realiza de forma correcta aumenta a un 100%.

Por su parte, la efectividad de programación arroja como resultado un 100%, desprendiéndose que el total de trabajos que entran al programa, son programados bajo tolerancia.

#### 6.4. Resumen de resultados obtenidos

A continuación, se muestra un cuadro resumen con el total de actividades que forman parte de los trabajos pioneros. Se expone el estado de la actividad, los indicadores cualitativos de forma individual y KPI's establecidos por la compañía calculado a partir de las 11 actividades analizadas.

Tabla 23: Cuadro resumen de resultados obtenidos tras la aplicación del AOM

Trabajo	Actividades	Estado de la actividad		Indicadores		
		Programado	Completado	Trabajo correcto	Tiempo correcto	Efectividad programación
<b>Camino Pioneros Donoso 2</b>	Evaluación Geomecánica del acceso	No	Si	No	No Aplica	No Aplica
	Evaluación de Nivelología del acceso	No	Si	No	No Aplica	No Aplica
	Saneamiento Manual	No	Si	No	No Aplica	No Aplica
	Trabajos de estandarización de ancho y pendiente camino Pioneros Donoso 2	Si	Curso	Si	No	Si
<b>Trabajos Plataforma 3940</b>	Retiro de infraestructuras de comunicación plataforma 3940	No	Si	No	No Aplica	No Aplica
	Ensanche acceso a plataforma (vaciado 400 kton)	Si	Curso			
<b>Trabajos Eléctricos</b>	Retiro de infraestructura eléctrica en Plataforma 3940	Si	Si	Si	si	Si
	Construcción de zanja camellón para paso del tendido eléctrico	No	Si	No	No Aplica	No aplica
	Tendido de cable desde torre en 3985	Si	Si	Si	no	Si
<b>Resultados KPI</b>				50%	25%	100%

*Nota.* Resultados de aplicación del modelo de operación tras el empleo de indicadores cualitativos de forma individual, y KPI's de la compañía. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados arrojados muestran un 50% de cumplimiento para el indicador que hace referencia a la realización del trabajo de forma correcta, mientras que el valor se reduce a un 25% para el indicador tiempo correcto. Por su parte, la efectividad de programación arroja resultados ejemplares alcanzando la máxima valoración, recalcando la correcta aplicación de esta etapa del modelo.

Cabe destacar que la no programación de ciertas actividades incide de forma directa en los resultados obtenidos debido a que los tres indicadores analizados utilizan como input trabajos programados. Estas consideraciones conllevan a la imposibilidad de realizar mediciones en casos donde no una actividad no sea ingresada al sistema para su programación, cuyo registro se observa en la tabla como “No Aplica”.

Tras los resultados obtenidos y en base al trabajo realizado y observado a lo largo de esta memoria, se establecen y muestran en la **Tabla 24** las etapas limitantes para cada actividad que no permiten el avance de la aplicación del modelo de operación según su teoría. A partir de ella se logra observar que la mayor limitante se asocia a la etapa de planificación, dejando en segundo lugar a la etapa de aprobación.

También se observa que las actividades que más se acercan al modelo de operación son los trabajos de estandarización de ancho y pendiente del camino pioneros Donoso 2, el ensanche del acceso a la plataforma 3940 y los trabajos eléctricos, quienes abordan todas las etapas que establece la teoría del AOM, mientras que los que menos se acercan son las evaluaciones geomecánicas y de nivología.

**Tabla 24:** Etapas limitantes de cada actividad de trabajos pioneros.

Trabajo	Actividad	Aprobación	Planificación	Programación	Recursos	Ejecución
<b>Camino Pioneros Donoso 2</b>	Evaluación Geomecánica del acceso	x				
	Evaluación de Nivología del acceso	x				
	Saneamiento Manual	x	x			
	Estandarización de ancho y pendiente camino pioneros	x	x	x	x	x
<b>Trabajos Plataforma 3940</b>	Retiro de infraestructuras de comunicación plataforma 3940	x	x			
	Ensanche acceso a plataforma (vaciado 400 kton)	x	x	x	x	x
<b>Trabajos Eléctricos</b>	Retiro de infraestructura eléctrica ubicada en 3940	x	x	x	x	x
	Construcción de zanja camellón para tendido eléctrico	x	x			
	Tendido de cable desde torre en 3985	x	x	x	x	x

*Nota.* La tabla muestra las etapas del modelo de operación por las que pasan las actividades analizadas. La última X marcada representa, bajo el criterio del analizador, la etapa en donde fueron visualizados problemas en la aplicación y que impidieron la correcta aplicación del AOM. Fuente: Elaboración propia.

# CAPITULO 7: IMPACTO DE LA APLICACIÓN DEL AOM A PIONEROS DONOSO 2

## 7.1. Proyecto Pioneros Donoso 2

Para lograr la entrada a producción de Donoso 2 se requiere ejecutar una serie de proyectos asociados a la etapa de desarrollo que permitan cumplir con este propósito a tiempo. Uno de ellos es Pioneros D2, proyecto que se basa en la creación de plataformas en bancos sucesivos en la zona más alta de la fase, desde la cota 3940 hasta la cota 3985. Para ello, la mina Los Bronces, a través de la Gerencia mina, evalúa la contratación de servicios de una empresa externa, quien sea responsable del desarrollo de todas las actividades relacionadas con el trabajo. Dentro de estas se encuentran las operaciones unitarias de perforación, carguío y transporte (exceptuando la tronadura que forma parte de las labores de la compañía), además de la instalación en faena, movilización, vaciado de material transportado, entre otros.

El diseño del proyecto es entregado por el área de planificación. Contempla el movimiento de 398 kt de material que se distribuyen en 4 bancos como se representa en la Figura 47. La extracción comienza en el banco 3985 con 11 kt de material, siguiendo los bancos 3970 y 3955 con 45 y 105 kt respectivamente y finalizando con la creación del banco 3940 que tiene asociado 237 kt de material y que empalma con un futuro vaciado en el sector.

Se estima que la duración de los trabajos no excede los 4 meses de ejecución, periodo que considera 1,4 días de detención producto de factores climáticos o de fuerza mayor y el uso de una flota compuesta por excavadoras, bulldozer, perforadoras, caex y cargador frontal.

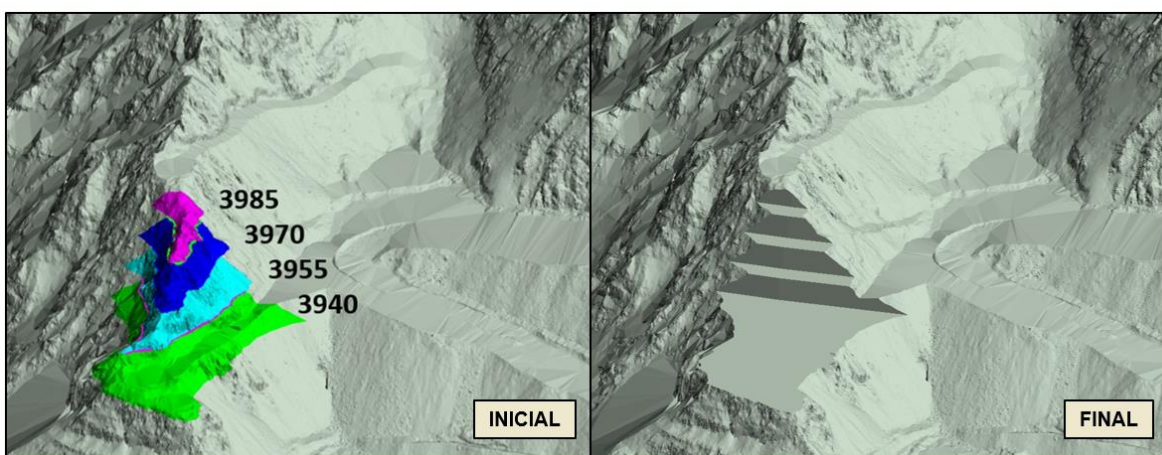


Figura 47: Diseño Pioneros Donoso 2. Adoptado de «Pioneros Donoso 2 Información Inicial» de Anglo American, 2019, p. 4, 8.

## 7.2. Evaluación utilización contrato vs equipos propios

Dada la magnitud del movimiento de tierra asociado al proyecto, se evalúan las opciones de ejecutar los trabajos Pioneros a través de una empresa contratista o con el uso de recursos propios. La comparación se realiza a nivel de costos por hora de equipos utilizados para el trabajo.

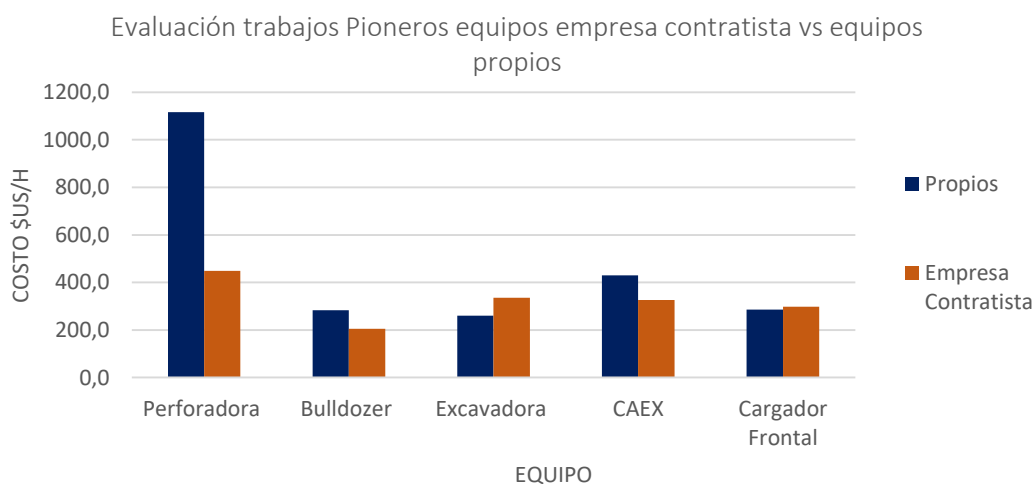
La estimación se realiza por medio de contratos anteriores de carácter similar al estudiado, con una tasa de reajuste adecuada según corresponda. El resumen de los resultados obtenidos se observa en la siguiente tabla

**Tabla 25:** Costo por hora de equipos Trabajos Pioneros (propios vs contrato)

	<b>Propios</b>	<b>Colaboradores</b>
<b>Equipo</b>	Costo \$US/h	Costo \$US/h
<b>Perforadora</b>	1116	377
<b>Bulldozer</b>	283	172
<b>Excavadora</b>	260	282
<b>CAEX</b>	430	274
<b>Cargador Frontal</b>	286	251

*Nota.* Costos de equipos necesarios para la ejecución del contrato de movimiento de tierra de Pioneros D2. La estimación de equipos propios es adoptada de «Flota de Carguío; Flota de transporte; Proceso de perforación; Proceso de servicio; Costos excavadora» de Anglo American, 2019. La estimación de equipos de empresas colaboradoras es adoptada de «Servicios de construcción Rampa Donoso 2» de empresas colaboradoras, 2015 (reajustado a un 105,7%)

Donde se consideran tarifas de trabajo normal (no stand by) para su cálculo. Junto con ello, se muestran los resultados de forma representativa en el siguiente gráfico



*Gráfico 7:* Evaluación trabajos Pioneros equipos empresa contratista vs equipos propios. Fuente: Elaboración Propia.



A partir de la información y exceptuando el comportamiento de la perforadora, se observan costos similares para todos los equipos, que no superan una diferencia porcentual del 30%. Por otro lado, se observa que los costos de equipos asociados a la empresa contratista son menores para el caso de la perforadora, bulldozer y caex, mientras que, para el cargador frontal, la diferencia no supera los 4%. La mayor distancia se observa en la perforadora, quien alcanza una diferencia porcentual del 60% en contra de equipos propios.

Sin embargo, cabe destacar que los valores obtenidos y representados anteriormente, son unitarios, por tanto, no representan un resultado final del proyecto.

### 7.3. Impacto de aplicación

. La ejecución de los trabajos descritos en el capítulo anterior es considerada como un requerimiento para dar inicio al contrato de movimiento de tierra asociado al proyecto Pioneros Donoso 2 y tienen una duración total estimada de 2 meses. Por su parte, en línea con los plazos establecidos por Anglo American, la empresa colaboradora encargada del desarrollo del proyecto contempla una duración estimada de 4 meses, comenzando las labores el día 7 de enero de 2020.

Bajo este contexto y en base al estudio realizado en los capítulos anteriores que desprende que la aplicación del AOM incide de forma directa en los tiempos de ejecución de las diferentes actividades que se plantean como necesarias para el correcto funcionamiento de la mina, se realiza un análisis económico del impacto de la aplicación del Modelo de operación. Para ello se considera el comienzo del contrato en la fecha estimada y el retraso de actividades requeridas producto de la no aplicación del AOM.

#### 7.3.1. Costo diario de detención

Bajo el escenario de retraso del inicio del proyecto Pioneros Donoso 2 junto con el inicio del contrato de la empresa colaboradora, se determinan el impacto económico por día de retraso. El cálculo se realiza a nivel de equipos y personal.

##### **Equipos**

La no utilización de equipos durante el contrato tiene un costo asociado denominado “Tarifa Stand By”, que varía de acuerdo a la maquinaria que se analiza. Tras considerar un total de 10 equipos utilizados a lo largo del trabajo, distribuidos como se muestra en la Tabla 26, se obtiene un costo diario estimado de 16821 USD/día.

Cabe destacar que el cálculo se realiza considerando la totalidad de la flota requerida para la ejecución del trabajo.

Tabla 26: Costos diarios Equipos Stand By

Equipo	Cantidad	Costo diario equipos Stand By (\$US/día)
Perforadora	1	1778.3
Excavadora	1	1551.8
Bulldozer	2	6208.1
Cargador Frontal	1	-
Camión Articulado	3	5590.7
Motoniveladora	1	1173.7
Camión Aljibe	1	518.3
<b>Total</b>		<b>16820.8</b>

*Nota.* Estimación de costos diarios Stand By de equipos requeridos para la ejecución de contrato de movimiento de tierra de Pioneros Donoso 2. Adoptado de «Tarifa de equipos por uso de recursos, contrato de servicio construcción rampa aguas azules» de Anglo American, 2015, p. 5.

### Personal

Las bases técnicas asociadas al contrato de movimiento de tierra, dictan que la compañía es la encargada de otorgar alimentación y alojamiento al personal contratista. Es por ello, que se determina el costo diario asociado a estos puntos de todos los trabajadores que forman parte del contrato. Se obtiene un total de 6446 USD/día y la distribución de costos se observa en la siguiente tabla

Tabla 27: Costos Diarios Personal

Personal	Costo total diario (\$US/día)
Alimentación	2104.5
Alojamiento	375.2
Transporte	520.5
Remuneraciones	3445.3
<b>Total</b>	<b>6445.5</b>

*Nota.* Estimación de costos diarios asociados a personal que efectúa las labores de movimiento de tierra en base a la cantidad de trabajadores considerados en el contrato. Adoptado de «Forecast Septiembre» de Superintendencia D2, 2019.

Teniendo en consideración gastos asociados a personal y equipos, se estima que por día detenido los costos suman un total de 23376 USD. Este valor es obtenido tras realizar cálculos por trabajador y por equipo de forma individual y luego expandiendo a la cantidad de personal y maquinaria que involucra en este contrato, valores que bordea las 45 personas y 10 equipos respectivamente.

### 7.3.2. Impactos a corto plazo

Con el objetivo de determinar el impacto económico del retraso del inicio de trabajos pioneros de forma global, se realiza un análisis de costos bajo 3 escenarios que se explican a continuación.

- A. Retraso total: que considera 2 meses de postergación de inicio de trabajos producto de la no realización de trabajos requeridos para la ejecución del contrato de movimiento de tierra.
- B. Retraso parcial: Que considera 1 mes de postergación del inicio de trabajos.
- C. Escenario Óptimo: que no considera atrasos, siendo el escenario resultante de la aplicación del AOM

Para el cálculo del costo total, se consideran gastos asociados a la movilización y desmovilización de la empresa colaboradora, acreditación, contratación y remuneración de personal, uso de equipos flota completa, materiales y herramientas, facilities, elementos de protección personal y movimiento de tierra mensual de acuerdo al escenario (A, B o C). El enfoque del análisis considera el inicio del contrato de trabajo el mes 1, el que tiene asociado los gastos de movilización e instalación de la empresa contratista en la faena, acreditación y contratación del personal. Por su parte, el escenario A, considera dos meses de atrasos, por lo que los gastos asociados al uso de equipos consideran tarifas Stand By. Un contexto similar se observa en el escenario B, que comparte las mismas consideraciones el mes 1, entrando a realizar el movimiento de material el mes 2. Finalmente, el escenario C muestra el caso óptimo, donde no existen retrasos producto de la realización de los trabajos requeridos para la ejecución del contrato.

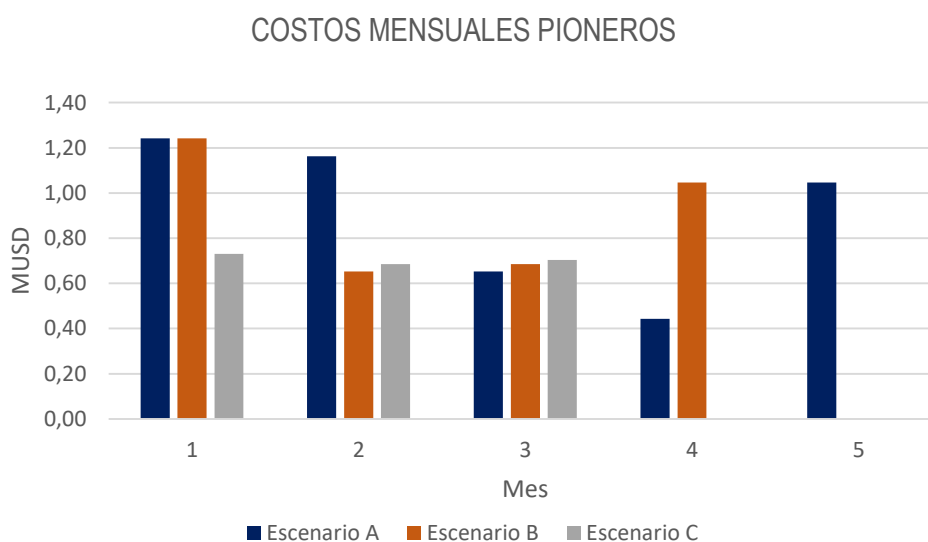
El resumen de los resultados obtenidos se puede observar en la **Tabla 28** y de forma ilustrativa en el **Gráfico 8**, mientras que el desglose del cálculo mostrado en la sección de anexos.

Cabe destacar que para la estimación realizada se decide no considerar los gastos por uso de equipo en tarifa normal (USD/HM). Esta decisión se fundamenta al considerar que el hecho de incluirlo no afecta al resultado final a la hora de comparar diferencias de costos de los escenarios, solo cambia la distribución de costos mensuales.

**Tabla 28:** Costo mensual y total de Pioneros por escenario

Mes	1 (MUSD)	2 (MUSD)	3 (MUSD)	4 (MUSD)	5 (MUSD)	Total (MUSD)
<b>Escenario A</b>	1.24	1.16	0.65	0.44	1.05	4.55
<b>Escenario B</b>	1.24	0.65	0.69	1.05	0	3.62
<b>Escenario C</b>	0.73	0.69	0.70	0	0	2.12

*Nota.* Estimación de costos mensuales que considera gastos asociados a personal y equipos utilizados en tarifa Sand By bajo el escenario A que considera 2 meses de atrasos, escenario B que involucra 1 mes de atraso y escenario C que no considera atrasos. Fuente: Elaboración propia.



*Gráfico 8:* Costos totales por mes escenarios - Pioneros D2. Fuente: Elaboración propia.

A partir de los resultados obtenidos se desprende que parte de los costos totales asociados a la completa ejecución del proyecto para los escenarios A, B y C son 4.55, 3.62, 2.12 USD respectivamente, valores que verifican el impacto económico negativo que provoca el retraso del inicio del proyecto pioneros.

Considerando la ejecución de trabajos durante 3 meses tal como se establece en la propuesta técnica entregada por la empresa colaboradora, se observa que el caso óptimo (Escenario C) deja de exhibir gastos los meses 4 y 5, mientras que el escenario que representa un retraso de 2 meses asociados a la no realización de los trabajos analizados en el capítulo anterior, comprende gastos durante los 5 meses tal como muestra el Gráfico 8. Ambos escenarios presentan una diferencia de 2.43 MUSD.

### 7.3.3. Impactos a mediano plazo

La historia de la fase considera la construcción de dos stocks temporales que estiman ser removidos y trasladados a partir de enero del año próximo. Se estima que para el 2020 los valores de remanejo de material alcanzan los 17.76 Mt, dejando un remanente de 1.71 Mt a remover el 2021. El carguío de estéril se realiza durante los primeros meses con una pala, mientras que un segundo recurso que tiene como objetivo el apoyo en la extracción y carguío del material estima su llegada durante el segundo cuartil del 2020.

Los costos de carguío asociados a gastos propios de operación se estiman en 0.08 USD/ton, mientras que los de transporte llegan a los 0.62 USD/ton (American, 2019). Estas estimaciones implican costos de Carguío y Transporte para el 2020 de 14.43 MUSD y para el 2021 de 1.20 MUSD aproximadamente. Su distribución mensual se puede observar en la siguiente tabla.

**Tabla 29:** Costos Carguío y Transporte remanejo Stock D2 Budget 2020 - 2021

Año	2020												2021	
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
Remanejo (ton)	0.36	1.82	1.90	1.85	0.99	1.96	1.40	1.10	1.71	1.44	0.84	2.40	1.36	0.35
Cost Carguío (MUSD)	0.03	0.15	0.15	0.15	0.08	0.16	0.11	0.09	0.14	0.12	0.07	0.19	0.11	0.03
Cost Transporte (MUSD)	0.22	1.13	1.17	1.14	0.62	1.22	0.87	0.68	1.06	0.89	0.52	1.49	0.84	0.21
Cost CyT (MUSD)	0.25	1.27	1.33	1.29	0.69	1.37	0.98	0.77	1.20	1.01	0.59	1.68	0.95	0.24

*Nota.* Estimación de gastos mensuales de carguío y transporte en base a los costos estimados (USD/ton) en Forecast Mina Operación Diciembre 2019 (American, 2019) y en las toneladas a remover como remanejo de material expuestas en el Plan Minero y Producción Budget 2020 – 2014. Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, los trabajos pioneros considera el movimiento de material desde la cota 3985 hasta la cota 3940, trabajos que se deben realizar antes de que comience la extracción desde la cota 3940 del stock temporal, con el objetivo no perder el acceso a los trabajos pioneros y posteriormente empalmar con la explotación de la fase, desencadenando una alta productividad en la zona tal como se muestra en la Figura 48 e Figura 49.

Este escenario desprende que el retraso del inicio de trabajos pioneros implica la detención o ajuste en secuencia del remanejo de estéril y consecuentemente de la futura extracción de mineral, aumentando el retraso de la expansión de la Mina Los Bronces. Este impacto implica además pérdidas económicas asociadas a la llegada de recursos exclusivos para cubrir los movimientos de materiales establecidos por las secuencias del diseño vigente de la fase.

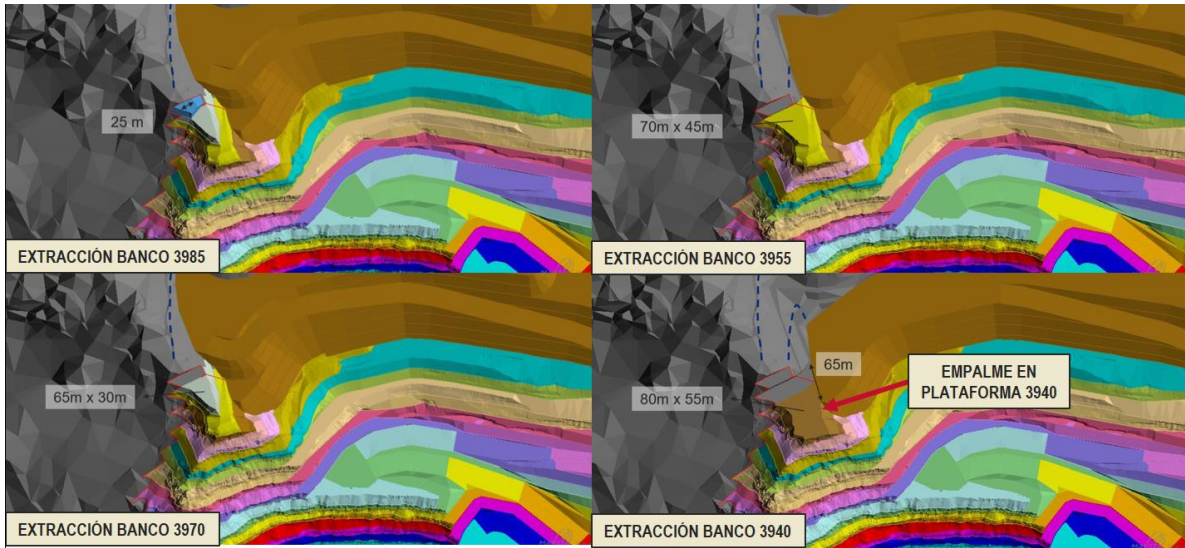


Figura 48: Secuencia extracción Pioneros Donoso 2 en conjunto con remanejo de material stock temporal y empalme en plataforma 3940. Adaptado de «Interferencia Vertical Donoso 2, Sector Trabajos Pioneros» de Superintendencia Mediano Plazo, Gerencia de planificación, 2019, p. 10, 11, 12, 13.

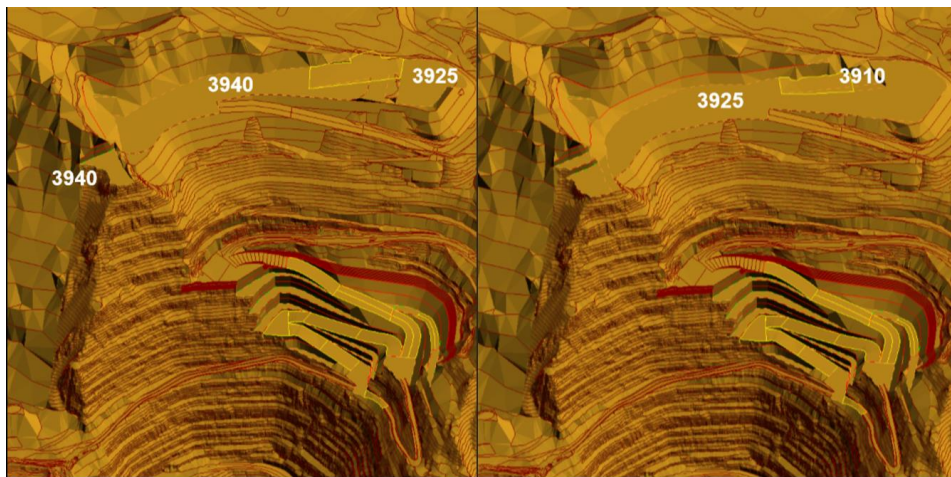


Figura 49: Diseño Donoso 2 con empalme en cota 3940 gracias a la extracción de Pioneros D2 seguido de remanejo continuo de material permitiendo alta productividad en la zona. Extraído de «Rell + Don2 Fin Marzo» de Superintendencia Mediano Plazo, Gerencia de planificación, 2019, Interferencia Vertical Donoso 2, Sector Trabajos Pioneros, p. 40, 41.

En base a lo expuesto y considerando un tiempo estimado de remanejo del material que se encuentra por sobre la cota 3940 del stock temporal de 3 meses, se estiman modificaciones del Budget bajo distintos escenarios tal como se representa en la siguiente tabla.

**Tabla 30:** Impacto de retraso remanejo de material en butgets 2020- 2021

<b>Meses de Retraso</b>	<b>Budget MUSD 2020</b>	<b>Budget MUSD 2021</b>	<b>Dif porcentual (%)</b>	
			<b>2020</b>	<b>2021</b>
Original	12.43	1.20	-	-
1	10.75	2.88	13.50	39.88
2	10.16	3.47	18.24	89.05
3	9.15	4.48	26.37	173.22
4	7.96	5.67	35.99	272.85

*Nota.* Impacto del retraso de remanejo de material de stock temporales en budgets 2020 y 2021 bajo los escenarios de 1, 2, 3 y 4 meses de retraso. Estimación en base a costos (USD/ton) de Forecast Mina Operación Diciembre 2019 (American, 2019) y en toneladas a remover como remanejo de material expuestas en el Plan Minero y Producción Budget 2020 – 2014. Fuente: Elaboración propia.

A partir de la tabla anterior, se observan diferencias porcentuales importantes entre la estimación de Budget bajo los distintos escenarios de atrasos y el original. Las mayores diferencias entre un escenario y otro se observan en la estimación de Budget 2021, alcanzando porcentajes que superan el 270%.

# CAPITULO 8: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## CAPITULOS INICIALES

Dada las particularidades que definen al sector norte de Los Bronces, Donoso 2 es considerada una fase compleja y altamente dinámica, caracterizada por ser una zona de grandes interacciones que afectan directamente el trabajo usual y cotidiano que se realiza al interior de la fase.

El cumplimiento de las distintas etapas establecidas al inicio del informe permite aplicar el modelo de operación en Pioneros Donoso 2 de forma parcial, generando el uso de lenguaje acorde y aumentando el conocimiento de las plataformas que permiten su aplicación.

El modelo de operación de Anglo American, se basa en un sistema de gestión secuencial que comprende gran cantidad de información para su utilización. Es por ello que aplicar de forma adecuada el modelo de operación junto con lograr las mejoras que establece su teoría, requiere pleno conocimiento de todas sus partes, lo que lleva a convertir al personal en un pilar fundamental para su correcto uso. Bajo este contexto es que se recomienda la realización continua de capacitaciones que permitan llevar un seguimiento y repaso esta herramienta.

Considerando que el Modelo de operación da gran énfasis en la identificación, control y mitigación de riesgos, se establece que una correcta aplicación el AOM puede tener incidencia directa o indirecta en la generación de incidentes o accidentes dentro de las dependencias de la compañía.

## CAPITULO 4

Los KPI definidos por la compañía y expuestos en la sección 4.1 permiten medir la aplicación del modelo de operación con especial énfasis en la teoría que lo define: hacer el trabajo correcto, en el momento correcto y de la forma correcta. La medición entrega resultados representativos y coherentes solo al considerar para la evaluación un set amplio de actividades o trabajos. Este resultado no es alcanzado al medir actividades de forma individual o en sets compuesto de bajas cantidades, ya que se generan resultados extremos (como 0% o 100%) que no representan el comportamiento del grupo analizado.

La confección de indicadores cualitativos vinculados a los KPI's definidos por Anglo American y descritos en la sección 4.2 hacen posible abordar parte de la problemática expuesta en el párrafo anterior, permitiendo medir de forma cualitativa y bajo criterios bien establecidos el estado de una actividad de forma individual.

Por su parte, la elaboración de la Metodología MT permite evaluar y medir la aplicación del modelo de operación de forma más detallada y certera, considerando todos los componentes que forman los flujogramas que representan al modelo, permitiendo además su uso en actividades o trabajos no programados según el estándar del AOM, en especial actividades que no requieren recursos para su ejecución y que, por ende, no son ingresadas al programa de



operaciones. Sin embargo, a pesar de contar con una clara descripción de los criterios utilizados y la asignación de puntajes, sus resultados se encuentran altamente influenciados por quien la utilice, lo que obliga al ejecutor a ser objetivo a la hora de su empleo. Al ser un indicador de gran detalle, emplear la metodología MT considera invertir tiempo antes de la obtención de resultados. Considerando esta herramienta como una buena medida de adquirir información, se recomienda la automatización del proceso para evitar cualquier tipo de complicaciones.

## **CAPITULO 5**

El análisis del Gráfico 1 y Gráfico 2 permite concluir que la aplicación del modelo de operación tiene incidencia positiva en uno de los indicadores definidos por Anglo American: Area Compliance, que entrega el cumplimiento de la secuencia de extracción – tonelaje con respecto al plan Budget. Consecuentemente, la incidencia desencadena la reducción la variabilidad de estos parámetros otorgando estabilidad a los procesos.

Por otro lado, los resultados obtenidos en el Gráfico 5 permiten concluir que existe una clara tendencia entre trabajos completados correctamente y la reconciliación de áreas de la planificación Short Term vs los resultados reales. Bajo este contexto, y considerando el Short Term como una herramienta de planificación fundamental de la compañía, se recomienda realizar una valorización a nivel económico de la reconciliación de datos, permitiendo determinar y estimar impactos económicos de forma directa al correcto cierre de tareas y consecuentemente a la aplicación del Modelo de operación.

El análisis de trabajos que adquieren un carácter urgente y, por ende, que son incorporados a SAP AOP permite concluir que gran parte de ellos no son cerrados de forma correcta en el sistema, a pesar de alcanzar el estado de completo tras su ejecución. También se observa que un número aún mayor de avisos no son completados antes de la fecha requerida. Estas observaciones, en conjunto con las realizadas en interacción con el personal de Anglo American, se relacionan a la falta de manejo de la plataforma SAP AOP por parte de quien la utiliza. Junto a ello, se destaca que la entrega de información al sistema no es del todo verídica, pues se observa el ingreso de valores que no son coherentes con los utilizados en la realidad, lo que entorpece el uso de la plataforma, afectando la correcta aplicación del modelo de operación.

Los resultados repetitivos obtenidos al utilizar la metodología MT permiten concluir que, las acciones que forman al flujograma representativo de las etapas del modelo de operación cumplen con su propósito, pero no con la calidad suficiente para considerarse como ejemplar de la aplicación del AOM. Bajo este contexto, para considerar un trabajo o actividad en línea con el modelo de operación, se requiere un mayor aporte de la calidad de realización de las acciones que lo componen.

La realización de trabajos en periodos inusuales o de contingencia dificulta la correcta y estandarizada aplicación del modelo de operación. Considerando el dinamismo que caracteriza a las operaciones mineras y junto con ello la presente posibilidad de alcanzar periodos de contingencia, se recomienda tener para estos escenarios un sistema alternativo y en línea con la teoría del modelo que permita la obtención rápida, estable y concreta de soluciones.

## **CAPITULO 6**

En general, del total de actividades analizadas, gran porcentaje se ejecuta de forma completa, dejando fuera de este grupo sólo las que se encuentran actualmente en curso. Sin embargo, el cumplimiento de las fechas establecidas por la programación es deficiente. Este resultado se asocia al dinamismo de la mina que origina trabajos adicionales e imprevistos que requieren el uso de recursos que no son considerados en el programa semanal, provocando desviaciones que tienen como consecuencia el retraso de las actividades.

Por otro lado, la eficiencia de la programación obtiene resultados ejemplares, lo que se traduce en programaciones eficientes y optimizadas a la hora de la asignación de recursos. Sin embargo, la información entregada puede considerarse poco operativa y aterrizada, motivo que se suma a la existencia de desviaciones importantes al programa.

El fracaso de la correcta aplicación del modelo de operación y consecuentemente su incidencia en tiempos de ejecución y cumplimientos de plazos establecidos, puede ser originado por un inadecuado avance en el proceso y etapas que establece la teoría, acto que puede estar influenciado por una inadecuada interacción de las partes involucradas en la realización de trabajos como la falta de comunicación entre áreas o el conocimiento parcial de las plataformas utilizadas en el equipo.

Uno de los factores de mayor incidencia en los resultados obtenidos es la correcta aplicación de la etapa de Planificación, que actúa como el proceso limitante de todo el sistema, impidiendo un adecuado avance según el estándar establecido por la compañía para la aplicación del AOM. Es por ello que se recomienda especial énfasis en la aplicación de esta etapa junto con la consideración de más personal que apoye al área de planificación.

Por otro lado, se observa una ejemplar aplicación del Modelo de operación en trabajos planificados, programados y ejecutados por el equipo eléctrico, quienes presentan dentro de los resultados arrojados por los indicadores cumplimiento del 100% para los KPI's cualitativos y los definidos por la compañía exceptuando el que hace referencia al tiempo correcto de ejecución. Este comportamiento se origina producto de factores que se encuentran fuera del alcance del equipo de trabajo eléctrico. Dicha observación evidencia la necesidad de un adecuado lineamiento entre las áreas comprometidas con la realización de los trabajos.

## CAPITULO 7

El análisis de la estimación de costos unitarios por hora asociados a los equipos requeridos para la ejecución del proyecto Pioneros Donoso 2 permite concluir que es de mayor conveniencia la contratación de servicios de una empresa externa. Esta observación también se sustenta tras considerar que la flota que actualmente posee la compañía es utilizada sin dejar espacios disponibles para el empleo en otras actividades, obligando de esta manera y bajo un escenario en donde no se contrate el servicio, a la optimización de recursos para la asignación al nuevo proyecto, lo que aumenta posibles interferencias entre usos de equipos que pueden entorpecer el avance de los trabajos no solo en el Pioneros Donoso 2, sino que en la mina completa.

El análisis de costos diarios por detención supera los 23 mil USD, volviéndose un impacto considerable en el área financiera de la superintendencia y compañía, pudiendo desencadenar diferencias importantes entre el Budget y los gastos reales del proyecto. Es por ello que se vuelve de vital importancia cumplir con los planes y programas establecidos con el objetivo de evitar cualquier tipo de retraso que afecte al presupuesto de la compañía.

La estimación de costos totales permite establecer que el retraso del inicio del proyecto pioneros tiene impactos económicos considerables sobre los gastos de la compañía. Se estima que un mes de retraso presenta diferencias cercanas al 1.5 MUSD con respecto a un escenario óptimo, mientras que este valor aumenta a 2.4 MUSD si se considera un total de 2 meses de desfase. Junto con este impacto, se suma la extensión de tiempo del proyecto que incide directamente en el retraso de la futura extracción de mineral y consecuentemente en los planes a mediano y largo plazo de la compañía. Cabe destacar que esta particularidad lleva consigo gastos adicionales que pueden ser significativos para la compañía y su producción.

El análisis realizado a mediano plazo permite concluir que el retraso de trabajos pioneros implica el ajuste en la secuencia de manejo de estéril establecido por la gerencia de planificación afectando de forma directa al Budget estimado para los años 2020 y 2021 producto de diferencias principalmente de gastos de carguío y transporte.

En base al estudio realizado y considerando interacciones de carácter similar de las fases futuras Infiernillo 6 e Infiernillo 7A a la actual fase en desarrollo Donoso 2, se recomienda la aplicación del modelo de operación de forma temprana con especial énfasis en las etapas iniciales (aprobación y planificación de actividades), junto con una adecuada difusión de la información y capacitación que permita otorgar al equipo el conocimiento adecuado para su correcta aplicación.

## CAPITULO 9: BIBLIOGRAFIA

- American, G. M. (2019). *Forecast Diciembre 2019*. Santiago.
- Anglo American. (2006). *EIA Proyecto Desarrollo Los Bronces*. Santiago.
- Anglo American. (2014). *Declaración de Impacto Ambiental Fase 7 Los Bronces*. Santiago : Servicio de Evaluación Ambiental.
- Anglo American. (2015). *Entrenamiento detallado AOM* . Santiago.
- Anglo American. (2016). *Seat Los Bronces*.
- Anglo American. (2018). *Anual Report*. Santiago.
- Anglo American. (2018). *Reporte de Sustentabilidad*. Santiago.
- Anglo American. (2019). *Acerca de nosotros: En una Mirada. Anglo American* . Obtenido de Anglo American: [https://chile.angloamerican.com/acerca-de-nosotros/en-una-mirada?sc\\_lang=es-ES](https://chile.angloamerican.com/acerca-de-nosotros/en-una-mirada?sc_lang=es-ES)
- Anglo American. (2019). *Informe de producción correspondiente al tercer trimestre finalizado el 30 de septiembre de 2019* . Santiago: 22 de octubre de 2019 .
- Anglo American. (2019). *Operaciones*. Obtenido de Anglo American Chile: [www.angloamerican-chile.cl/operaciones?sc\\_lang=es-ES](http://www.angloamerican-chile.cl/operaciones?sc_lang=es-ES)
- Anglo American. (2019). *Operaciones, Los Bronces*. Obtenido de Anglo American Chile: [www.angloamerican-chile.cl/operaciones/los-bronces?sc\\_lang=es-Es](http://www.angloamerican-chile.cl/operaciones/los-bronces?sc_lang=es-Es)
- Anglo American Sur S.A. (2007). *Informe Consolidado de Evaluación de Proyecto "Desarrollo Los Bronces"*.
- Angloamerican . (2015). *Modelo de Operación - Capacitación detallda en Gestión de Trabajo*.
- Gestión - Calidad. (03 de Septiembre de 2016). *Gestión por Procesos* . Obtenido de Gestión por Procesos en sistemas de gestión: <http://gestion-calidad.com/gestion-procesos>
- Minesight, M. (18 de Agosto de 2014). *Mintec Minesight*. Obtenido de MineSight Atlas: <https://mintecminesight.wordpress.com/category/minesight-atlas/>
- Noon, C. (21 de Agosto de 2006). *Forbes*. Obtenido de New Mining Target: Anglo American: [https://www.forbes.com/2006/08/21/anglo-american-update-cx\\_cn\\_0821miner.html#2f04f6535c2d](https://www.forbes.com/2006/08/21/anglo-american-update-cx_cn_0821miner.html#2f04f6535c2d)
- o. (2016). *Depósitos Temporales "Stock 1 y Stock 2"*. Santiago.
- RAE. (2019). *Real Academia Española* . Obtenido de Real Academia Española : <https://dle.rae.es/?id=PTk5Wk1>
- Restrepo, B. (2015). *Elaboración de un Modelo de Operación por procesos para un concesionario de motos Motomax del Valle S.A de la ciudad de Cali* . Santiago de Cali.
- Reuters. (1 de Junio de 2009). Obtenido de Anglo American PCL: <https://www.reuters.com/finance/stocks/lookup?searchType=any&search=AAUK.O>
- S.A, A. A. (2007). *Informe Consolidado de Evaluación de Proyecto: Desarrollo Los Bronces*. Santiago.

SAP . (2019). *Productos: SAP Advanced Planning and Optimization*. Obtenido de SAP:  
<https://www.sap.com/latinamerica/products/advanced-planning-optimization.product-capabilities.html#product-capabilities>

*Sistema SAP*. (Octubre de 2017). Obtenido de Significados: <https://www.significados.com/sistema-sap/>

Strategy & PwC . (s.f.). *Nuestras soluciones - Modelo Operativo: Strategy & Part of the PwC network*. Obtenido de Strategy & Part of the PwC network: <https://www.strategyand.pwc.com/gx/en/unique-solutions/capabilities-driven-strategy/operating.html>

UGC. (s.f.). *Modelo de Procesos*. Obtenido de Universidad Ficticia - Gestión del Conocimiento: <https://ugc2015-1.weebly.com/modelo-de-procesos.html>

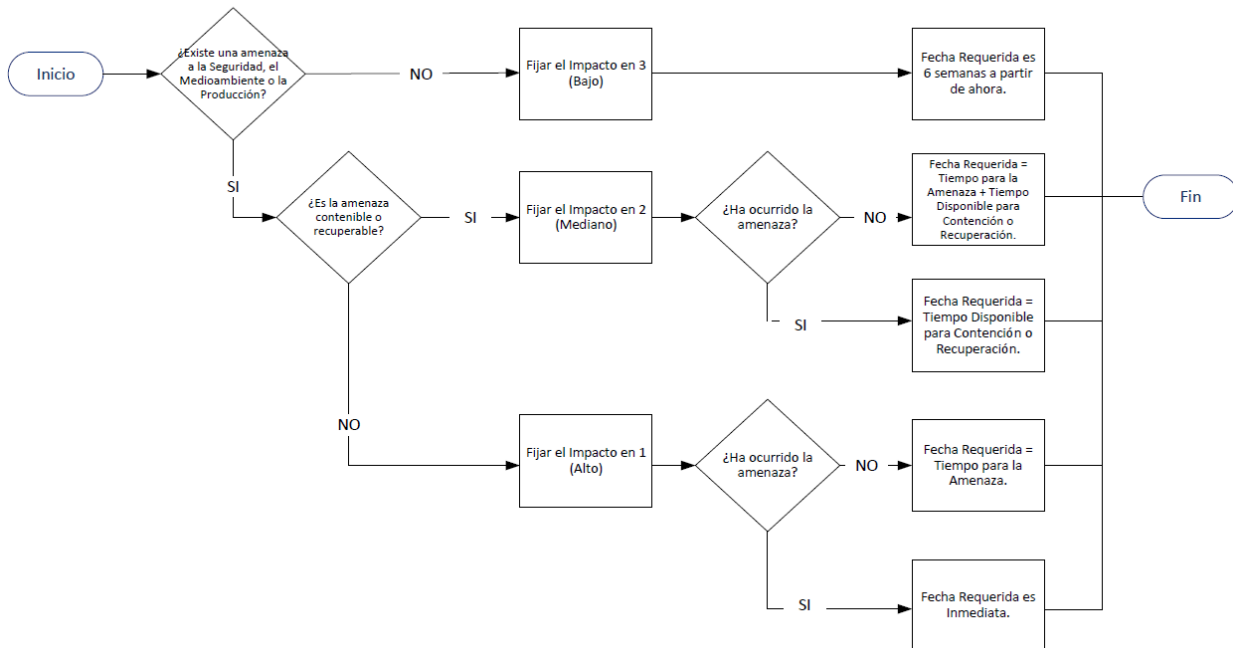
# CAPITULO 10: ANEXOS

## Anexo 1: CARACTERIZACIÓN DE TRABAJO URGENTE

### MATRIZ DE DECISIONES

		DATA REQUERIDA		
		HOY	EN ESTE PERIODO	EN PRÓXIMO PERIODO
IMPACTO	1	URGENTE	URGENTE	NO URGENTE
		Responder inmediatamente	Responder antes de la fecha requerida	Programar para antes de la fecha requerida
	2	URGENTE	URGENTE	NO URGENTE
		Responder o contener inmediatamente	Responder inmediatamente	Programar para antes de la fecha requerida
	3	NO UTILIZADO	NO UTILIZADO	NO URGENTE
				Programar para antes de la fecha requerida

### DIAGRAMA DE FLUJO DE DECISIONES



**ANEXO 2: METODOLOGÍA MT**  
**A. APROBACIÓN DEL TRABAJO**

SISTEMA DE CONTENCIÓN					
Acciones	P	C	CL	Prom	Elementos
Ponderador	0.1	0.1	0.8		
WA01	1	1	0.5	0.6	Generación de Trabajo AD-HOC 0.28
WA02	1	1	0.5	0.6	
WA03	1	1	0	0.2	
WA04	0	0	0	0	
WA05	0	0	0	0	
WA06	1	1	0	0.2	Evaluación Técnica 0.20
WA07	1	1	0	0.2	
WA08	1	1	0	0.2	
WA09	0	0	0	0	Evaluación Económica 0.12
WA10	0			0	
WA11	1	1	0	0.2	
WA12	1	1	0	0.2	
WA13	1	1	0	0.2	
WA14	1	0	0	0.1	General 0.27
WA15	1	0	0	0.1	
WA16	1	1	0.5	0.6	
WA17	0	0	0	0	Estrategia Generación de trabajo 0.00
%	70.58	62.50	9.38	20.00	17.33

TUBERÍA STP					
Acciones	P	C	CL	Prom	Elementos
Ponderador	0.1	0.1	0.8		
WA01	1	0	0.5	0.5	Generación de Trabajo AD-HOC 0.24
WA02	1	1	0.5	0.6	
WA03	1	0	0	0.1	
WA04	0	0	0	0	
WA05	0	0	0	0	
WA06	1	1	0.5	0.6	Evaluación Técnica 0.30
WA07	1	1	0	0.2	
WA08	1	0	0	0.1	
WA09	0	0	0	0	Evaluación Económica 0.12
WA10	0	0	0	0	
WA11	1	1	0	0.2	
WA12	1	1	0	0.2	
WA13	1	1	0	0.2	
WA14	1	0	0	0.1	General 0.27
WA15	1	0	0	0.1	
WA16	1	1	0.5	0.6	
WA17	0	0	0	0	Estrategia Generación de trabajo 0.00
%	70.59	41.18	11.76	20.59	18.53

INFRAESTRUCTURA					
Acciones	P	C	CL	Prom	Elementos
Ponderador	0.1	0.1	0.8		
WA01	1	0	0	0.1	Generación de Trabajo AD-HOC 0.18
WA02	1	1	0.5	0.6	
WA03	1	0	0	0.1	
WA04	1	0	0	0.1	
WA05	0	0	0	0	
WA06	1	1	0	0.2	Evaluación Técnica 0.16
WA07	1	1	0	0.2	
WA08	1	0	0	0.1	
WA09	0	0	0	0	Evaluación Económica 0.12
WA10	0	0	0	0	
WA11	1	1	0	0.2	
WA12	1	1	0	0.2	
WA13	1	1	0	0.2	
WA14	1	0	0	0.1	General 0.10
WA15	1	0	0	0.1	
WA16	1	0	0	0.1	
WA17	0	0	0	0	Estrategia Generación de trabajo 0.00
%	76.47	35.29	2.94	13.53	11.33

SANEAMIENTO MANUAL					
Acciones	P	C	CL	Prom	Elementos
Ponderador	0.1	0.1	0.8		
WA01	1	1	1	1	Generación de Trabajo AD-HOC 0.64
WA02	1	1	1	1	
WA03	1	1	0.5	0.6	
WA04	1	1	0.5	0.6	
WA05	0	0	0	0	
WA06	1	1	1	1	Evaluación Técnica 0.86
WA07	1	1	1	1	
WA08	1	1	0.5	0.6	
WA09	0	0	0	0	Evaluación Económica 0.56
WA10	1	1	0.5	0.6	
WA11	1	1	1	1	
WA12	1	1	0.5	0.6	
WA13	1	1	0.5	0.6	
WA14	1	1	0.5	0.6	General 0.53
WA15	0	0	0	0	
WA16	1	1	1	1	
WA17	1	1	0.5	0.6	Estrategia Generación de trabajo 0.53
%	82.35	82.35	58.82	63.53	64.00

INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIÓN					
Acciones	P	C	CL	Prom	Elementos
Ponderador	0.1	0.1	0.8		
WA01	1	1	0.5	0.6	Generación de Trabajo AD-HOC 0.56
WA02	1	1	1	1	
WA03	1	1	0.5	0.6	
WA04	1	1	0.5	0.6	
WA05	0	0	0	0	
WA06	1	1	1	1	Evaluación Técnica 0.73
WA07	1	1	0.5	0.6	
WA08	1	1	0.5	0.6	
WA09	0	0	0	0	Evaluación Económica 0.56
WA10	1	1	0.5	0.6	
WA11	1	1	1	1	
WA12	1	1	0.5	0.6	
WA13	1	1	0.5	0.6	
WA14	1	1	0.5	0.6	General 0.53
WA15	0	0	0	0	
WA16	1	1	1	1	
WA17	1	1	0.5	0.6	Estrategia Generación de trabajo 0.60
%	82.35	82.35	52.94	58.82	59.73

**B. PLANIFICACIÓN**

SISTEMA DE CONTENCIÓN					
Acciones	P	C	CL	Prom	Elementos
Ponderador	0.1	0.1	0.8		
PL01	1	1	0	0.2	Configuración de planificación 0.04
PL02	0	0	0	0	
PL03	0	0	0	0	
PL04	0	0	0	0	
PL05	0	0	0	0	Espec Trabajo 0.00
PL06	1	0	0	0.1	Especificar como lo haremos 0.57
PL07	1	1	1	1	
PL08	1	1	0.5	0.6	Especificar lo que tenemos que hacer 0.10
PL09	0	0	0	0	
PL10	0	0	0	0	
PL11	0	0	0	0	
PL12	1	1	0.5	0.6	
PL13	0	0	0	0	
PL14	0	0	0	0	
PL15	1	0	0	0.1	Aceptabilidad del costo 0.10

PL16	0	0	0	0	Especificar detalle de programación 0.00
PL17	0	0	0	0	
PL18	0	0	0	0	Especificar sistema de registro 0.00
PL19	0	0	0	0	
PL20	0	0	0	0	Planificación de análisis y mejora 0.14
PL21	1	1	0.5	0.6	
PL22	1	0	0	0.1	
PL23	0	0	0	0	
PL24	0	0	0	0	
PL25	0	0	0	0	
Promedio	32.00	20.00	10.00	13.20	

TUBERÍAS STP

Acciones	P	C	CL	Prom	Elementos
Ponderador	0.1	0.1	0.8		
PL01	1	1	0.5	0.6	Configuración de planificación 0.34
PL02	1	1	0	0.2	
PL03	1	1	0.5	0.6	
PL04	1	0	0	0.1	
PL05	1	1	0	0.2	Especificar Trabajo 0.20
PL06	1	1	0.5	0.6	Especificar como lo haremos 0.23
PL07	1	0	0	0.1	
PL08	0	0	0	0	Especificar lo que tenemos que hacer 0.10
PL09	0	0	0	0	
PL10	0	0	0	0	
PL11	1	0	0	0.1	
PL12	1	0	0	0.1	
PL13	0	0	0	0	
PL14	0	0	0	0	
PL15	1	0	0	0.1	Aceptabilidad del costo 0.03
PL16	1	0	0	0.1	Especificar detalle de programación 0.10
PL17	0	0	0	0	
PL18	0	0	0	0	Especificar sistema de registro 0.03
PL19	0	0	0	0	
PL20	0	0	0	0	Planificación de análisis y mejora 0.08
PL21	1	1	0	0.2	
PL22	1	0	0	0.1	
PL23	0	0	0	0	
PL24	0	0	0	0	
PL25	1	0	0	0.1	
Promedio	56	25	6.25	13.1	12.75

INFRAESTRUCTURA

Acciones	P	C	CL	Prom	Elementos
Ponderador	0.1	0.1	0.8		
PL01	1	1	0	0.2	Configuración de planificación 0.06
PL02	1	0	0	0.1	
PL03	0	0	0	0	
PL04	0	0	0	0	
PL05	0	0	0	0	Especificar Trabajo 0.00
PL06	1	1	0	0.2	Especificar como lo haremos 0.10
PL07	1	0	0	0.1	
PL08	0	0	0	0	Especificar lo que tenemos que hacer 0.05
PL09	0	0	0	0	
PL10	1	0	0	0.1	
PL11	1	0	0	0.1	
PL12	0	0	0	0	
PL13	0	0	0	0	
PL14	1	0	0	0.1	
PL15	1	0	0	0.1	Aceptabilidad del costo 0.10
PL16	0	0	0	0	Especificar detalle de programación 0.03
PL17	0	0	0	0	
PL18	0	0	0	0	

PL18	1	0	0	0.1	Especificar sistema de registro 0.00
PL19	0	0	0	0	
PL20	0	0	0	0	Planificación de análisis y mejora 0.08
PL21	1	0	0	0.1	
PL22	1	0	0	0.1	
PL23	1	0	0	0.1	
PL24	0	0	0	0	
PL25	1	0	0	0.1	
Promedio	52.00	8.00	0	6.00	5.3

SANEAMIENTO MANUAL

Acciones	P	C	CL	Prom	Elementos
Ponderador	0.1	0.1	0.8		
PL01	1	1	1	1	Configuración de planificación 0.90
PL02	1	1	1	1	
PL03	1	1	1	1	
PL04	1	1	0.5	0.6	
PL05	1	1	0.5	0.6	Especificar Trabajo 0.60
PL06	1	1	1	1	Especificar como lo haremos 1.00
PL07	1	1	1	1	
PL08	1	1	1	1	Especificar lo que tenemos que hacer 0.65
PL09	1	1	0.5	0.6	
PL10	1	1	1	1	
PL11	1	1	0.5	0.6	
PL12	1	0	0	0.1	
PL13	1	1	0.5	0.6	
PL14	1	1	1	1	
PL15	1	1	1	1	Aceptabilidad del costo 1.00
PL16	1	1	0.5	0.6	Especificar detalle de programación 0.20
PL17	0	0	0	0	
PL18	0	0	0	0	Especificar sistema de registro 0.15
PL19	1	0	0	0.1	
PL20	1	1	0	0.2	Planificación de análisis y mejora 0.66
PL21	1	1	1	1	
PL22	1	0	0	0.1	
PL23	1	1	1	1	
PL24	1	1	0.5	0.6	
PL25	1	1	0.5	0.6	
Promedio	92.00	80.00	60.00	65.20	64.50

INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIÓN

Acciones	P	C	CL	Prom	Elementos
Ponderador	0.1	0.1	0.8		
PL01	1	1	1	1	Configuración de planificación 0.90
PL02	1	1	1	1	
PL03	1	1	1	1	
PL04	1	1	0.5	0.6	
PL05	1	1	0.5	0.6	Especificar Trabajo 0.60
PL06	1	0	0	0.1	Especificar como lo haremos 0.40
PL07	1	0	0	0.1	
PL08	1	1	1	1	Especificar lo que tenemos que hacer 0.56
PL09	1	1	0.5	0.6	
PL10	1	1	1	1	
PL11	1	1	0.5	0.6	
PL12	0	0	0	0	
PL13	1	1	0.5	0.6	
PL14	1	1	0.5	0.6	
PL15	1	0	0	0.1	Aceptabilidad del costo 0.10
PL16	1	1	0.5	0.6	Especificar detalle de programación 0.20
PL17	0	0	0	0	



Acciones	P	C	CL	Prom	Elementos
PL19	1	0	0	0.1	Especificar sistema de registro 0.15
PL20	1	1	0	0.2	
PL21	1	1	1	1	
PL22	0	0	0	0	
PL23	1	1	1	1	
PL24	1	1	0.5	0.6	
PL25	1	1	0.5	0.6	Planificación de análisis y mejora 0.64
<b>Promedio</b>	84.00	68.00	46.00	52.00	44.46

### C. PROGRAMACIÓN

SISTEMA DE CONTENCIÓN					
Acciones	P	C	CL	Prom	Elementos
Ponderador	0.1	0.1	0.8		
SC01	1	1	0	0.2	Recopilar Entradas 0.2
SC02	1	1	0	0.2	
SC03	1	0	0	0.1	Crear un programa efectivo 0.05
SC04	0	0	0	0	
SC05	1	0	0	0.1	
SC06	0	0	0	0	Optimizar eficiencia 0.03
SC07	0	0	0	0	
SC08	0	0	0	0	
SC09	1	0	0	0.1	Contribuciones de la fuerza laboral 0.1
SC10	1	0	0	0.1	
SC11	0	0	0	0	Documentar problemas críticos 0
SC15	1	0	0	0.1	Finalizar el programa 0.1
SC12	1	0	0	0.1	
SC13	0	0	0	0	
SC14	1	0	0	0.1	
SC16	1	1	0	0.2	Tomar decisiones 0.5
SC17	0	0	0	0	
SC18	0	0	0	0	
SC19	0	0	0	0	
<b>Promedio</b>	52.63	15.79	0.00	6.84	7.50

TUBERÍA STP					
Acciones	P	C	CL	Prom	Elementos
Ponderador	0.1	0.1	0.8		
SC01	1	0	0	0.1	Recopilar Entradas 0.10
SC02	1	0	0	0.1	
SC03	1	0	0	0.1	Crear un programa efectivo 0.05
SC04	0	0	0	0	
SC05	1	0	0	0.1	
SC06	0	0	0	0	Optimizar eficiencia 0.03
SC07	0	0	0	0	
SC08	0	0	0	0	
SC09	1	0	0	0.1	Contribuciones de la fuerza laboral 0.15
SC10	1	1	0	0.2	
SC11	1	1	0	0.2	Documentar problemas críticos 0.20
SC15	1	1	0	0.2	Finalizar el programa 0.15
SC12	1	0	0	0.1	
SC13	1	0	0	0.1	
SC14	1	0	0	0.1	
SC16	1	1	0.5	0.6	Tomar decisiones 0.18
SC17	1	0	0	0.1	
SC18	0	0	0	0	
SC19	1	1	0	0.2	
<b>Promedio</b>	73.68	26.32	2.63	12.11	12.26

INFRAESTRUCTURA					
Acciones	P	C	CL	Prom	Elementos
Ponderador	0.1	0.1	0.8		
SC01	1	1	0.5	0.6	Recopilar Entradas 0.30
SC02	0	0	0	0	
SC03	1	0	0	0.1	Crear un programa efectivo 0.05
SC04	0	0	0	0	
SC05	1	0	0	0.1	
SC06	1	0	0	0.1	Optimizar eficiencia 0.05
SC07	0	0	0	0	
SC08	0	0	0	0	
SC09	0	0	0	0	
SC10	1	0	0	0.1	Contribuciones de la fuerza laboral 0.05
SC11	0	0	0	0	Documentar problemas críticos 0.00
SC15	1	1	0	0.2	Finalizar el programa 0.15
SC12	1	0	0	0.1	
SC13	0	0	0	0	
SC14	1	0	0	0.1	
SC16	1	1	0	0.2	Tomar decisiones 0.08
SC17	0	0	0	0	
SC18	1	0	0	0.1	
SC19	1	0	0	0.1	
<b>Promedio</b>	57.89	15.79	2.63	9.47	9.76

SANEAMIENTO MANUAL					
Acciones	P	C	CL	Prom	Elementos
Ponderador	0.1	0.1	0.8		
SC01	1	1	1	1	Recopilar Entradas 0.80
SC02	1	1	0.5	0.6	
SC03	1	1	0	0.2	Crear un programa efectivo 0.40
SC04	1	1	0.5	0.6	
SC05	1	1	0	0.2	
SC06	1	1	0.5	0.6	Optimizar eficiencia 0.20
SC07	0	0	0	0	
SC08	0	0	0	0	
SC09	1	0	0	0.1	Contribuciones de la fuerza laboral 0.15
SC10	1	1	0	0.2	
SC11	-	-	-	-	Documentar problemas críticos -
SC15	-	-	-	-	Finalizar el programa -
SC12	-	-	-	-	
SC13	-	-	-	-	
SC14	1	1	1	1	Tomar decisiones 0.64
SC16	1	1	1	1	
SC17	1	1	0.5	0.6	
SC18				0	
SC19	1	1	0.5	0.6	
<b>Promedio</b>	85.71	78.57	39.29	47.86	43.8

INFRAESTRUCTURA COMUNICACIÓN					
Acciones	P	C	CL	Prom	Elementos
Ponderador	0.1	0.1	0.8		
SC01	1	1	1	1	Recopilar Entradas 0.80
SC02	1	1	0.5	0.6	
SC03	1	0	0	0.1	Crear un programa efectivo 0.35
SC04	1	1	0.5	0.6	
SC05	1	0	0	0.1	
SC06	1	1	1	1	Optimizar eficiencia 0.28
SC07	0	0	0	0	

Acciones	P	C	CL	Prom	Elementos
SC08	0	0	0	0	Contribuciones de la fuerza laboral 0.10
SC09	0	0	0	0	
SC10	1	1	0	0.2	
SC11	-	-	-	-	Documentar problemas críticos -
SC15	-	-	-	-	Finalizar el programa -
SC12	-	-	-	-	Tomar decisiones 0.56
SC13	-	-	-	-	
SC14	1	1	1	1	
SC16	1	1	0.5	0.6	
SC17	1	1	0.5	0.6	
SC18	-	-	-	0	
SC19	1	1	0.5	0.6	
<b>Promedio</b>	<b>78.57</b>	<b>64.29</b>	<b>39.29</b>	<b>45.71</b>	<b>41.7</b>

#### D. RECURSOS

SISTEMA DE CONTENCIÓN					Elementos
Acciones Ponderador	P	C	CL	Prom	
RE01	1	1	0	0.2	Monitorear la disponibilidad de recursos 0.32
RE02	1	1	0	0.2	
RE03	1	0	0	0.1	
RE05	1	0	0	0.1	
RE06	1	1	1	1	
RE07	0	0	0	0	Entregar los recursos 0.23
RE08	1	0	0	0.1	
RE09	1	1	0	0.2	
RE10	1	1	0.5	0.6	
RE04	0	0	0	0	Elevar el método de asignación de recursos 0.27
RE11	1	1	0	0.2	
RE12	1	1	0	0.2	
RE13	1	0	0	0.1	
RE14	1	1	0	0.2	
RE15	1	1	0.5	0.6	
RE16	1	1	0.5	0.6	Gestión de riesgos 0.23
RE17	1	1	0.5	0.6	
RE18	1	1	0	0.2	
RE19	1	0	0	0.1	
RE20	1	1	0	0.2	
RE21	1	1	0	0.2	
RE22	1	0	0	0.1	
<b>Promedio</b>	<b>90.91</b>	<b>63.64</b>	<b>13.64</b>	<b>23.36</b>	<b>26.24</b>

TUBERIA STP					Elementos
Acciones Ponderador	P	C	CL	Prom	
RE01	1	1	0	0.2	Monitorear la disponibilidad de recursos 0.14
RE02	1	1	0	0.2	
RE03	1	1	0	0.2	
RE05	1	0	0	0.1	
RE06	0	0	0	0	
RE07	1	1	1	1	
RE08	1	0	0	0.1	Entregar los recursos 0.35
RE09	1	0	0	0.1	
RE10	1	1	0	0.2	
RE04	1	0	0	0.1	
RE11	1	0	0	0.1	Elevar el método de asignación de recursos 0.21
RE12	1	1	0	0.2	
RE13	1	0	0	0.1	
RE14	1	1	0.5	0.6	
RE15	1	1	0	0.2	
RE16	1	1	0	0.2	
RE17	1	1	0	0.2	Gestión de riesgos 0.15
RE18	1	1	0	0.2	
RE19	1	1	0	0.2	
RE20	0	0	0	0	
RE21	1	0	0	0.1	
RE22	1	1	0	0.2	
<b>Promedio</b>	<b>90.91</b>	<b>59.09</b>	<b>6.82</b>	<b>20.45</b>	<b>21.36</b>

INFRAESTRUCTURA					
Acciones Ponderador	P	C	CL	Prom	Elementos
RE01	1	1	0	0.2	Monitorear la disponibilidad de recursos 0.30
RE02	1	0	0	0.1	
RE03	1	1	0	0.2	
RE05	0	0	0	0	
RE06	1	1	1	1	
RE07	0	0	0	0	Entregar los recursos 0.08
RE08	1	0	0	0.1	
RE09	1	0	0	0.1	
RE10	1	0	0	0.1	
RE04	1	0	0	0.1	Elevar el método de asignación de recursos 0.14
RE11	1	0	0	0.1	
RE12	1	1	0	0.2	
RE13	1	0	0	0.1	
RE14	1	1	0	0.2	
RE15	1	0	0	0.1	
RE16	1	1	0	0.2	Gestión de riesgos 0.15
RE17	1	1	0	0.2	
RE18	1	1	0	0.2	
RE19	1	1	0	0.2	
RE20	1	0	0	0.1	
RE21	0	0	0	0	
RE22	1	1	0	0.2	
<b>Promedio</b>	<b>86.36</b>	<b>45.45</b>	<b>4.55</b>	<b>16.82</b>	<b>16.70</b>

#### E. EJECUCIÓN

SANEAMIENTO MANUAL					
Acciones Ponderador	P	C	CL	Promedio	Elementos
WE01	1	1	0.5	0.6	Monitorear el contexto del programa 0.60
WE02	1	1	0.5	0.6	
WE03	1	1	1	1	Asignación del contexto del trabajo 0.87
WE04	1	1	0.5	0.6	
WE05	1	1	1	1	
WE06	1	1	0	0.2	Evaluar las condiciones del trabajo 0.87
WE07	1	1	1	1	
WE08	1	1	1	1	
WE09	1	1	1	1	
WE10	1	1	1	1	
WE11	1	1	1	1	
WE12	1	1	0.5	0.6	Completar el trabajo 0.60
WE13	1	1	0.5	0.6	
WE14	1	1	0.5	0.6	Lidiar con trabajo adicional 0.76
WE15	1	1	0.5	0.6	
WE16	1	1	1	1	
WE17	1	1	1	1	
WE18	1	1	0.5	0.6	
WE19	0	0	0	0	Cierre del trabajo 0.33
WE20	1	1	0.5	0.6	
WE21	1	0	0	0.1	
WE22	1	1	0.5	0.6	
WE23	1	1	1	1	Recuperar el programa 0.84
WE24	1	1	0.5	0.6	
WE25	1	1	1	1	
WE26	1	1	0.5	0.6	
WE27	1	1	1	1	
WE28	1	1	0.5	0.6	
WE29	1	1	0.5	0.6	Gestionar la reprogramación de tareas 0.45
WE30	1	1	0.5	0.6	
WE31	0	0	0	0	
WE32	1	1	0.5	0.6	
WE33	1	0	0	0.1	General 0.57
WE34	1	1	1	1	
WE35	1	0	0	0.1	Gestión de trabajo urgente 0.40
WE36	1	1	1	1	
WE37	1	0	0	0.1	
WE38	1	1	0	0.2	
WE39	1	1	0.5	0.6	
WE40	1	1	0	0.2	
WE41	1	1	0.5	0.6	
<b>Promedio</b>	<b>95.12</b>	<b>85.37</b>	<b>56.10</b>	<b>62.93</b>	<b>62.75</b>

INFRAESTRUCTURA ELECTRICA					
Acciones	P	C	CL	Promedio	Elementos
Ponderador	0.1	0.1	0.8		
WE01	1	1	0.5	0.6	Monitorear el contexto del programa 0.60
WE02					
WE03	1	1	1	1	
WE04	1	1	0.5	0.6	Asignación del contexto del trabajo 0.87
WE05	1	1	1	1	
WE06	1	1	0	0.2	
WE07	1	1	1	1	
WE08	1	1	1	1	
WE09	1	1	0.5	0.6	
WE10	1	1	1	1	Evaluar las condiciones del trabajo 0.80
WE11	1	1	1	1	
WE12	1	1	0.5	0.6	
WE13					
WE14	1	1	0.5	0.6	Completar el trabajo 0.60
WE15	1	1	0.5	0.6	
WE16	1	1	0.5	0.6	Lidiar con trabajo adicional 0.68
WE17	1	1	1	1	
WE18	1	1	0.5	0.6	
WE19	0	0	0	0	
WE20	1	1	0.5	0.6	Cierre del trabajo 0.33
WE21	1	0	0	0.1	
WE22	1	1	0.5	0.6	
WE23	1	1	1	1	Recuperar el programa 0.84
WE24	1	1	0.5	0.6	
WE25	1	1	1	1	
WE26	1	1	0.5	0.6	
WE27	1	1	1	1	
WE28	1	1	0.5	0.6	Gestionar la reprogramación de tareas 0.45
WE29	1	1	0.5	0.6	
WE30	1	1	0.5	0.6	
WE31	0	0	0	0	
WE32	1	1	0.5	0.6	General 0.53
WE33	0	0	0	0	
WE34	1	1	1	1	
WE35	1	0	0	0.1	Gestión de trabajo urgente 0.39
WE36	1	1	1	1	
WE37	0	0	0	0	
WE38	1	1	0	0.2	
WE39	1	1	0.5	0.6	
WE40	1	1	0	0.2	
WE41	1	1	0.5	0.6	
Promedio	90.24	85.37	53.66	60.49	60.81

Materiales y herramientas	142960	142960	142960	142960	142960
Toneladas movidas A (ton)	0	0	106000	145000	147000
Movimiento de tierra A (\$US)	0	0	90418	123685	125391
Toneladas movidas B (ton)	0	106000	145000	147000	
Movimiento de tierra B (\$US)	0	90418	123685	125391	0
Toneladas movidas C (ton)	106000	145000	147000		
Movimiento de tierra C (\$US)	90418	123685	125391	0	0
Escenario A	1241331	1162213	652127	443737	1045946
Escenario B	1241331	652127	685394	1045946	0
Escenario C	731246	685394	703506	0	0

### ANEXOS 3: IMPACTO ECONÓMICO

IMPACTO GASTOS APLICACIÓN AOM PIONEROS					
Mes	1	2	3	4	5
Movilización (\$US)	26195.9				
Acreditación, contratación e instalación en faena	52922.6				
Uso de equipos StandBy (\$US)	600503.6				
Remuneración personal	122996	122996	122996	122996	122996
Facilities y EPP	44306	44306	44306	44306	44306
Equipos (inversión)	241658	241658	241658	0	0
Gastos general mes	97890	97890	97890	97890	97890