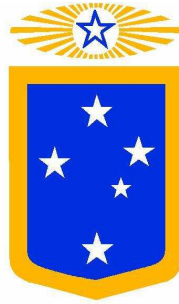


Universidad de Valparaíso
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil Industrial



**Propuesta de un Modelo de Control de Gestión
para la Gerencia Operaciones Mina,
en Cía. Minera Dayton**

Por

Bárbara Liz Cortez Román

Trabajo de Título para optar al Grado de
Licenciado en Ciencias de la Ingeniería y Título de
Ingeniero Civil Industrial

Prof. Guía Esteban Sefair Vera
Diciembre, 2015

*Para Ustedes
... Alicia & Tomás*

Agradecimientos

A Dios, quien ha sido mi guía y me ha acompañado en cada momento, entregándome la fortaleza necesaria en los momentos difíciles, y quien ha llenado los días de mi vida de bendición, de amor, paz, tranquilidad, sabiduría y fe.

A la Virgen del Rosario de Andacollo, mi madre santísima, quien ha sido mi confidente y mi fiel compañera de vida, la cual si bien me recibió en su tierra desde mis primeros meses de vida, hace 4 años me cobijó en su pueblo minero, y orgullosa puedo decir que soy su devota y fiel peregrina.

A mis amados padres, Alicia y Tomás, los cuales me han brindado su amor incondicional, valores, consejos, comprensión y apoyo; los que con sacrificio y perseverancia pudieron educarme y entregarme lo mejor que pudieron. Gracias por esperar que terminara esta última etapa, que si bien costo, hoy me llena de dicha el hacerlos feliz, y que se sientan orgullosos de mí. Agradezco también a mis tíos y primos, siempre preocupados por mí.

A mi amado Rodrigo, a quien conocí gracias a mí llegada a Andacollo, y que desde aquel día no nos separamos más; gracias por comprenderme, por tu amor incondicional y por acompañarme durante estos años alejada de mis padres, eres mi gran apoyo y mi gran amor. También agradezco a su familia, quienes me recibieron como una más de ellos, y se preocuparon por mí en cada momento.

A la familia Araya Veliz, quienes me brindaron un hogar en Andacollo y siempre se preocuparon por mí y mi bienestar, el cariño que les tengo es inmenso.

A mis profesores, quienes fueron un pilar fundamental en mi formación universitaria, especialmente a mi profesor guía Esteban Sefair, Atilio Menichetti, y María Lorena Álvarez.

A mis amigas de la vida, a mis amigos que conocí en mi etapa de estudiante, y mis amigos de CMD, gracias por los buenos momentos, la compañía, consejos y el cariño brindado, en especial a Makarena, Yermy, Magaly, Stephanie, Jaqueline y Susana.

A mis compañeros de trabajo en Compañía Minera Dayton, por su ayuda y cariño.

Finalmente le agradezco a mis ángeles, que nunca me han abandonado, principalmente a mis amados abuelitos, a mi tío Fernando, tía Silvia e Isidro.

Índice

Agradecimientos	iii
Índice	iv
Glosario	vi
Lista de Abreviaturas y Siglas	viii
Lista de Símbolos	ix
Lista de Figuras	x
Lista de Tablas	xii
Resumen	xiii
Capítulo 1: Introducción	14
1.1 Mercado del Oro	14
1.2 Antecedentes Generales de la Empresa	18
1.2.1 <i>Historia de Compañía Minera Dayton</i>	19
1.2.2 <i>Ubicación</i>	20
1.2.3 <i>Estructura Organizacional</i>	21
1.2.4 <i>Proyecciones Futuras</i>	24
1.3 Planteamiento del Problema	24
1.4 Objetivos	27
1.4.1 <i>Objetivo General</i>	27
1.4.2 <i>Objetivos Específicos</i>	27
1.5 Metodología	27
1.6 Resultados Esperados	28
Capítulo 2: Marco Referencial	29
2.1 Proceso Productivo	29
2.2 Proceso de Explotación y Extracción	33
2.2.1 <i>Perforación</i>	35
2.2.2 <i>Tronadura</i>	38
2.2.3 <i>Carguío</i>	42
2.2.4 <i>Transporte</i>	43
Capítulo 3: Marco Teórico	45
3.1 Control de Gestión	45
3.1.1 <i>Concepto de Control de Gestión</i>	45
3.1.2 <i>Origen de los Tableros de Control o Tableros de Mando</i>	46
3.1.3 <i>Tipos de Tableros de Control o Tableros de Mando</i>	47

3.2 Metodología para Diseñar un Modelo de Control	48
3.3 Modelos de Control	49
3.3.1 Pirámide de Resultados	49
3.3.2 Sistema Integrado de Gestión de la Estrategia y Resultado (SIGER).....	50
3.3.3 Intangible Assets Monitor (IAM).....	50
3.3.4 Balanced Scorecard (BSC)	50
3.3.5 Análisis Modular de Sistemas (AMS).....	51
3.3.6 Diferencias entre Modelos de Control.....	51
3.4 Metodología del Análisis Modular de Sistemas (AMS).....	54
3.4.1 Descripción Orgánica AMS de una Actividad	57
3.4.2 Alineamiento Operacional en una Organización.....	62
3.5 Indicadores de Gestión	64
3.5.1 Atributos de los Indicadores	65
Capítulo 4: Desarrollo Modelo AMS.....	66
4.1 Introducción al Diseño de un Modelo de Control AMS	66
4.2 Diseño de un Modelo de Control de Gestión AMS.....	68
4.2.1 Factores del Entorno que influyen en la Planificación de Producción Mina.....	68
4.3 Desarrollo de Análisis Modular de Sistemas (AMS) de las Áreas Involucradas en el Cumplimiento de Plan de Producción Mina	70
4.3.1 Desarrollo de AMS: Gerencia de Operaciones Mina (GOM).....	72
4.3.2 Desarrollo de AMS: Superintendencia de Perforación y Tronadura (SPT).....	76
4.3.3 Desarrollo de AMS: Superintendencia de Operaciones Mina (SOM).....	80
4.3.4 Desarrollo de AMS: Departamento de Mantenimiento Mina (DMM).....	84
4.3.5 Desarrollo de AMS: Labores Unitarias de Perforación y Tronadura - “Operadores de Perforación”.....	88
4.3.6 Desarrollo de AMS: Labores Unitarias de Perforación y Tronadura - “Carguío y Tronadura”.....	92
4.3.7 Desarrollo de AMS: Labores Unitarias de Operaciones Mina - “Operadores Equipos de Carguío”.....	96
4.3.8 Desarrollo de AMS: Labores Unitarias de Operaciones Mina - “Operadores Equipos de Transporte”.....	100
Capítulo 5: Conclusiones y Recomendaciones.....	104
Referencias Bibliográficas.....	109
ANEXO N°1.....	112
I. Antecedentes CMD.....	112
II. Estadística Detenciones Planta 2015 CMD.....	113
III. Principales Elementos BPMN con Bizagi	116
ANEXO N°2.....	118
I. Índices Operacionales Mina.....	118
II. Report Propuestos para Operaciones Mina.....	121

Glosario

Acuñadura: Operación de desprender mineral o estéril desde zonas agrietadas determinando una remoción sistemática y controlada que se produce principalmente por la tronadura.

Banco: Corte escalonado que se realiza en el yacimiento en la explotación a rajo abierto. En los cortes se ven dos caras descubiertas: una cara superior horizontal una vertical lateral.

Burden: Distancia más próxima desde la perforación hacia la cara libre o banco de explotación.

Detonador: Dispositivo que permite iniciar altos explosivos, de acuerdo con un tiempo de retardo que contiene en el interior del "casquillo". Son considerados explosivos, ya que en su interior tienen 2 explosivos (primario y secundario) de alta sensibilidad.

Estéril: (Waste) o lastre, el cual se refiere al material que no tiene beneficio económico y su ley está bajo la ley de corte, el cual es enviado a botaderos

Estrategia: Conjunto de acciones que se llevan a cabo para lograr un determinado fin.

Explosivo: Compuesto químico que puede hacer explosión liberando grandes cantidades de energía bajo la forma de gases, calor o presión, en un período muy corto de tiempo.

Explotación a cielo abierto: Corresponde a la explotación minera que se realiza en la superficie del terreno y en el cual se realizan las labores empleadas para la extracción de minerales.

Feedback: Retroalimentación en un sistema que puede tener dirección positiva y negativa. Es el proceso de compartir observaciones, preocupaciones y sugerencias, con la intención de recabar información, a nivel individual o colectivo, para intentar mejorar el funcionamiento de una organización o grupo.

Gestión: Es el arte de realizar diligencias conducentes al logro de un negocio.

Ley de Oro: Unidad de medida que determina la cantidad de mineral (oro) en gramos, estimado en cada tonelada presente en una mena, definiendo su pureza y determinando la viabilidad económica de una operación de explotación minera.

Ley de Corte: Ley más baja que puede tener un cuerpo mineralizado para ser explotado con beneficio económico. Todo el material que tiene un contenido de oro sobre la ley de corte se clasifica como mineral, en tanto, el contenido bajo esta ley es considerado como estéril o lastre-

Mineral: Se refiere a la masa rocosa mineralizada o recurso que es susceptible de extraerse y procesarse con beneficio económico. De esta manera, se diferencia del estéril.

Metal Doré: Es una aleación de oro y plata, de proporciones variables de oro desde 1% a 99% que se moldea en forma de barra. Esta es una de las formas en que se recupera de los barros anódicos y como se comercializa.

Modelo: Abstracción de la realidad, en donde se combina lo conceptual con las características de los objetos.

Oro: (Au) Es un metal precioso, de color amarillos brillante, caracterizado por su elevado peso, su ductibilidad y su maleabilidad. Su número atómico es 79 y su peso atómico 196,967. Se encuentra mayoritariamente en la naturaleza de forma nativa, aleado con plata (Ag) y los metales del grupo del platino.

Polvorín: Instalación dentro de una mina, destinado a almacenar pólvora y explosivos.

Proceso: Viene del latín *processus*. Un proceso es un conjunto de actividades o eventos que se realizan o suceden con un determinado fin.

ROM: Run Of Mine. Material de baja ley que sale directamente desde la mina, sin pasar por el proceso de chancado, hacia las pilas de lixiviación para su irrigación.

Taco: Material inerte que se introduce en los pozos ya cargados con explosivos, a objeto de mejorar el confinamiento durante la detonación. Por lo general se utiliza el detritus producto de la perforación como material de taco.

Lista de Abreviaturas y Siglas

AMS: Análisis Modular de Sistemas.

ASARCO: American Smelting & Refining Company.

BSC: Balance Scorecard (Cuadro de Mando Integral).

BPMN: Business Process Management Notation.

Cía.: Compañía.

CMI: Cuadro de Mando Integral.

CMD: Compañía Minera Dayton.

COCHILCO: Comisión Chilena del Cobre.

CONAFE: Compañía Nacional de Fuerza Eléctrica.

DMM: Departamento de Mantención Mina.

Fig.: Figura.

GOM: Gerencia Operaciones Mina.

HSEC: Health, Safety, Environment, and Community. (Salud, Seguridad, Medio Ambiente y Comunidad).

m.s.n.m: metros sobre el nivel del mar.

OM: Operaciones Mina.

Pág.: Página.

PyT: Perforación y Tronadura.

SERNAGEOMIN: Servicio Nacional de Geología y Minería.

SOM: Superintendencia de Operaciones Mina.

Spte: Superintendente.

SPT: Superintendencia de Perforación y Tronadura.

TM: Toneladas Métricas.

Lista de Símbolos

- ϑ_0 : Teta Sub-cero
 ϑ_i : Teta Sub-i
 α : Alfa
 ε : Épsilon

Lista de Figuras

Figura 1.1 Gráfico Demanda Mundial Física del Oro.....	14
Figura 1.2 Precio Nominal Mensual 2009- Agosto 2015	15
Figura 1.3 Gráfico Relación Producción Au y Precio.....	17
Figura 1.4 Gráfico Relación Producción Au CMD y Promedio Grado.....	19
Figura 1.5 Ubicación Compañía Minera Dayton.....	21
Figura 1.6 Estructura Organizacional General	22
Figura 1.7 Estructura Organizacional Actual de Gerencia Operaciones Mina	23
Figura 1.8 Árbol de Realidad Actual GOM	26
Figura 2.1 Proceso Productivo del Oro	29
Figura 2.2 Esquema del Diagrama de Flujo del Proceso Productivo en CMD.....	32
Figura 2.3 Diagrama del Proceso Productivo del Oro	33
Figura 2.4 Esquema de Gerencia Operaciones Mina.....	34
Figura 2.5 Diagrama de Flujo Proceso de Perforación.....	35
Figura 2.6 Gráfico Representativo de los Metros Perforados por CMD	37
Figura 2.7 Rosa de los Vientos por Cada Rajo	38
Figura 2.8 Diagrama de Flujo Proceso de Tronadura.....	40
Figura 3.1 Metodología Diseño Modelo de Control [Sarabia95]	49
Figura 3.2 Representación Gráfica del Análisis Modular de Sistemas	56
Figura 3.3 Gráfica de Acoplamiento de Subsistemas en Análisis Modular	57
Figura 3.4 Representación Gráfica de Módulos de Pilotaje y Tecnología (AMS).....	61
Figura 3.5 Alineamiento Operacional en AMS.....	64
Figura 4.1 Estructura Modelo de Control AMS.....	66
Figura 4.2 Factores del Entorno a Considerar en la Planificación de Producción Mina	69
Figura 4.3 Representación Gráfica de la Secuencia Lógica de AMS	71
Figura 4.4 Secuencia Lógica del AMS Gerencia de Operaciones Mina.....	73
Figura 4.5 Análisis Modular de Sistema Superintendencia P y T	77

Figura 4.6 Análisis Modular de Sistema Superintendencia Operaciones Mina.....	81
Figura 4.7 Análisis Modular de Sistema Departamento de Mantenición Mina.....	85
Figura 4.8 Análisis Modular de Sistema: Labores Unitarias de PyT: “Operadores de Perforación”.....	89
Figura 4.9 Análisis Modular de Sistema: Labores Unitarias de PyT: “Tronadura”.....	93
Figura 4.10 Análisis Modular de Sistema: Labores Unitarias de Operaciones Mina: “Operadores Equipos de Carguío”.....	97
Figura 4.11 Análisis Modular de Sistema: Labores Unitarias de Operaciones Mina: “Operadores Equipos de Transporte”.....	101

Lista de Tablas

Tabla 1.1 Productores de Oro en Chile	18
Tabla 2.1 Cantidad de Metros Perforados CMD.....	37
Tabla 2.2 Resumen Carguío en Mina	43
Tabla 2.3 Resumen Transporte en Mina	44
Tabla 3.1 Resumen de Modelos de Control	51
Tabla 3.2 Comparación BSC y AMS	53
Tabla 3.3 Tabla de Símbolos del Análisis Modular de Sistemas	62
Tabla 4.1 Secuencia Lógica de AMS Gerencia de Operaciones Mina	72
Tabla 4.2 Variables Esenciales Gerencia de Operaciones Mina	74
Tabla 4.3 Secuencia Lógica de AMS Superintendencia Perforación y Tronadura.....	76
Tabla 4.4 Variables Esenciales Superintendencia Perforación y Tronadura	78
Tabla 4.5 Secuencia Lógica de AMS Superintendencia Operaciones Mina	80
Tabla 4.6 Variables Esenciales Superintendencia Operaciones Mina.....	82
Tabla 4.7 Secuencia Lógica de AMS Departamento Mantenición Mina	84
Tabla 4.8 Tabla 4.8: Variables Esenciales Departamento de Mantenición Mina	86
Tabla 4.9 Secuencia Lógica de AMS Labores Unitarias de PyT “Operadores de Perforación”	88
Tabla 4.10 Variables Esenciales Labores Unitarias: Operador de Perforación.....	90
Tabla 4.11 Secuencia Lógica de AMS Labores Unitarias de PyT “Carguío y Tronadura”	92
Tabla 4.12 Variables Esenciales Labores Unitarias: Carguío y Tronadura.....	94
Tabla 4.13 Secuencia Lógica de AMS Labores Unitarias de Operaciones Mina “Operadores Equipos de Carguío”	96
Tabla 4.14 Variables Esenciales Labores Unitarias: Operadores Equipos Carguío	98
Tabla 4.15 Secuencia Lógica de AMS Labores Unitarias de Operaciones Mina “Operadores Equipos de Transporte”	100
Tabla 4.16 Variables Esenciales Labores Unitarias: Operadores Equipos Transporte	102

Resumen

Este trabajo de título consiste en Proponer un Modelo de Control de Gestión para la Gerencia de Operaciones Mina de Compañía Minera Dayton, la cual es una empresa productora de oro como metal doré, ubicada en la ciudad de Andacollo, Región de Coquimbo.

Se llevó a cabo una investigación (historial, entrevistas, estadísticas, etc) dentro de dicha compañía, en donde se analizaron las problemáticas más importantes que afectaban a esta, determinándose que una de las problemáticas más importantes era el incumplimiento de la planificación de producción mina debido principalmente a la falta de comunicación entre las áreas, al poco análisis de la información, falta de control en los procesos, e inadecuado control de indicadores en operaciones; en base a lo anterior nace la necesidad de generar un Modelo de Control de Gestión en la Gerencia de Operaciones Mina que permita entregar las herramientas necesarias dentro de las operaciones para el cumplimiento en la producción, sin descuidar a los trabajadores y medio ambiente.

Para lograr lo anterior se debió conocer el proceso de toda la cadena productiva en la producción de oro, enfocándose principalmente en todas las tareas realizadas en el área mina, y se analizaron diferentes modelos de control para determinar el que más se adecuaba al sistema actual de la organización, siendo elegida la metodología desarrollada por el ingeniero francés Jacques Mèlèse, Análisis Modular de Sistemas (AMS), la más acorde a las necesidades presentes dentro de la Gerencia de Operaciones Mina, el cual permitirá diseñar indicadores necesarios para el modelo de control de gestión.

Finalmente lo que se entregara como resultado es el diseño y propuesta de un modelo de control con sus respectivas recomendaciones, el cual sea capaz de ayudar en la mejora de toma de decisiones entregando información relevante y oportuna en el día a día, a través de indicadores seleccionados dentro de los propios procesos de la mina, permitiendo mejorar la eficiencia, eficacia, efectividad, productividad y calidad operativa de los procesos que están bajo la responsabilidad de la Gerencia de Operaciones Mina de Compañía Minera Dayton.

Palabras claves: control, gestión, sector minero, producción de oro, indicadores.

Capítulo 1: Introducción

1.1 Mercado del Oro

El oro es un metal precioso, el cual a través del tiempo ha sido considerado de gran importancia a nivel mundial debido a sus singulares propiedades físicas, siendo utilizado desde la antigüedad para la decoración, joyería y orfebrería, logrando actualmente, gracias al desarrollo de la ciencia y tecnología, utilizarse en la industria y en la medicina. En tanto su valoración comercial le ha permitido extenderse como unidad monetaria y convertirse en patrón de cambio en el mercado internacional.

La demanda mundial del oro, si bien continúa con las variables tradicionales como la joyería, electrónica, usos dentales e industrial, se ha sumado el hecho de que en los últimos años desempeña un importante rol en el ámbito financiero y de inversión, al actuar como reserva de valor ante acontecimientos que puedan ocasionar riesgos en un país, además de situaciones de contorno económico relacionadas principalmente a la pérdida de valor de los activos; como también ha aumentado la incorporación de oro en las carteras de inversión, por su baja correlación con otros activos, mejorando el perfil riesgo-retorno de las inversiones.

Figura 1.1: Gráfico Demanda Mundial Física del Oro

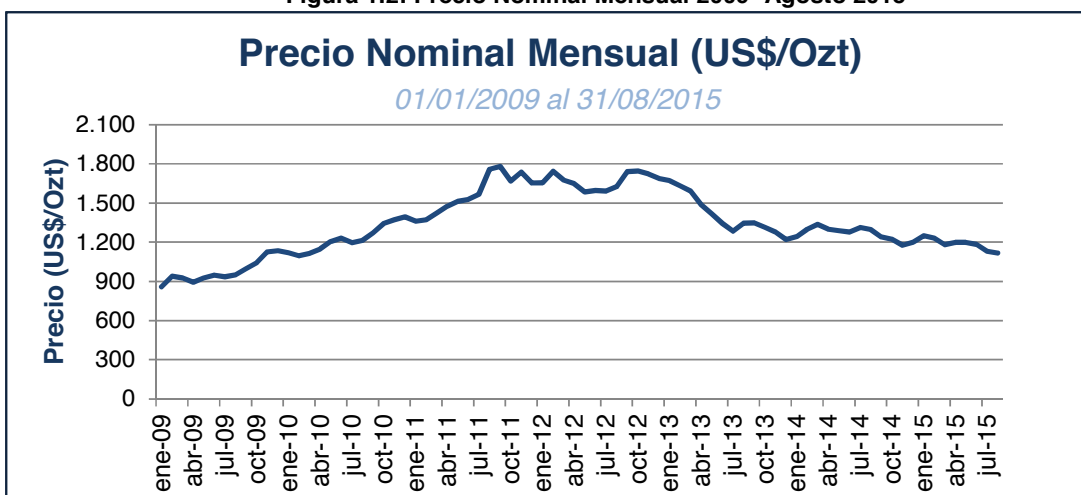


Fuente: Elaboración Propia en base a datos de GFMS, Thomson Reuters

Durante el año 2014 la demanda total fue de 3.923 toneladas, disminuyendo un 17,5% en comparación al 2013 y llegando al mínimo dentro de cuatro años, en donde todas las áreas registraron descensos, excepto las compras del sector oficial (466 tones). Sin embargo sigue siendo la demanda para la fabricación de joyas, usos dentales, eléctricos e industriales, el sector con mayor participación en la demanda, con un total de 2.613 toneladas (63%), seguido del sector de inversión con una demanda total de 1.545 toneladas (37%), y de la cual 1.079 toneladas correspondió a la demanda de barras, monedas y medallas para inversión y reservas oficiales de oro. Ver fig.1.1.

El precio del oro en el 2011 tuvo un significativo incremento, el cual se mantuvo durante el 2012 con 1.668 US\$/Ozt, producto de su fortaleza como activos de inversión y de la elevada rentabilidad con respecto a otros instrumentos financieros; sin embargo en el 2013 el precio del oro tuvo una caída considerable, llegando al 2014 a un precio promedio anual de 1.266 US\$/Ozt, debido al fortalecimiento de la economía norteamericana aumentando la valoración del dólar a nivel mundial, el crecimiento del sector inmobiliario, una baja inflación y la fuerte desinversión en oro de inversionistas (bancos, fondos) por menores expectativas de rentabilidad del oro. En la figura 1.2 se puede apreciar una relación de precios de la minería del oro para el periodo enero 2009- agosto 2015 y en el cual se destaca un aumento que va de 857,73 US\$/Ozt en ene-2009 a 1.715,67 US\$/Ozt en nov-2012, y 1.117,53 US\$/Ozt en agosto 2015 lo que equivale a una disminución del 29% entre el 2012 y 2015, evidenciando el mal momento en su cotización internacional.

Figura 1.2: Precio Nominal Mensual 2009- Agosto 2015



Fuente: Elaboración Propia en base a datos de Cochilco

La oferta mundial de oro, en el 2014 se observó un aumento del 1,2% respecto del año 2013, alcanzando las 4.362 toneladas, proviniendo la oferta de oro de tres fuentes principales: producción de mina con 3.133 ton, reciclaje de chatarra de material existente con 1.125 ton, y cobertura de productores con 103 ton. En tanto China, Australia, Rusia y Estados Unidos continúan siendo los países con mayor producción de oro y la empresa Barrick Gold de Canadá consolida su posición como mayor productora a nivel mundial, seguida de Newmont Mining de Estados Unidos.

Minería de oro en Chile; no solo de cobre vive la minería en Chile. La importancia de la minería del oro se produjo en la década de los 80' como consecuencia del significativo crecimiento mundial que experimentó la producción de oro por el desarrollo del método de extracción de oro por lixiviación con cianuro, lográndose al final de aquella época un crecimiento de la producción a nivel mundial de una tasa del 10%, repercutiendo en un aumento de la producción de oro en Chile gracias a la minera El Indio y Guanaco.

A fines de la década de los 90' en Chile se originó una producción máxima histórica por el ingreso de nuevas operaciones mineras, destacando, Can-Can, Andacollo Dayton, Refugio, La Copia, entre otras. En tanto, en el año 2001 hubo una brusca caída de la producción de oro debido a la crisis financiera mundial, que gatilló a la baja del precio de oro provocando el cierre de algunas operaciones mineras como El Indio, Tambo y Agua de la Falda. Esta tendencia se revirtió a mediados del año 2003 al estabilizarse el precio del oro, al surgimiento de nuevas minerías de oro y al aporte de oro como subproducto de las minerías de cobre, lográndose la estabilización de producción anual de oro en 40 TM hasta el año 2014.

Chile actualmente se encuentra en el lugar 14° en producción mundial de oro con 46 TM, sin embargo hoy los bajos precios del oro dentro del mercado internacional han impactado en la producción de oro y se han detenido proyectos de explotación de nuevos yacimientos dentro del país a pesar de que Chile posee la cuarta reserva más alta a nivel mundial de este metal.

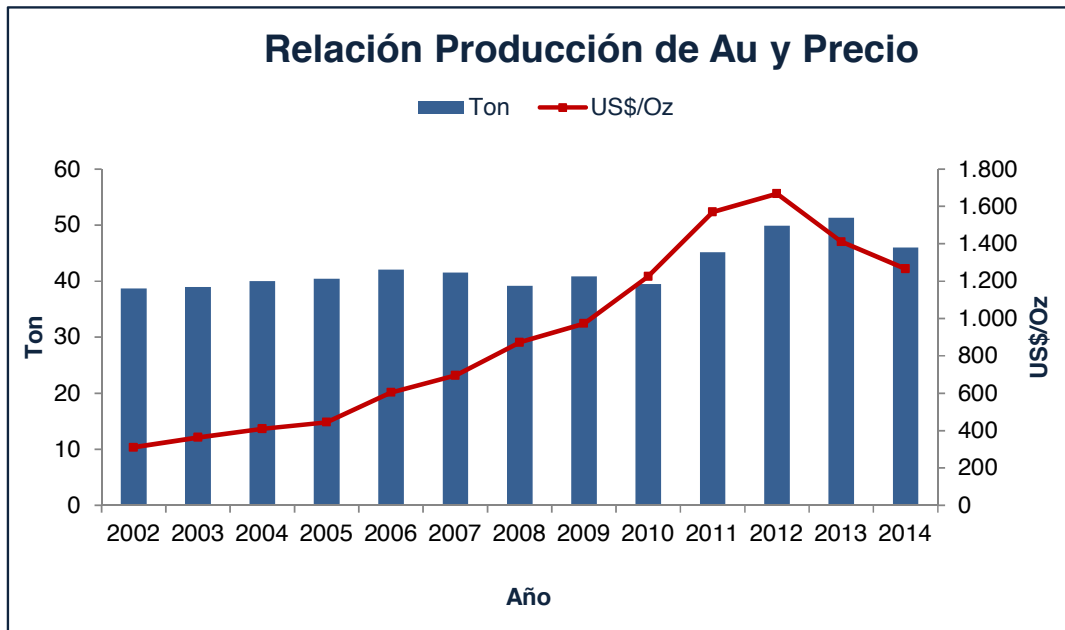
El precio promedio del oro según Sernageomin¹, en el año 2014 alcanzó los 1.266 [US\$/oz], disminuyendo en un 10% respecto al 2013; en tanto la producción en el año 2014

¹ Fuente: www.sernageomin.cl/pdf/mineria/estadisticas/anuario/anuario2014.pdf

alcanzó un total de 46.031 kg, con un decrecimiento del 10% en proporción al 2013, el cual fue de 51.309 kg.

En la fig.1.3 se puede apreciar la relación entre la producción de oro nacional y el precio promedio anual.

Figura 1.3: Gráfico Relación Producción Au y Precio



Fuente: Elaboración Propia en base a datos de Cochilco.

En tanto la producción de oro en Chile proviene de las siguientes regiones: Antofagasta, Atacama, Coquimbo, Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins y Aysén, regiones donde se concentra la mayor parte de las reservas conocidas del país. La producción de oro se presenta, principalmente, bajo la forma de oro metálico, metal doré y concentrados de oro y proviene de las empresas de la minería del oro, del cobre y, en menor medida, del plomo y zinc.

En la tabla 1.1 se presenta una tabla con las principales empresas mineras nacionales cuyo rubro principal es la producción de oro.

Tabla 1.1: Productores de Oro en Chile**Productores de Oro en Chile en 2014**

Cía. Minera Meridian	Antofagasta
Minera Guanaco	Antofagasta
Cía. Minera Mantos de Oro	Copiapó
Cía. Minera Maricunga	Copiapó
Cía. Minera Dayton	Andacollo
Cía. Minera Pimentón	Los Andes
Cía. Minera Can Can S.A.	Santiago
Cía. Minera Pullalli Ltda.	La Ligua
Minera Florida S.A	Santiago
Cía. Minera Cerro Bayo Ltda.	Aysén
Soc. Contractual Minera Toqui	Coyhaique

Fuente: Elaboración Propia en base a información de Sernageomin.

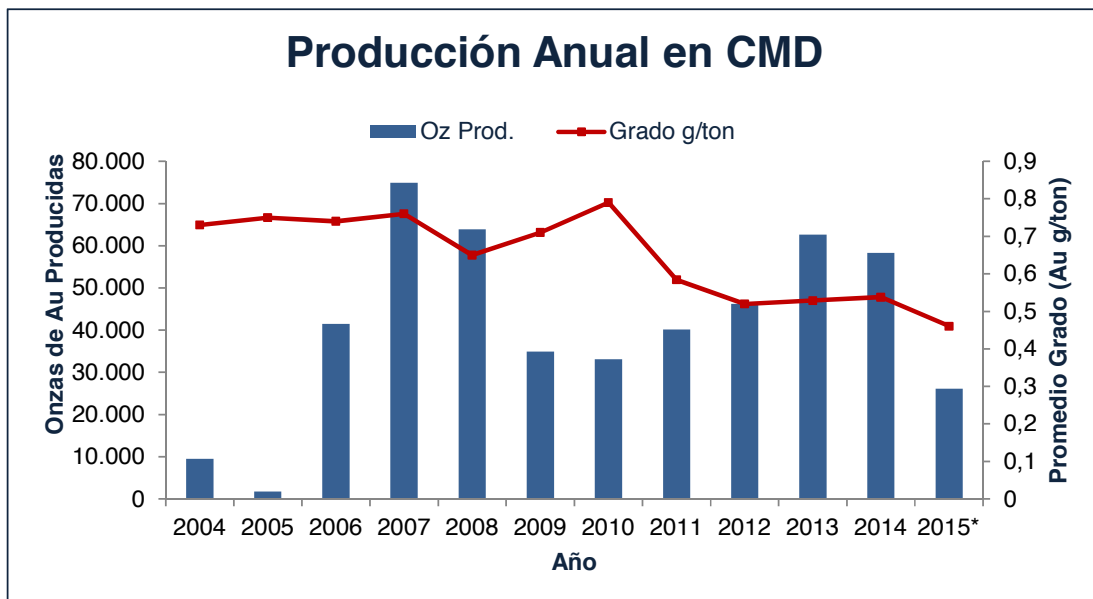
Las empresas de la minería del oro produjeron 26.995 kg, correspondientes al 58,6% del total nacional anual 2014, desagregado de la siguiente forma: grandes empresas 83,4%; medianas empresas 12,4% y pequeñas empresas 4,2% de ese total. Algunas de las empresas grandes, medianas y pequeñas de la minería del cobre produjeron un total de 18.737 kg, que corresponden al 40,7% de la producción nacional anual; además, pequeñas y medianas empresas de la minería de plomo y cinc, aportaron un 0,6% de ese total nacional, con 299 Kg.

1.2 Antecedentes Generales de la Empresa

Compañía Minera Dayton catalogada dentro de la industria minera como mediana empresa, se encuentra ubicada en la localidad de Andacollo, Región de Coquimbo, cuya finalidad es la producción y comercialización de Oro, como metal doré, con un 87% de oro y el resto de plata, realizando una operación a rajo abierto con un proceso de lixiviación con cianuro. CMD entró en operación el año 1995 y tras 5 años de extracción la faena fue cerrada en el 2000, debido al bajo precio del oro y una menor producción. En 2006, el yacimiento Andacollo-Oro reinició sus operaciones.

Actualmente, desde diciembre del año 2010, CMD pertenece a la empresa Lachlan Star, con sede en Perth, Australia Occidental, la cual permitió renovar la vida útil del yacimiento aurífero que estaba llegando a su límite, debido principalmente a la poca inyección de recursos por parte de Trend Minerals, comenzando así el año 2011 con trabajos de exploración en las pertenencias de la cía. y en sus rajos existentes. Actualmente para el año 2015 el objetivo principal es elevar la producción a 60.606 onzas de oro; una capacidad de producción mínima de 18.000 tpd en extracción mina; en el proceso de chancado una capacidad de 18.000 tpd y en el proceso de lixiviación de 28.000 m² de solución. A la fecha, en faena Andacollo-Oro trabajan más de 500 personas incluidos contratistas y durante el 2014 se produjeron 58.305 oz con un grado promedio de 0.537 gr/ton, y durante los meses de enero a julio 2015 un acumulado de 26.111 Oz con una ley de 0.46 gr/ton . Ver gráfico 1.4

Figura 1.4: Gráfico Relación Producción Au CMD y Promedio Grado



Fuente: Elaboración Propia en base a datos de CMD

*Cantidad de Onzas hasta Julio del año 2015

1.2.1 Historia de Compañía Minera Dayton

La historia de CMD en la mina Andacollo-Oro tiene más de 25 años. Comienza a mediados de los 80' cuando Chevron Minera Corporation of Chile adquiere en la zona minera de Andacollo alrededor de un centenar de pertenencias mineras de propiedad de

varios pequeños industriales de la localidad. En 1989, Chevron decide vender parte de los activos mineros en el mundo, lo que incluye Andacollo-Oro.

A comienzos de 1990, Dayton Mining Corporation a través de una evaluación preliminar del prospecto, determina adquirir la totalidad de los derechos mineros. Durante los años 90 y 91 se realiza el Estudio de Impacto Ambiental. La construcción de la planta se inicia a mediados del año 94 y las operaciones extractivas mineras en el segundo bimestre del año 95, las que se prolongan hasta el mes de septiembre del año 2000, cuando se paraliza la extracción y chancado, solo operando el proceso de lixiviación y la planta de recuperación, debido a la sostenida baja del precio del oro, el cual en ese momento registraba un promedio de US\$260 la onza, como la baja producción.

En el segundo semestre del año 2005, la compañía canadiense Pacific Rim, propietaria de Dayton Mining Corporation, vende Andacollo-Oro a Trend Mining, quien, a su vez, la traspasa a inversionistas privados estadounidenses; los cuales reabren la faena el 1 de marzo del año 2006, con una vida útil para la mina de 28 meses, los que aumentan en la medida que se consolidan nuevos negocios mineros.

El 24 de diciembre del año 2010 Lachlan Star Limited, una compañía de exploración de mineral australiana, adquirió la propiedad efectiva del 100% de la mina de oro de explotación CMD, hasta el día de hoy.

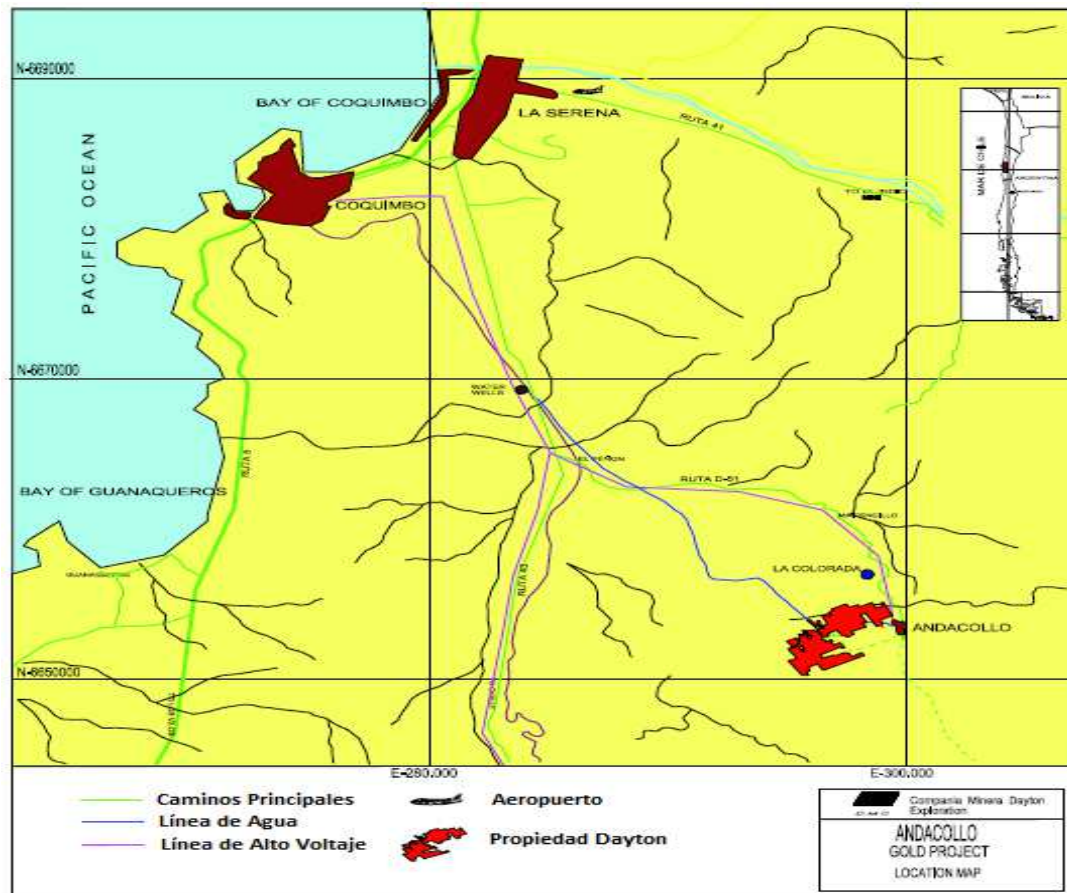
1.2.2 Ubicación

Las dependencias de CMD se encuentran a 2.5 kilómetros al oeste del centro de la Comuna de Andacollo, en el sector de La Laja; a 480 kilómetros al norte de Santiago y a 57 kilómetros al sureste de la ciudad de La Serena, Provincia del Elqui, Región de Coquimbo, Chile. Andacollo se encuentra a 1.100 m. de altura respecto al nivel del mar. Ver Fig. 1.5

El abastecimiento del agua tanto industrial como potable se ubica en el sector de Pan de Azúcar, cercano a la ciudad de Coquimbo, ubicado a unos 20 m.s.n.m y distante a unos 45 kilómetros al noroeste de la minera, en donde mediante acueductos llevan el agua cubriendo así las necesidades tanto de la mina, planta, servicios y también de la localidad de

Andacollo ya que tiene un convenio con Aguas del Valle². En tanto la energía eléctrica es suministrada por Conafe mediante una subestación del Sistema Interconectado Central.

Figura 1.5: Ubicación Compañía Minera Dayton



Fuente: CMD

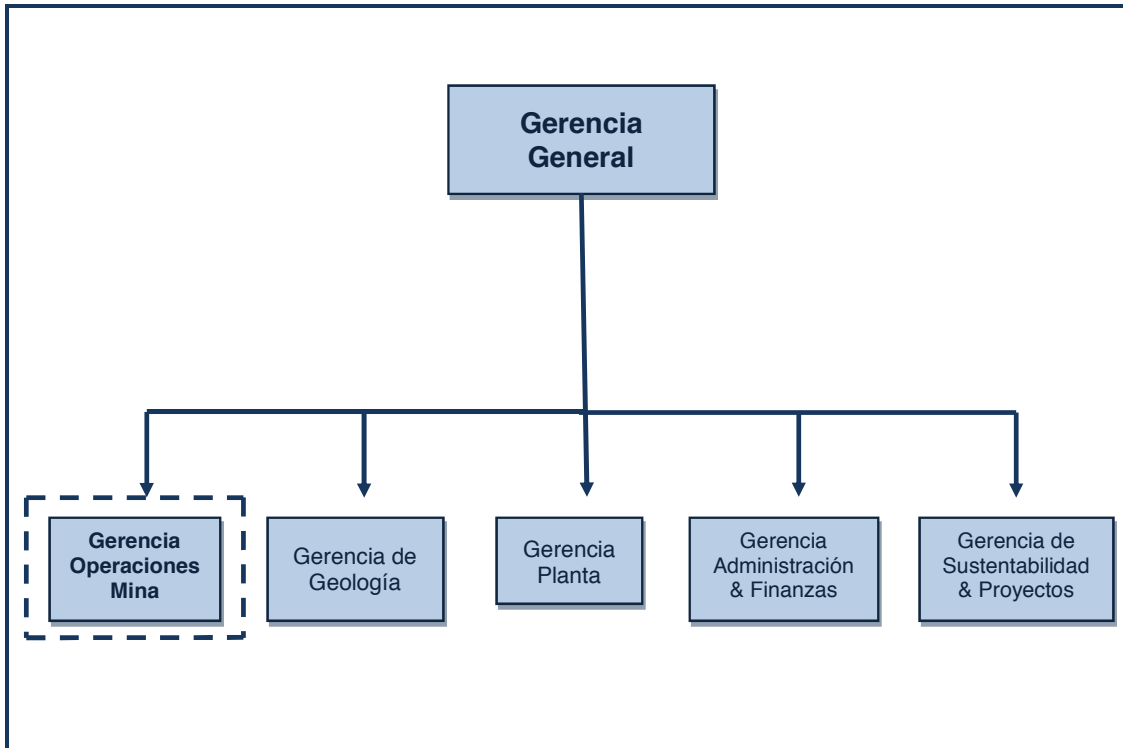
1.2.3 Estructura Organizacional

La estructura organizacional general de Compañía Minera Dayton se presenta en la figura 1.6 y a continuación, en la figura 1.7, el específico de la Gerencia Operaciones Mina, en la cual se orienta el estudio, destacándose dentro de ésta, la Superintendencia de Perforación y Tronadura, la Superintendencia Operaciones Mina y el Departamento de

² Empresa de servicios sanitarios que realiza tratamiento y distribución de agua potable en la Región de Coquimbo.

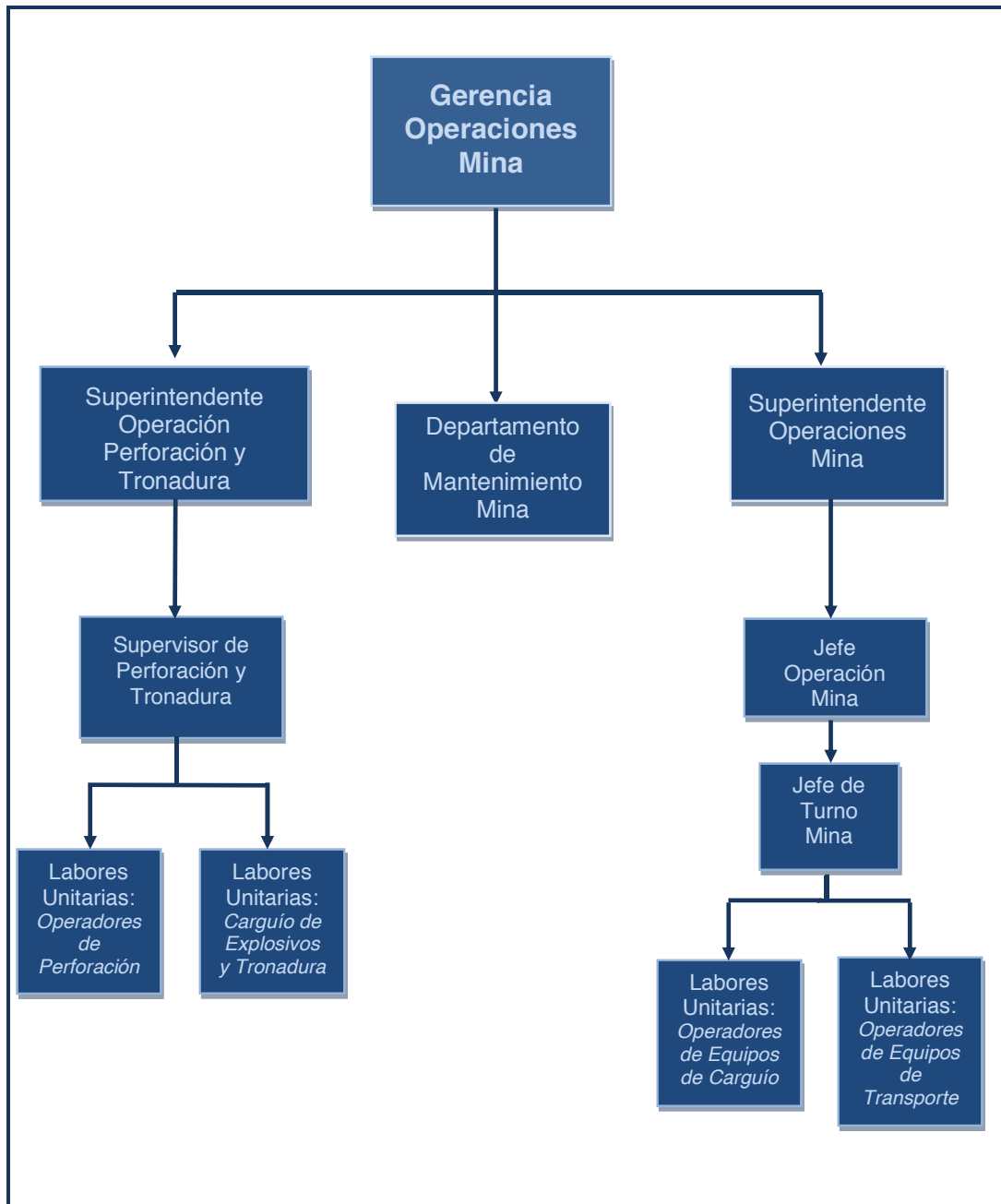
Mantenimiento Mina, ya que son estas las áreas esenciales para el desarrollo de las operaciones de extracción mina, por lo cual son el enfoque para este estudio.

Figura 1.6: Estructura Organizacional General



Fuente: Elaboración Propia en base a la Organización.

Figura 1.7: Estructura Organizacional Actual de Gerencia Operaciones Mina



Fuente: Elaboración Propia

1.2.4 Proyecciones Futuras

Cía. Minera Dayton continúa desarrollando futuros planes y proyectos tanto para la compañía como para la comunidad; de hecho se creó el Proyecto, Andacollo Oro-Medidas para el cumplimiento del Plan de Descontaminación de Andacollo³, consistente en asegurar la continuidad operacional de la explotación de los rajos que están operando actualmente, con una tasa de 10.500 ton/día de mineral chancado y habilitándose nuevos botaderos para el depósito de estériles, mediante el relleno de rajos y el cambio de diseño de botaderos ya autorizados; como también habilitando dos nuevas áreas de la pila de lixiviación, en la cual se depositará mineral ROM y mineral chancado respectivamente, y un área adicional para lixiviación ROM mediante un proceso de lixiviación de mineral en pila dinámica. Mediante estudios realizados por el área de ingeniería y geología, actualmente CMD cuenta con un recurso geológico hasta el año 2020.

Con respecto al tema de la sustentabilidad, CMD desarrollo un proyecto consistente en la instalación y operación de una planta solar, que permite cubrir el consumo energético en un 20% de la compañía, el cual comenzó en 2014. El parque solar de 1 MW, (equivalente al consumo energético de 650 viviendas) consta de 3.630 paneles fotovoltaicos de 300 watts en una superficie de 1,5 hectáreas, a dos metros de la entrada principal de la cía. Se trata de la primera planta fotovoltaica que se construye en Andacollo, en la región de Coquimbo y en Chile.

1.3 Planteamiento del Problema

La Superintendencia de Planificación y Desarrollo es quien se encarga de realizar el programa de producción semanal, mensual y anual, consistiendo en la determinación del movimiento de material que se debe realizar en la mina con la finalidad de alimentar a planta, stock y botaderos. Se ha determinado dentro de la compañía que la capacidad de alimentación diaria a planta es de 18.000 ton/día, por lo que ésta cantidad es la base para la elaboración de la planificación mensual pero actualmente esta planificación no se está cumpliendo, existiendo diferencias referente a lo real que ocurre dentro de la mina y lo

³ Presentado el 05/07/2012 como una declaración de Impacto Ambiental, el cual fue calificado por Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental.

planificado. Las diferentes superintendencias y áreas involucradas en la producción de la mina hacen lo posible por cumplir con lo planificado pero dándole prioridad más a sus objetivos particulares que lograr el alineamiento de todas las áreas involucradas para un objetivo común.

La información referente a la producción en mina es recopilada a través de *Report* y libros de actas, la cual se encuentra desordenada y a veces incompleta. Esta información se ingresa a la base de datos del sistema de mina, pero muchas veces con retraso, provocando que existan dificultades en el control de la producción que se realiza en la mina, como también en la toma de decisiones por parte de la gerencia, superintendencias y planificación, ya que al no estar la información en el momento oportuno, las decisiones y acciones son realizadas tardíamente.

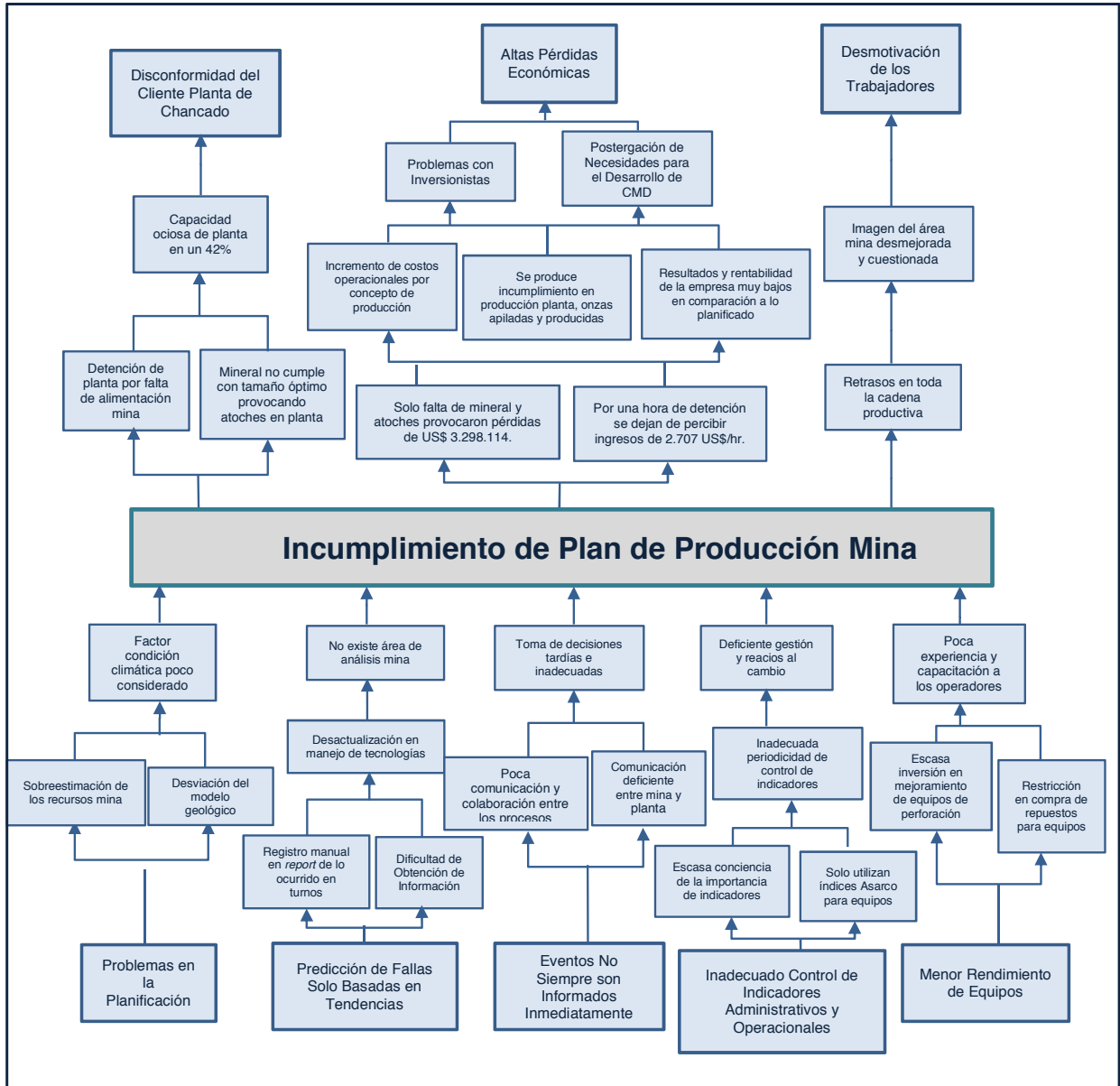
En la búsqueda de cumplir con lo planificado, en optimizar los recursos, en el mejoramiento de los procedimientos de gestión, en traspasar oportunamente la información, y disminuir los costos y pérdidas de tiempo en la faena Dayton, es que se enfatiza este trabajo, evitando así, alteraciones no contempladas en los procesos productivos que forman parte de la Gerencia Mina y que provocan el incumplimiento de la planificación de producción en mina.

- La planta de chancado tiene una capacidad de 18.000 ton/día y sólo chancan 10.500 ton/día, teniendo una capacidad ociosa del 42%.
- CMD tiene equipos como para producir más, pero no puede porque el proveedor de la materia prima, en este caso el mineral que proviene de la mina, no está entregando la cantidad adecuada o bien la calidad de lo que entrega no es la mejor, de hecho falta de mineral mina y mineral de atoché arrojan una pérdida de US\$ 3.298.114⁴ desde enero a julio 2015.
- El incumplimiento del abastecimiento del mineral a la planta, provoca que la compañía no cumpla con su producción diaria planificada. El objetivo 2015 es producir 60.606 onzas/año (168 onzas/día), por lo que al producirse la detención de una hora dejaría de percibir ingresos estimados en 2.707 US\$/hr o bien, 64.975 US\$/día.

⁴ Ver detalles en Anexo N°1, ítem II.

A continuación, en la figura se presenta un árbol de realidad actual del área mina, en donde se puede observar el problema principal, y causas-efectos de este.

Figura 1.8: Árbol de Realidad Actual GOM



Fuente: Elaboración Propia

1.4 Objetivos

Este estudio busca gestionar los procesos que están bajo supervisión de la Gerencia Mina, con el fin de crear una herramienta que les permita mejorar en el cumplimiento de la planificación de producción semanal, mensual y anual elaborada, mediante una mejora continua en las actividades desarrolladas, eliminando las ineficiencias asociadas a los procesos y controlando las actividades de las operaciones unitarias a estudiar.

1.4.1 Objetivo General

Proponer el diseño de un Modelo de Control de Gestión en la Gerencia Mina, en Compañía Minera Dayton de Andacollo, que permita abastecer oportunamente a planta.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Analizar las operaciones unitarias en el proceso de extracción de oro en mina, definiendo actividades, responsables, flujos de información, parámetros e incumplimientos.
- Determinar mediante el estudio de diferentes sistemas de control de gestión, cual es el modelo que más se adecua a una operación minera de extracción a cielo abierto.
- Determinar los indicadores de método o actividad, costo y eficacia.
- Diseñar el Modelo de Control de Gestión para Gerencia Operaciones Mina.

1.5 Metodología

- i. Levantamiento de la información actual por cada una de las áreas involucradas en la extracción mina, y conocer el proceso productivo que se realiza.
- ii. Desarrollar entrevistas a los encargados de cada actividad (gerentes, superintendentes, supervisores, operadores) para realizar un diagnóstico sobre el proceso que estos desempeñan.

- iii. Analizar la situación actual, y determinar la información relevante y necesaria para diseñar un modelo de control.
- iv. Estudiar e investigar diversos modelos de control de gestión para determinar el modelo que se puede aplicar para solucionar el problema existente.
- v. Seleccionar el modelo a utilizar.
- vi. Diseñar el Modelo de Control de Gestión y realizar la propuesta a Gerencia Mina.

1.6 Resultados Esperados

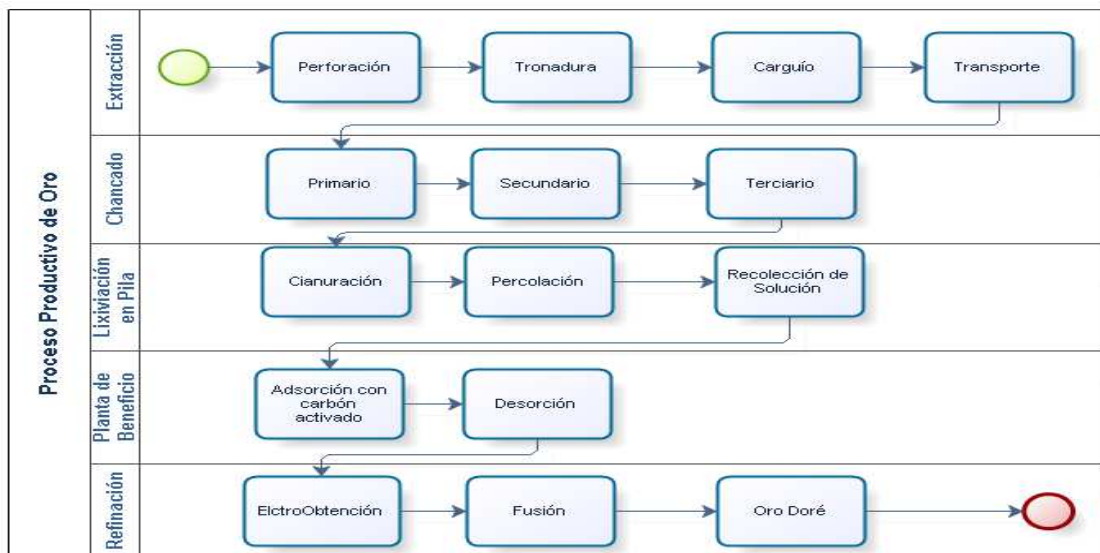
Permitirle a la Gerencia Operaciones Mina de CMD, procesar la información de cada uno de las operaciones y generar un sistema de alerta al no lograrse el cumplimiento de los resultados esperados, permitiéndoles saber en dónde, cómo y cuándo se produjo el inconveniente no considerado en la planificación del programa de producción mensual, para lograr entregar el mineral oportunamente a planta y minimizando los costos de producción.

Capítulo 2: Marco Referencial

2.1 Proceso Productivo

El proceso productivo que se realiza en Compañía Minera Dayton comienza por la explotación y extracción de mineral, en donde el material determinado como estéril es enviado a botaderos, en tanto el mineral es transportado hacia stock o planta; en donde luego se realiza el proceso de chancado logrando disminuir el tamaño del mineral y el cual es transportado hacia el proceso de lixiviación, regando el mineral con una solución cianurada; luego se produce el escurrimiento de la solución que contiene el oro hacia la planta de beneficio en donde se adsorbe el oro por medio de columnas rellenas de carbón y luego ocurre la desorción produciéndose una solución rica en oro, la cual es finalmente llevada a la etapa de refinación en donde su producto final serán los lingotes de oro. A continuación, en la figura 2.1 se presenta el proceso productivo del oro que se realiza dentro de CMD.

Figura 2.1: Proceso Productivo del Oro



Fuente: Elaboración Propia con Bizagi⁵

⁵ Ver detalles en Anexo N°1, ítem III.

- a) Extracción de Mineral:** El mineral es extraído desde los rajos Tres Perlas Fase 7, Tres Perlas Fase 8, Mercedes y Terceros. Según el resultado del análisis realizado por el laboratorio de geoanalítica del material extraído desde la perforación, el material tronado será calificado como mineral, o estéril según su ley. El material extraído a rajo abierto es removido, siendo cargado en camiones para que realicen el transporte del material.
- b) Transporte:** Se realizan operaciones de transporte interno, como el transporte de mineral vía terrestre por camiones hacia la planta de chancado, y del estéril a los botaderos; transporte de insumos y materiales y vehículos de supervisión y mantenimiento.
- c) Chancado:** Este proceso consta de tres etapas, cuya finalidad es la reducción del tamaño del mineral para que éste sea transportado a las pilas de lixiviación. El chancador primario de tipo mandíbula reduce el mineral proveniente del rajo a un tamaño de seis y media pulgada (6½”), luego este mineral es descargado sobre una correa transportadora, la cual lleva el mineral hacia el chancador secundario, del tipo cono cabeza larga, reduciendo el mineral a uno y media pulgada (1½”) el cual puede ser acopiado, o cargado a una correa transportadora dirigida hacia el chancador terciario que consta de tres líneas de chancadores tipo cabeza corta, los que reducen el mineral a un tamaño menor a tres octavos de pulgada (3/8”) el cual es finalmente descargado. Antes de situar el mineral en las pilas de lixiviación, se le agrega cal en una relación de 1,3 kg/ ton de mineral dependiendo de sus características, y así lograr obtener un pH que alterne entre 10 a 11, para la etapa de lixiviación; en tanto la capacidad de chancado es de 15.000 ton/día.
- d) Transporte y Carguío de Mineral:** Esta operación consiste en transportar el producto final de la planta de chancado hacia el sector de las pilas de lixiviación, mediante el sistema de correas transportadoras móviles y fijas. Luego se realiza la actividad de carguío, la cual se encarga de disponer ordenadamente el mineral en forma mecánica utilizando equipos de correa y descarga, permitiendo que la estructura se vaya levantando y construyendo mientras es cargada con mineral, siendo esta actividad continua.

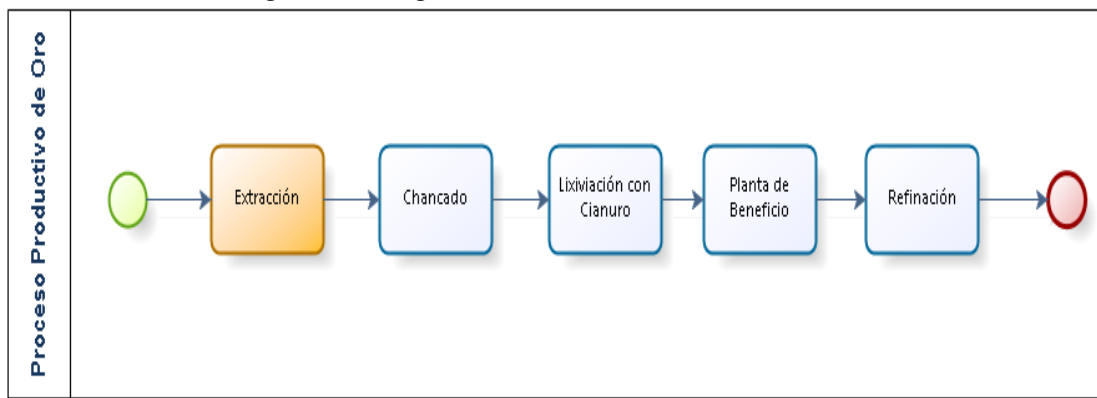
- e) Proceso de Lixiviación:** El mineral situado en las pilas se riega con una solución compuesta por Hidróxido de Sodio y Cianuro de Sodio, con una concentración de 0,8 [g/L] de CN⁻ siendo un sistema de tuberías, bombas y aspersores utilizado para regar el mineral, realizándose este riego, a una tasa de 10 [L/h/m²] aproximadamente. En el interior de la pila se realiza el proceso en el cual la solución de riego percola a través del mineral, disolviendo así el contenido del oro y plata que se encuentra presente en el material acopiado. Por acción de la gravedad el oro drena hacia la base de la pila y esta solución rica es captada por los sistemas de recolección de soluciones. Por medio de la gravedad, esta solución escurre por el interior de las canaletas colectoras llegando hasta el circuito de adsorción para recuperar los metales preciosos.
- f) Planta de Beneficio:** El propósito de esta planta es recuperar el mineral, y que se recirculen las soluciones al proceso de lixiviación. El proceso se inicia con el escurrimiento por gravedad de la solución que contiene oro y plata disueltos, hasta el circuito de adsorción con el fin de recuperar los metales preciosos. La solución recuperada pasa por columnas rellenas de carbón activado a una razón de 1.350 m³/hr.; el carbón logra adsorber el oro y la plata, extrayéndolo desde la solución; en tanto a la solución empobrecida de dicho mineral que se produce en el proceso de adsorción se le agrega cianuro, recirculándola hacia las pilas de lixiviación. Luego el carbón es sometido al proceso de desorción, en donde se produce una solución rica en contenidos de oro y plata, la cual es llevada al proceso de refinación.
- g) Etapa de Refinación:** consiste en la recuperación de oro y plata mediante el proceso de electro-obtención. Los metales depositados sobre cátodos compuestos de lana y acero, son descargados mediante el método de agua a presión. El barro que se obtiene desde el fondo de las celdas electrolíticas es desaguado, filtrado y posteriormente sometido al proceso de desecado y fusión, lográndose la obtención del producto final, el cual consiste en barras de metal doré que luego serán exportadas hacia refinerías de metales preciosos.

La presentación de la figura 2.2, corresponde a un esquema en donde se muestra el diagrama de flujo del proceso completo realizado en CMD.

El proceso al cual se dará enfoque es al proceso de extracción, ya que es este proceso el que debe planificar, dirigir y controlar la Gerencia Mina, y en la cual se desarrollará el estudio.

En la siguiente figura 2.3 se presenta el diagrama del proceso productivo del oro dentro de CMD, y se puede observar en color naranja, el proceso que se estudiara en este trabajo:

Figura. 2.3: Diagrama del Proceso Productivo del Oro



Fuente: Elaboración Propia con Bizagi

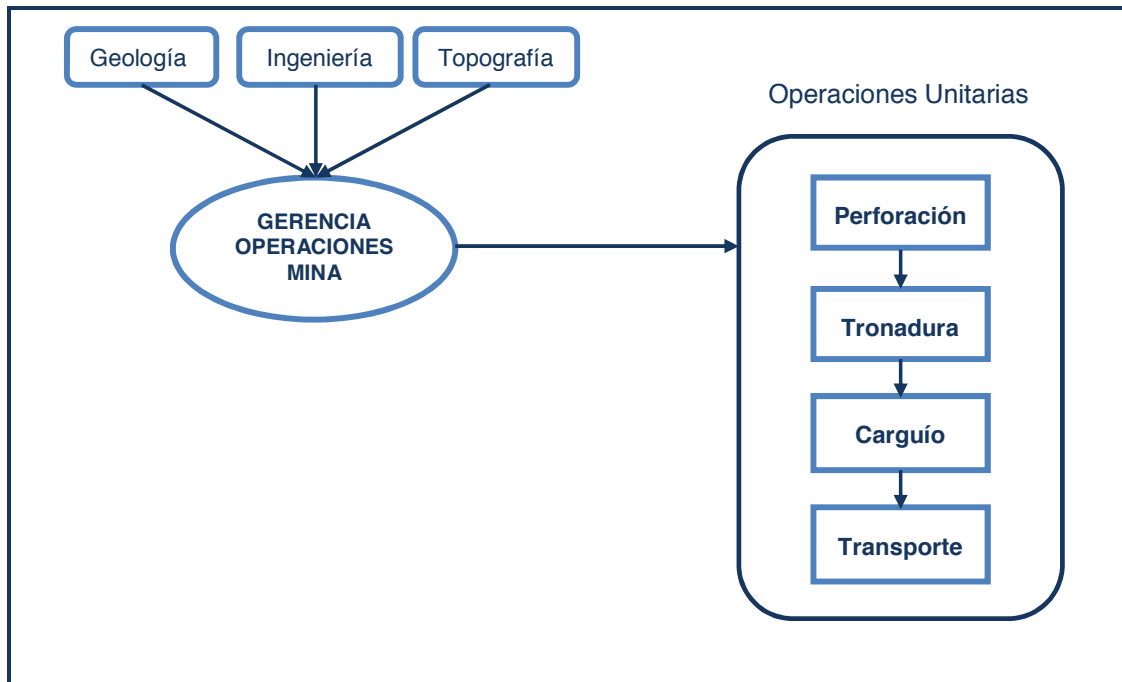
2.2 Proceso de Explotación y Extracción

Dentro de la GOM, el departamento de geología será el encargado de definir las características que poseen los diferentes yacimientos con el modelo de bloques, en este caso los 4 rajos que pertenecen a la cía.: Tres Perlas Fase 7, Tres Perlas Fase 8, Mercedes y Terceros. Luego el área de planificación y desarrollo se encarga de realizar la planificación de corto plazo de la producción, en el cual se propone los bancos que se deben extraer durante la semana, y se diseñan las mallas de perforación y las tronaduras a realizar, con la finalidad de extraer mineral y cumplir con la planificación estratégica; esta planificación determina el tonelaje de mineral y de estéril a extraer y la ley del mineral.

La ley de corte definida dentro de la compañía es de 0.26 gr/ton, aunque el promedio de ley general en los rajos es de 0.5 gr/ton. Bajo la ley de corte existe la condición de mineral de ROM con leyes de Au de 0.20 a 0.25 g/ton, el cual es un material que no necesita un proceso de chancado por lo que pasa directamente a la pila de lixiviación.

Las operaciones que le agregan valor al proceso de extracción, corresponden a la Perforación, Tronadura, Carguío y Transporte. Estos procesos son lo que se realizan en terreno y en los cuales pueden provocarse situaciones que no han sido estimadas para la planificación de producción, incitando al retraso e incumplimiento de las metas, y siendo por esto que las operaciones unitarias serán el enfoque del presente estudio, además dentro de GOM los únicos indicadores que se utilizan en estos procesos son los Índices ASARCO⁶. A continuación en la Fig. 2.4 se presenta un esquema que representa los procesos generales que se efectúan en la Gerencia Operaciones Mina para la etapa de extracción.

Figura 2.4: Esquema de Gerencia Operaciones Mina



Fuente: Elaboración Propia

Se definen a continuación las operaciones unitarias en base a las características y actividades que se realizan en faena de la compañía:

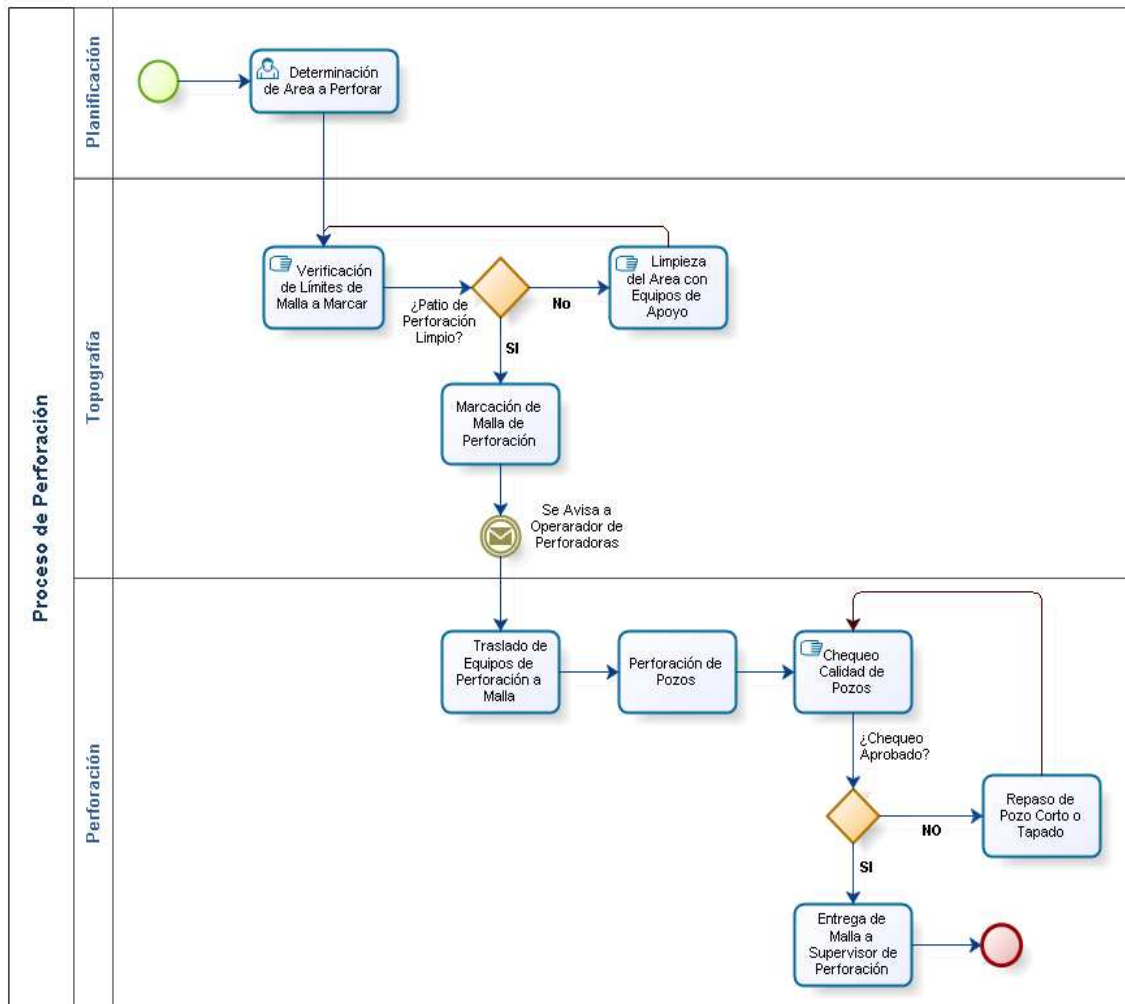
⁶ Ver detalles en Anexo N°2, ítem I.

2.2.1 Perforación

Esta operación da inicio al proceso de extracción, la cual se realiza dentro de la faena minera. El proceso de perforación tiene como objetivo construir un espacio físico en forma de hoyos cilíndricos dentro de la roca, mediante equipos diseñados para perforar, con el fin de que en estos pozos de perforación se coloque el explosivo el que más tarde será detonado.

Para materializar este proceso, en la siguiente figura se presenta el diagrama de flujos que representa la secuencia de actividades que se deben llevar a cabo en el proceso de perforación:

Figura 2.5: Diagrama de Flujo Proceso de Perforación



Fuente: Elaboración Propia con Bizagi

La planificación de corto plazo propone y ordena los bancos a explotar de forma secuencial, la cual se lleva a cabo mediante el modelo de bloques. El plan semanal de perforación contempla las áreas a perforar, las cuales son analizadas por el Superintendente de Perforación y Tronadura, Spte. De Operaciones Mina, Jefe de Operaciones, geólogos de producción y topografía.

Una vez analizado el programa semanal y siendo aprobado por la gerencia mina se procede a la entrega del área a marcar al departamento de topografía, para que estos inicien la marcación de mallas de perforación de acuerdo al programa semanal.

El jefe de operaciones mina se coordina con el jefe de turno mina, para que este se comuniquen con los operadores de equipos de apoyo, como motoniveladoras, bulldozer o cargadores frontales para que generen la limpieza de los patios de perforación; una vez que están limpias las áreas se entregan al departamento de topografía dicha área para su marcación de pozos.

Una vez generada la marcación de pozos se entrega el área de perforación al operador de la perforadora para que inicie el proceso de perforación de pozos; una vez terminada la malla de perforación el ayudante de perforación debe iniciar el chequeo de la malla, con el fin de inspeccionar que no existan pozos cortos o tapados; si el pozo se derrumbó o no cumple con el largo requerido por la cartilla se procede a re-perforar el pozo hasta cumplir con el largo deseado.

Al cumplir con el procedimiento de chequeo, y al comprobar que los pozos cumplen con el largo determinado por la cartilla de perforación, se procede a la entrega de la malla al jefe de operación para que dé inicio a la siguiente operación unitaria.

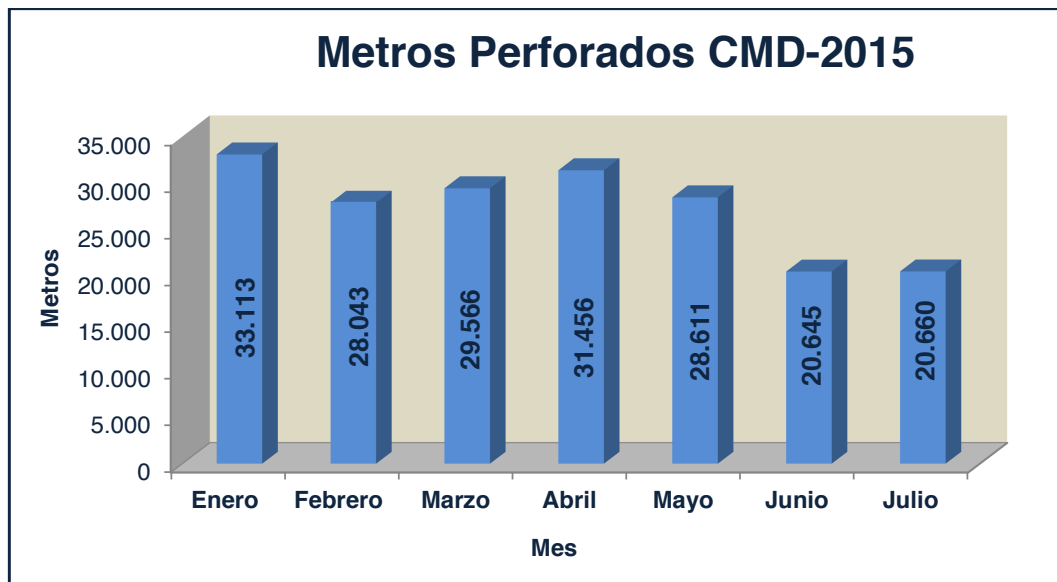
En compañía minera Dayton la operación perforación en los rajos Tres perlas fase 7 y fase 8, Mercedes y Terceros está a cargo de equipos propios, en donde se cuenta con tres equipos DM-30 de 5 $\frac{3}{4}$ pulgadas de diámetro, un equipo DM-45 con 5 $\frac{3}{4}$ pulgadas, y un equipo Terex de 5 pulgadas de diámetro, la cual se utiliza solamente para tronaduras de contorno. En la siguiente tabla y grafico se puede observar la capacidad de perforación en los meses de enero a julio 2015.

Tabla 2.1: Cantidad de Metros Perforados CMD

Mes	Metros Perforados	Promedio/Equipos
Enero	33.113	6.623
Febrero	28.043	5.609
Marzo	29.566	5.913
Abril	31.456	6.291
Mayo	28.611	7.153
Junio	20.645	5.161
Julio	20.660	5.165

Fuente: Estadísticos CMD

Figura 2.6: Gráfico Representativo de los Metros Perforados por CMD



Fuente: Estadísticos CMD

Cabe señalar que CMD cuenta con área de mantenimiento para perforación dentro de la faena, en donde cuentan con los diferentes accesorios que mayormente sufren desgaste, como es el caso de los aceros de perforación (barras, martillos y bits).

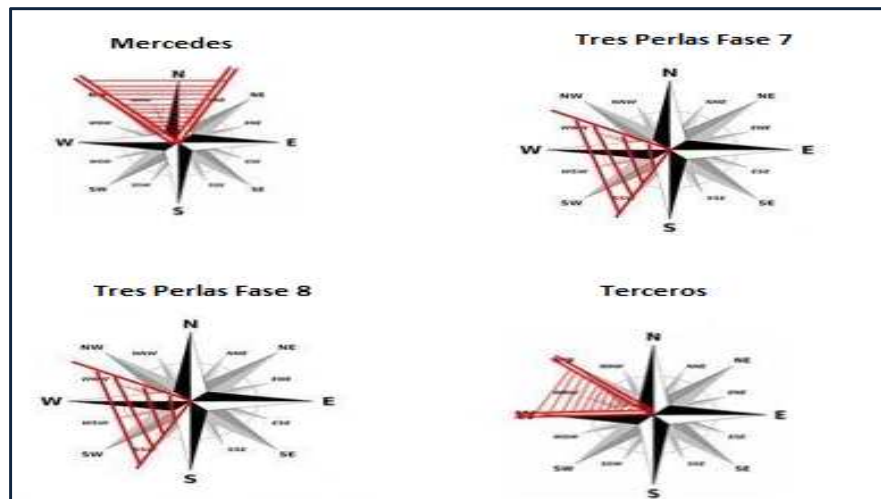
2.2.2 Tronadura

Este proceso es la primera etapa de la conminución de tamaño de material y corresponde a la operación en la cual se hace detonar la malla cargada con explosivo, logrando fracturar y remover el material del resto del macizo rocoso, y la cuál se requiere que sea exitosa. El objetivo principal de la tronadura es que el material fracturado tenga una granulometría óptima para el chancador primario (evitar inchancables o bolones) y en donde es importante controlar ciertos parámetros:

- Gasificación del explosivo, sin la gasificación el explosivo no detona.
- Tipo de explosivo, Emulsiones (presencia de agua) o Anfo (pozos secos)
- Taco, el material y el largo del taco deseado.
- Tipo de detonador, pirotécnico o electrónico
- Secuencia, modo de iniciar la tronadura por donde se extraerá.

CMD en su compromiso del “buen vecino” en el año 2009 procede a realizar un procedimiento de chequeo de condiciones de viento debido a encontrarse rodeado de comunidades pertenecientes a la comuna de Andacollo (la laja, el toro) dificultando el horario y el cumplimiento del plan de producción semanal y mensual, en donde las condiciones de vientos favorables y desfavorables (lectura de anemómetro en rojo) se pueden apreciar en la siguiente figura.

Figura 2.7: Rosa de los Vientos por Cada Rajo



Fuente: Supervisor de Tronadura CMD

Las condiciones de vientos favorables están representadas con el color azul, mientras que las desfavorables son representadas de color rojo. También está especificado que no se puede tronar los días feriados, domingos y los días de las fiestas religiosas de Andacollo.

Para el proceso de tronadura, la empresa Orica Chile S.A será la encargada del suministro de explosivos, accesorios, administración de polvorines, y servicio de asistencia técnica para la faena Dayton, Orica se obliga a vender a CMD los explosivos y accesorios, los cuales se mantienen en los polvorines de propiedad de Orica, y siendo éste el encargado de administrar e inscribir a su nombre los polvorines ante la autoridad fiscalizadora como de la tramitación de la autorización de compras y guías de libre tránsito necesarias; Orica dispondrá bajo su cargo del personal necesario para ejercer las funciones de administrador de los polvorines.

La cantidad de productos que se mantienen en existencia en los polvorines son acordados entre CMD y Orica, con un limitante de capacidad de tales polvorines y teniendo en cuenta que los despachos desde Orica, a CMD, deben estar programados para lograr el aprovechamiento óptimo del transporte. Los productos a consignar son definidos por CMD, quien puede realizar algún cambio ante el agotamiento del producto anteriormente solicitado. La programación de la cantidad de explosivos y accesorios es con un mes de anticipación, teniendo una capacidad en los polvorines de 4.000 unidades por accesorio (detonadores, cebo, bolsa plástica, booster, etc.)

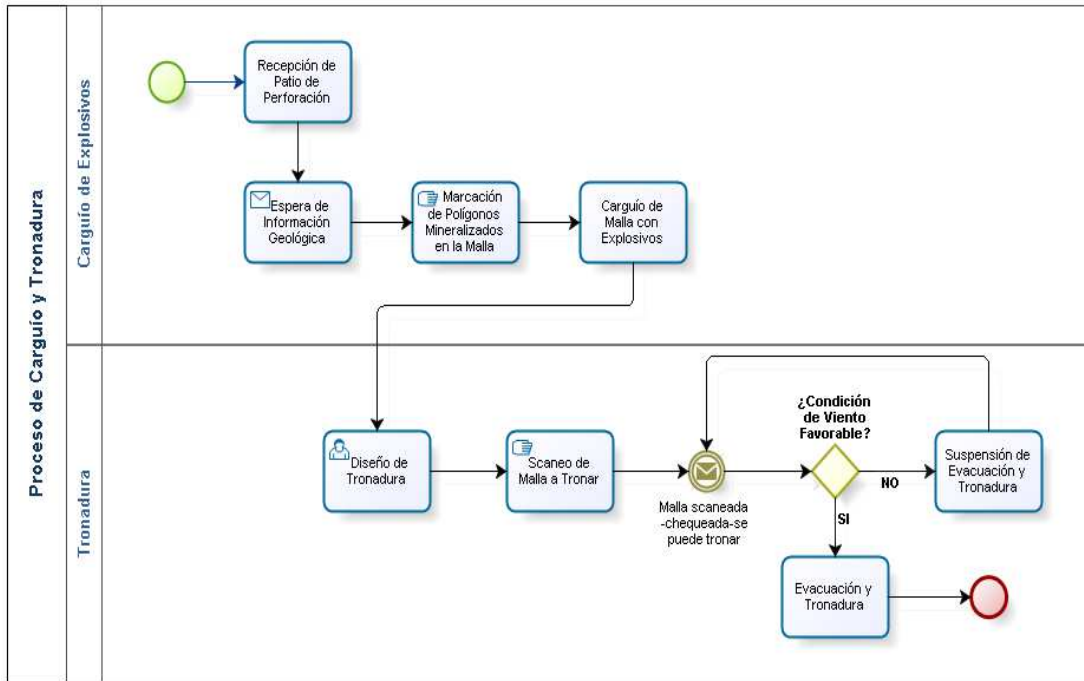
Dentro de las obligaciones de Orica, este declara y certifica que los productos obligados a proporcionar a CMD, cumplen con los estándares de calidad establecidos por la legislación vigente y las especificaciones técnicas de Orica; también declarando que cuenta con profesionales calificados para realizar el apoyo técnico solicitado por CMD, así como también con herramientas, software y equipos de medición. Con respecto a los servicios que competen al asistente técnico, estos corresponden básicamente al diseño de la secuencia de voladura con software Shotplus; medición de fragmentación una vez por semana, medición (dos en el año) de VOD a nuevos productos, y medición de vibración, mediante geófonos instalados en 3 estaciones ubicadas en Andacollo.

Orica cuenta con la cuadrilla de personal de terreno encargados del carguío de los pozos con explosivos utilizando 2 camiones dentro de la faena que permiten el carguío de

los pozos, un camión polvorinero para el traslado de iniciadores y pentex, y 2 equipos livianos para el transporte del personal.

En el siguiente diagrama de flujo se presentan las actividades que se realizan dentro del proceso de tronadura:

Figura 2.8: Diagrama de Flujo Proceso de Tronadura



Fuente: Elaboración Propia con Bizagi

Una vez terminada la perforación de la malla, el supervisor de tronadura de CMD hace entrega del área e informa al supervisor de Orica que puede proceder junto con sus equipos de carguío al área donde se encuentra la malla que se cargara.

El retiro de muestra de los cutting es realizado por el laboratorio geoanalítica para determinar las leyes de oro que tiene cada pozo perforado, esta información se demora 24 horas en llegar hasta geología de producción.

Cada pozo perforado debe ser muestreado pero este es identificado con un número de serie el cual determina el rajo de donde proviene. Topografía hace un levantamiento del

número de serie del pozo con sus correspondientes coordenadas; y esta información es procesada y enviada a geología de producción.

Una vez hecho el retiro de muestra y el levantamiento topográfico del número de serie, el supervisor de tronadura CMD indica al supervisor de Orica que puede iniciar el carguío de la malla con explosivo, procediendo a conear el área de carguío de explosivos delimitando el sector con conos de color amarillo y negro y letreros que indiquen “peligro explosivos”. En los pozos con presencia de agua se utiliza Fortis Extra 65 o Flexigel gasificado; en tanto en los pozos secos se utiliza Anfo-Aluminizado o Anfo-Bull.

Geología de producción debe generar una vez obtenidas las leyes desde el laboratorio de geoanalítica los polígonos indicando los sectores mineralizados y el estéril. Esta información es generada a través de gemcom 4.1 y enviada por archivos DXF a la oficina técnica de Orica para que generen el amarre donde se determina la secuencia de iniciación del disparo.

Cuando el carguío de la malla con explosivo está cargada al 100% se procede a hacer los chequeos de las condiciones de viento, si estas son favorables se indica al supervisor de Orica que inicie el amarre de la malla en terreno, si las condiciones son desfavorables la malla no se amarra hasta que las condiciones cambien favorablemente.

Si las condiciones de viento se mantienen favorables se informa al jefe de turno mina Dayton y contratista las áreas a evacuar con un radio de 500 metros (desde la malla cargada), se informa las posturas de loros vivos que debe cubrir la hora que debe evacuar el rajo, hacer entrega de la frecuencia radial al supervisor de tronadura de CMD para que dé inicio con la tronadura.

- Cada rajo presenta condiciones de viento distinto producto de su condición geográfica, en el rajo terceros las ventanas de fuego son entre las 7-9 am en donde el viento ventila hacia el norte.
- En el rajo tres perlas fase 7 y 8 predomina desde las 10 Am y hasta las 19 horas las condiciones de viento hacia el sur que son las favorables
- En el rajo mercedes fase mariposa las ventanas de fuego son relativas no siempre se cumple las mismas condiciones no hay un horario fijo pero el

historial indica que existen ventanas de viento entre las 8 am a 10 am pero estas no siempre cumpliéndose.

La capacidad de los polvorines la realizan mediante la capacidad que les da la entidad fiscalizadora. Cuenta con 3 equipos fábrica que tiene diferentes materias primas de acuerdo al explosivo que se va a utilizar: Anfo, anfo pesado, una emulsión, flexigel anfo aluminizado.

Programan pedidos en el sistema en línea, y automáticamente el despachador determina si está faltando alguna materia prima, compramos las materias primas.

- ❖ Emulsión para pozos con agua
- ❖ Flexigel, cerca de las instalaciones
- ❖ Anfo pesados – aluminizados al 2, 4 o 6% si la roca es muy dura
- ❖ Anfo solo para pozos secos

2.2.3 Carguío

El objetivo de este proceso es retirar el material tronado de la zona de trabajo y traspasarlo hacia el balde del equipo de transporte; si el material a extraer es mineral el destino será chancado primario o stock primario dependiendo de la granulometría, en tanto, si el material es estéril debe ir al botadero. Para determinar las zonas mineralizadas se utiliza una configuración de banderas de colores, en donde la bandera de color rojo indica la zona mineralizada, el estéril tiene una configuración de banderas color azul y también se utiliza una configuración de color verde la cual se determina como control geológico, y el destino de este material lo determina el controlador de geología.

Para el proceso se carguío se requiere preparar la zona a trabajar y se traslada el equipo de carguío al banco objetivo para posicionarse y poder preparar el material para cargar; luego genera la palada con el fin de retirar el material tronado desde el terreno y vaciarlo en la tolva del camión; esto se repite hasta que el equipo de transporte alcanza su llenado operacional pudiendo retirarse del lugar, y siendo reemplazado por el siguiente camión, para continuar con el ciclo de la operación. Se tiene que realizar una limpieza continua del lugar con equipos de apoyo ya que existen derrames en el suelo y podría ser peligroso para el equipo y personal.

La tabla 2.2 es un resumen del proceso de carguío en mina y equipos de apoyo, en donde equipos CMD se encargan de este proceso en rajos.

Tabla 2.2: Resumen Carguío en Mina

Empresa	Rajo	N° Equipos	Equipo
CMD	Tres Perlas Fase 7-8, Mercedes y Terceros	11	2 Excavadoras 6 Cargadores Frontales 1 Bulldozer 1 Camión Aljibe 1 Motoniveladora

Fuente: Elaboración Propia

2.2.4 Transporte

El proceso de transporte es continuo a la operación de carguío, cuyo objetivo es trasladar y descargar el mineral hacia la zona de planta o stock, y el estéril hacia los botaderos. Los botaderos que están autorizados en el plan minero para la descarga de estéril son 2: Botadero Churrumata F4 y Botadero Socorro Norte.

El operador del camión vacío recibe la orden del jefe de turno mina hacia qué sector debe dirigirse para ser cargado, llegando a la frente de carguío esperando su turno para ser cargado, luego se posiciona en el lugar indicado y comienza el equipo de carguío con su tarea de cargar la tolva del camión. Cuando la tolva se llena con 79 toneladas, el camión transporta el material hacia el sector ordenado para proceder a descarga el material; una vez realizada la descarga, el camión debe volver a la frente de carguío y completar nuevamente el ciclo de transporte del material. Para prevenir las emisiones en este proceso, se mantendrán los caminos humectados con agua mediante la utilización de un camión aljibe.

En la siguiente tabla 2.3 se puede observar el resumen del proceso de transporte, la empresa contratista a realizar dicha labor, en que rajo y los equipos que esta posee.

Tabla 2.3: Resumen Transporte en Mina

Empresa	Rajo	N° Equipos	Equipo
CMD	Tres Perlas Fase 7-8	7	Camiones de 79 ton Komatsu
	Mercedes y Terceros	5	Camiones de 30 ton Mercedes

Fuente: Elaboración Propia

Capítulo 3: Marco Teórico

3.1 Control de Gestión

3.1.1 Concepto de Control de Gestión

Según Lorena Chavarría en su tesis [Chavarría10] considera el control de gestión como una estrategia orientada a influir en el estado futuro de la organización, más que en controlar su pasado; aunque es indiscutible la necesidad de evaluar la realidad en comparación a un estándar definido, resulta ineficiente centrar la atención en mejorar resultados que no se pueden revertir. Uno de los mayores problemas que presentan las organizaciones actualmente, es la falta de instrumentos que permitan evaluar de manera permanente las desviaciones que se presentan en la organización, por lo que es indispensable forjar un conjunto de herramientas que ayuden en mejorar la labor desarrollada en la empresa.

El control de gestión busca influir en resultados futuros de manera de aumentar la probabilidad de que estos ocurran, por tanto, se puede decir que es un sistema de dirección que busca impactar el futuro de la organización y no controlar su pasado. También se destaca del control de gestión, la utilización de indicadores como expresiones cuantitativas que permiten analizar que tan bien se están ejecutando las estrategias, por lo que al hablar de control de gestión es hablar de un sistema integrado y coherente de la información, teniendo una visión global de desempeño de la organización el cual logre apoyar y facilitar la toma de decisiones.

Chavarría también destaca que el control de gestión tampoco está orientado a los niveles directivos máximos de una organización, si bien nace de estos, necesariamente debe bajar a los niveles inferiores a través de un proceso de desdoblamiento o despliegue, solo así es la solución de alinear a la compañía en relación a sus objetivos fundamentales y poder definir cursos de acción que potencien las fortalezas y neutralicen las debilidades permitiendo aprovechar de forma eficiente, eficaz y permanente los recursos de la organización para el logro de los objetivos..

Basado en lo anterior, se puede desprender que un buen control de gestión debe:

- ❖ Recoger información sobre el estado actual de la organización en sus aspectos financieros, económicos y operativos.
- ❖ Compara el estado real actual con el estado deseado o estándar.
- ❖ Promover las decisiones y acciones necesarias para aproximar ambos estados.

3.1.2 Origen de los Tableros de Control o Tableros de Mando.

La herramienta de gestión Tableros de Mando o Tableau de Bord comienza a ser utilizada en la década de los sesenta, en la ciudad de París, Francia, por su creador, el ingeniero Jacques Mèlèse, que desarrolló un instrumento dinámico, que en medida que aumentan las alteraciones del medio competitivo, va sufriendo modificaciones; y la cual fue de gran apoyo a los directivos de las empresas de dicho país, los cuales contaban con un conjunto de indicadores que les permitía dirigir sus empresas como también conocer el funcionamiento de sus instalaciones.

El Tablero de Mando logra la incorporación de diversos indicadores en el control de contabilidad y financiero de la organización, pero a través del tiempo ha permitido también combinar y controlar indicadores financieros e indicadores no financieros en los diferentes procesos del negocio, logrando responder a las necesidades de información de gestión utilizadas por décadas, principalmente en las organizaciones europeas.

Posteriormente en Estados Unidos, en la década de los noventa, dos profesores de la Universidad de Harvard Business Robert.S Kaplan y David Norton, escriben su obra titulada “*The Balanced Scorecard*” o Cuadro de Mando Integral, si se traduce en español.

Según el Dr. Joan M. Amat “***El Cuadro de Mando Integral complementa indicadores de medición de los resultados de la actuación con indicadores financieros y no financieros de los factores claves que influirán en los resultados del futuro, derivados de la visión y estrategia de la organización. El CMI enfatiza la conversión de visión y estrategia de la empresa en objetivos e indicadores estratégicos. Para ellos, la perspectiva que aportan Kaplan y Norton ve a la organización desde cuatro perspectivas: financiera, cliente, procesos operativos internos y aprendizaje y crecimiento***”. Libro: Cuadro de Mando Integral. Ediciones Gestión 2000 S.A, Barcelona, 2002. Pág. 4.

Por tanto, un cuadro de mando consiste en disponer de un sistema de control en la empresa, que al contemplar varios tipos de indicadores, no solo financieros, permite ligarlos con la estrategia seleccionada, pudiendo conseguir una visión más global. Este instrumento actúa como comunicador de los criterios de la organización, ya que los usuarios entienden que aquellos parámetros que se miden corresponden a magnitudes importantes; si la empresa posee una estrategia definida y orientada a añadir valor a sus clientes, esta filosofía se transmitirá hacia el personal a través del tablero de mando, mostrando que variables son importantes.

3.1.3 Tipos de Tableros de Control o Tableros de Mando.

Dentro de las diferentes necesidades de las empresas es posible implementar los dos principales tipos de tableros:

3.1.3.1 Tablero de Mando Integral

También conocido como indicador de desempeño (*Balanced Scorecard*), desarrollado por Robert Kaplan y David Norton en 1992, el cual es una técnica de gestión que ayuda a las organizaciones a transformar la estrategia en objetivos operativos medibles y relacionados entre sí, facilitando que los comportamientos de las personas y departamentos clave se encuentren estratégicamente alienados con los recursos disponibles. Norton y Kaplan sugirieron que las compañías deben asignar metas a las unidades de negocio y después medirlas desde cuatro perspectivas:

- ❖ Innovación y Aprendizaje: factores que permiten mejorar las aptitudes y conocimiento de los empleados, y tratar así de mejorar su motivación y contribución en la organización.
- ❖ Procesos Internos: se refiere a la manera en que opera la organización y la forma de llevar a cabo su actividad.
- ❖ Clientes: conocer los aspectos que valoran los clientes al momento de contratar los servicios y así, satisfacer sus necesidades.
- ❖ Financiera: resultado y rentabilidad obtenidos al buen funcionamiento de los factores anteriores.

3.1.3.2 Tablero de Mando Operativo:

Según Carlos Araya un tablero de mando operativo es aquel que permite hacer un seguimiento diario del estado de situación de las compras, finanzas, procesos, logística, etc. También es aquel que entrega la información necesaria sobre una actividad concreta dentro de la cadena de valor del proceso de negocio, permitiendo un control diario sobre la eficiencia y eficacia del proceso, siendo fuente de información para el cuadro de mando.

Un cuadro de mando operativo debe ayudar a alcanzar los objetivos operativos; las áreas claves y los indicadores pueden ser estandarizados de acuerdo con la necesidad y características de control diario de las actividades locales, por lo que pueden asociarse los siguientes indicadores:

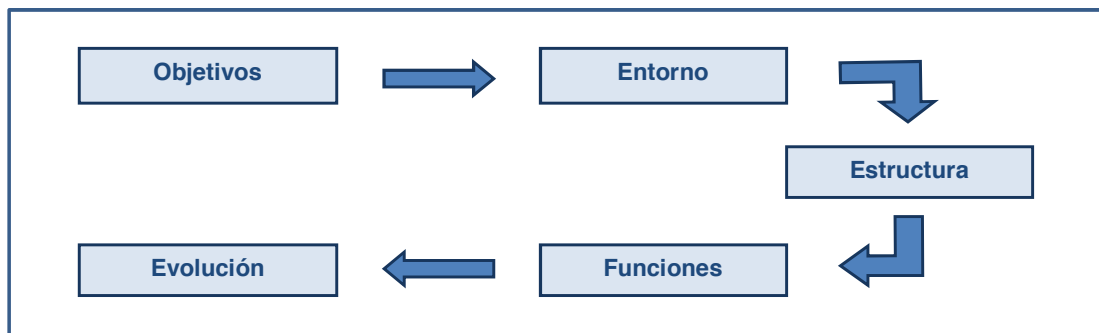
- ❖ Indicadores de Producción: son aquellos que indican que hace la empresa tanto, en actividades básicas como en procesos de negocio.
- ❖ Indicadores de Incidencias: revelan que incidencias ocurren en la actividad o proceso, pueden entenderse como no conformidades.
- ❖ Indicadores de Plazo: indican cuanto tiempo tarda la empresa en realizar una actividad o satisfacer una petición del cliente.

3.2 Metodología para Diseñar un Modelo de Control

Un modelo es un conjunto de hipótesis en el que se establece de una manera rigurosa y en forma cuantitativa, qué magnitudes variables son esenciales para el funcionamiento del fenómeno por investigar, estableciéndose también en que formas están relacionadas. Las características principales de los modelos son que estudian un problema del mundo real; aplican conocimientos matemáticos y científicos que se poseen para llegar a conclusiones finales; comparan los datos obtenidos como predicciones con datos reales; el modelo debe ser bastante aproximado al sistema real e incorporar la sus aspectos importantes, y principalmente que el modelo no sea tan complejo para poder entenderlo y manipularlo.

Según Sarabia (1995), la metodología a seguir para diseñar cualquier modelo de control, visto desde una mirada sistémica es: **“...el punto de partida es la identificación de los proyectos y objetivos (1) del objeto que han de alcanzarse en un entorno o condiciones prefijados (2). Para ello se propone o diseña una estructura (3) que se hace funcionar (4) y evolucionar (5) para, al igual que ocurría con la simulación, comparar los resultados y el estado final de la evolución sufrida por el objeto modelizado con los objetivos propuestos. La medida de esta comparación se conoce como la fiabilidad del diseño y, en caso de no resultar satisfactoria, se modifica la estructura diseñada inicialmente y se vuelve a los pasos (4) y (5)”**. [Sarabia95]. La siguiente figura 3.1 muestra la serie de pasos a seguir:

Figura 3.1: Metodología Diseño Modelo de Control [Sarabia95]



Fuente: Elaboración Propia en base a Sarabia

3.3 Modelos de Control

A continuación se describen brevemente algunos modelos de control propuestos y utilizados por algunas organizaciones, en donde luego se presenta una tabla con las diferencias más relevantes de dichos modelos:

3.3.1 Pirámide de Resultados

Es un modelo propuesto por Carol J. McNair en 1990, cuyo principio está orientado al cliente pero ligado a la estrategia de la empresa con indicadores financieros y no financieros. La información sobre el Control de Gestión se produce en el nivel más alto de la empresa. Este modelo se basa en Calidad Total, Reingeniería y ABC, el cual está centrado

en cuatro niveles en la organización: nivel alto, la dirección de la empresa formula la visión de la organización. En el segundo nivel, las metas departamentales se expresan en términos financieros y de mercado. El tercer nivel consiste en una serie de flujos dentro de la empresa. El cuarto nivel es la parte operacional en donde los resultados se miden por día, semana o meses.

3.3.2 Sistema Integrado de Gestión de la Estrategia y Resultado (SIGER)

Es un modelo presentado por M. Hernández y A. López Viñegla en 1999, el cual se basa en un proceso de definición de la estrategia, en el cual las claves se encuentran en la comunicación de la estrategia a toda la organización y en la alineación de los objetivos personales y departamentales con la estrategia, realizando la vinculación de la estrategia con los objetivos a largo plazo de la empresa. Este modelo cuenta con una fase que identifica los indicadores asociados a las variables clave de la empresa, desde todas sus perspectivas, y relacionando la implantación de la estrategia a la actividad de la organización en todos sus aspectos.

3.3.3 Intangible Assets Monitor (IAM)

Es un modelo creado por K. Eric Sveiby en 1996, el cual trata de medir los activos intangibles y ofrece un sencillo formato para la visualización de los indicadores más relevantes. La estrategia de la empresa resulta relevante para la determinación de los indicadores, siendo en este modelo lo más importantes a cubrir, Crecimiento, Renovación, Eficacia y Estabilidad, debiéndose configurar un par de indicadores para cada parte. Este modelo puede utilizarse para diseñar el sistema de información para la dirección.

3.3.4 Balanced Scorecard (BSC)

Si bien se mencionó anteriormente en el ítem de tableros de mando integral, este modelo es considerado como uno de más importantes en el tema de planificación y gestión de los últimos tiempos, creado por Kaplan y Norton, modelo basado en la traducción de la estrategia definida por la empresa, en objetivos relacionados, medidos a través de indicadores con perspectiva financiera, del cliente, proceso interno y formación y crecimiento,

que permiten crear a través de ellos unos planes de acción que unifican criterios de comportamiento a todos los miembros de la organización.

3.3.5 Análisis Modular de Sistemas (AMS)

Modelo creado por el ingeniero francés Jacques Mèlèse en 1972, la que consiste en la descomposición de un sistema global en subsistemas observables y de una complejidad abordable. La estructura organizativa del AMS es descrita por un conjunto de variables que pueden tomar diferentes valores, buscando una comunicación simplificada entre distintas áreas de los procesos de una organización, lográndose el traspaso de información la que permite expresar el comportamiento de la organización. El objetivo es relacionar el nivel estratégico con el nivel operativo o tecnológico en la estructura y funcionamiento de la organización, y para lograr esta relación presenta a toda la organización en tres sistemas: Sistemas de Pilotaje, Tecnológico y el de Información y medidas.

3.3.6 Diferencias entre Modelos de Control

A continuación en la siguiente tabla 3.1 se pueden observar las diferencias más relevantes de los modelos anteriormente señalados:

Tabla 3.1: Resumen de Modelos de Control

Modelos	Características
Pirámide de Resultados	<p>Ventaja: Se basa en conceptos de gestión de calidad total, y contabilidad de costos.</p> <p>Desventaja: Orientado exclusivamente a empresa de manufactura y no soporta otros enfoques de calidad, orientado hacia cliente.</p>

Sistema Integrado de Gestión de la Estrategia y Resultado (SIGER)	<p>Ventaja: Modelo que se preocupa de definir la estrategia en la organización.</p> <p>Desventaja: Debe existir una comunicación de la estrategia en toda la organización y alineación de los objetivos personales y departamentales con la estrategia, vinculándose con los objetivos a largo plazo.</p>
Intangible Assets Monitor (IAM)	<p>Ventaja: Modelo que mide los activos intangibles, crecimiento, renovación, eficacia y estabilidad.</p> <p>Desventaja: La estrategias es relevante para este modelo, y se utiliza para diseñar sistemas de información para la dirección de una empresa.</p>
Balanced Scorecard (BSC)	<p>Ventaja: Se preocupa de definir y comunicar la estrategia en la organización.</p> <p>Desventaja: Herramienta exclusiva para la alta gerencia y requiere de estrategias establecidas.</p>
Análisis Modular de Sistemas (AMS)	<p>Ventaja: logra el traspaso de información entre las áreas generando indicadores operacionales y sujetos a cambios.</p> <p>Desventaja: Se requiere comunicación constante entre las áreas, y no se enfoca en el la alta gerencia.</p>

Fuente: Elaboración Propia

De los modelos anteriormente señalados, el más difundido es el Balanced Scorecard de Kaplan y Norton que ha sido implementado por grandes organizaciones, por lo cual a continuación se presenta una tabla comparativa 3.2 entre los modelos BSC y AMS.

Tabla 3.2: Comparación BSC y AMS

Balanced Scorecard (BSC)	Análisis Modular de Sistemas (AMS)
Permite traducir la visión y estrategias de una organización, realizándose el diseño de un sistema de medición para el logro de los objetivos.	Tanto la misión como lineamientos estratégicos son llevados a acciones. De esta manera genera un sistema más práctico en el control de gestión.
Al ser de gran importancia la comunicación, la elección de los indicadores debe ser cuidadosa.	Indicadores más operacionales que permiten identificar el comportamiento real de los procesos en la organización.
Si una organización está desarrollando sus estrategias, entonces el BSC no puede ser utilizado como sistema de control de gestión. Sólo como una herramienta de aprendizaje.	En todo momento puede ser ajustado de acuerdo a los cambios de objetivos.
Apoya los objetivos estratégicos, sus procesos y posee indicadores que monitorean el logro del desempeño.	Resume lo relevante en una actividad, con el fin de proporcionar información que permita tomar decisiones y lograr los resultados esperados.
A nivel gerencial funciona sin problemas; sin embargo, al descender de niveles puede ser inútil.	Existe alineamiento entre los objetivos estratégicos en todos los niveles jerárquicos.
Motiva el involucramiento de la organización en el éxito de los negocios.	Mejora la eficacia y eficiencia del nivel operativo del negocio.
Herramienta exclusiva para la alta gerencia.	Cada encargado de su área puede escoger los indicadores según sus conocimientos y experiencia.
La finalidad del BSC es el aprendizaje y el diálogo por medio de la comunicación, buscando mayor participación y alineación en la organización.	Es la dirección operativa de la empresa, contando con información actualizada con el fin de alinear y controlar sus procesos.

Priorización en la planificación por sobre el control.	Conjunto de indicadores de control que apoyan la toma de decisiones.
--	--

Fuente: Figueroa 2008

Al analizar los diferentes modelos de gestión presentados anteriormente, y basado en las necesidades y problemas que existen dentro de la Gerencia de Operaciones Mina, en donde las falencias principales son la falta comunicación entre los involucrados, inoportuna toma de decisiones, variación constante de la planificación, problemas con la obtención de la información, y principalmente los incumplimientos en la producción y operación por falta de control, surge la necesidad de estudiar e implementar la metodología AMS, ya que utiliza indicadores operacionales, alineando los objetivos de las distintas áreas con resultados a corto plazo, y los cuales se pueden ajustar a las diferentes necesidades del área, permitiendo generar una toma de decisiones oportuna y lograr un control en la gestión de las operaciones del área mina, más que en la alta dirección de CMD.

3.4 Metodología del Análisis Modular de Sistemas (AMS)

“La comunidad cibernética sintetiza sus contribuciones en tres grandes enfoques: la cibernética de orden cero que corresponde a la teoría de los sistemas (medio ambiente/sistema, entradas/transformación/salida, unidad/partes) de Keneth Boulding (1935), la cibernética de primer orden (la restricción) de Norbert Wiener (1945), y la cibernética de segundo orden (la auto organización) de Heinz Von Foerster (1962)” [Jimenez01]

Se puede decir que cuando se habla de cibernética de segundo orden se refiere a que el observador es un componente de la organización del sistema. Pero si el observador es externo a la organización del sistema se refiere a la cibernética de primer orden; en tanto si se describe un sistema por sus variables de entradas y salidas en este caso corresponde a la cibernética de orden cero o teoría de los sistemas.

Por tanto el modelo de Jacques Mèlèse corresponde a la cibernética de segundo orden, debido al interés de observar desde la perspectiva sistémica y cibernética el control y regulación de las organizaciones y sus procesos industriales.

Posteriormente, en los años setenta se planteó que: ***“Control de Gestión es un conjunto organizado de métodos y procedimientos que permiten a una organización cumplir con sus objetivos a través de acciones y ajustando a cada instante las decisiones de responsables, con la búsqueda permanente de la eficacia”***, Según Mèlèse.

En el año 1972 el ingeniero francés Jacques Mèlèse crea la metodología del Análisis Modular de Sistemas (AMS). Este análisis se realiza mediante la descomposición de un sistema global en subsistemas observables y de una complejidad abordable. Su aplicación más frecuente ha sido en el ámbito de consultorías de dirección y organización (rediseño de estructuras, implantación de dirección por objetivos, control de gestión y análisis informático).

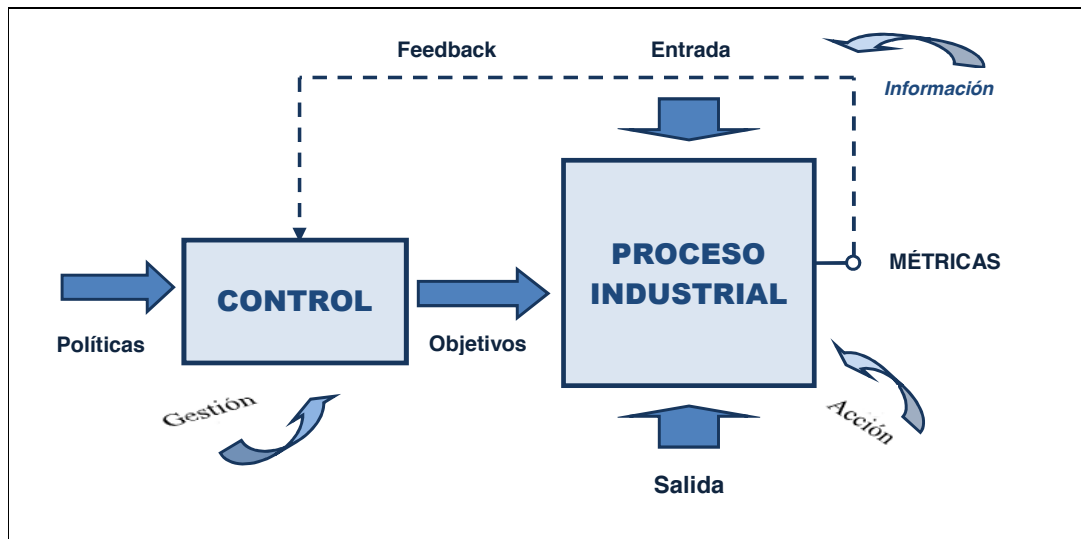
La estructura organizacional del modelo AMS es descrita por un conjunto de variables, que pueden tomar diversos valores, describiendo un organismo bajo la forma de un sistema, logrando una comunicación a través de un lenguaje simplificado del análisis de los sistemas complejos de información en las diferentes áreas involucradas. Estas son expresadas mediante variables (indicadores), cuya finalidad es expresar el comportamiento de la organización; de esta manera se presentan dos dimensiones del análisis, una referente con la organización del sistema y la otra, el control y las regulaciones, permitiendo la dualidad de todo organismo entre las definiciones funcionales, como también las cadenas de pilotaje que planifican y programan las actividades de los diferentes módulos.

El objetivo de este método es relacionar el nivel estratégico con el nivel tecnológico u operativo de la empresa en su estructura y funcionamiento de la organización; y también trata de crear o describir un sistema de gestión, respectivamente de pilotaje en sistemas complejos de información. Se apoya sobre los objetivos deducidos del nivel superior y logra describir las uniones internas y externas entre el nivel superior (más estratégico) y el nivel inferior (más tecnológico u operativo) en las actividades económicas de la organización. Para lograr esta relación el análisis modular de sistemas (AMS) se presenta a toda organización bajo tres sistemas: Sistemas de Pilotaje, Tecnológico y el de Información y medidas.

- a) Sistema de Pilotaje:** La función de este sistema es la de guiar, controlar y regular las transformaciones tecnológicas. Se constituye por módulos y subsistemas en su conjunto de elementos y relaciones, controlando y regulando el cumplimiento de las transformaciones del sistema tecnológico.

- b) **Sistema Tecnológico:** En este sistema se realizan las transformaciones y está compuesto de subsistemas y de módulos. El módulo es considerado elemental para el análisis y en estos es donde se producen las transformaciones propias del sistema global.
- c) **Sistema de Información y Medida:** Es el conjunto de medios y comunicación, que permiten controlar, almacenar, procesar y distribuir la información relacionada con el cumplimiento de los objetivos. En tanto el sistema de información y medida se divide en un subsistema de información de tipo: formal y automática; formal y no automático; y no formal.

Figura 3.2: Representación Gráfica del Análisis Modular de Sistemas



Fuente: Análisis Modular de Sistema, Jacques Mélése, 1972

En la construcción de la estructura organizacional del modelo AMS, no se encuentra presente el aspecto social; dándose la siguiente explicación según Mélése: ***“El AMS no introduce el factor humano en el análisis, porque presenta a los hombres involucrados en carne y hueso; el lenguaje propuesto se convierte en un hecho social en cuanto se practica y los aspectos humanos están presentes a lo largo del desarrollo de un análisis”***, citado por [Jiménez01] p.120

El sistema de decisión del modelo AMS valora el concepto de variable, el cual ensambla el sistema de control estratégico u operacional fijando los objetivos generales; en

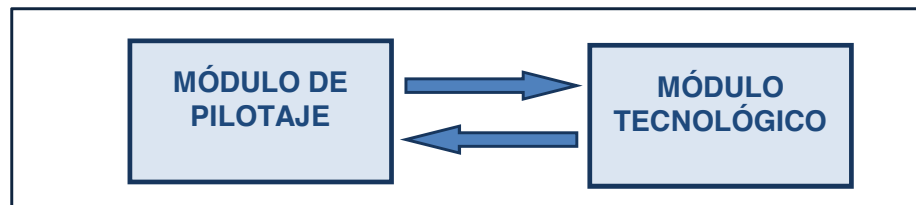
tanto que el sistema de pilotaje (transformaciones tecnológicas) es el responsable de conducir las acciones de control y regulación de las variables de acción y variables esenciales, con la misión de fijar sus propios objetivos y el cumplimiento de estos.

- **Variables de Entrada y Salida:** estas variables dependen de la organización del sistema, las que pueden ser físicas, materiales, energía o información, y las cuales suponen como soporte o vehículo físico. En tanto el valor de las variables viene determinado por su estructura.
- **Variables de Producto:** las variables de salida están relacionadas con los productos de la transformación (entrada, procesamiento y salida).
- **Variables de Acción:** corresponden a las modificaciones, regulaciones y correcciones de las variables esenciales. Estas variables se encuentran a disposición del operador permitiendo modificar la transformación del sistema.
- **Variables Esenciales:** estas variables están relacionadas con los objetivos estratégicos u operacionales de la organización. Además son consideradas como claves en la medición del éxito de la misión y su elección dependerá del objetivo que se quiere medir. En tanto, los valores de estas variables comunican sobre la realización de la transformación del sistema.

3.4.1 Descripción Orgánica AMS de una Actividad

La descripción fundamental por AMS de una actividad técnica o administrativa es representada por una descomposición de los sistemas de pilotaje, tecnológico y de información en una organización y se pueden representar bajo la forma de acoplamiento en dos subsistemas o módulos, llamados módulo de pilotaje y módulo tecnológico. La siguiente figura 3.3 es la representación gráfica del acoplamiento de estos dos subsistemas.

Figura 3.3: Gráfica de Acoplamiento de Subsistemas en Análisis Modular



Fuente: Elaboración Propia en base a Mélése

Para el autor Mèlèse esta forma es importante porque está dotada de variables de entradas, salidas, esenciales y de acción, y el cual declara que: “... **esta dualidad es importante ya que recuerda permanentemente: que un módulo tecnológico es pilotado por “alguna cosa” (o sino es preocupante); que un módulo de pilotaje pilotea “alguna cosa” (si no se sabe formular que, es grave)**”. Citado por [Figueroa08] pág. 52.

- 1) Módulo Pilotaje:** Este módulo es el encargado de recibir las directrices superiores y transmitir las al sistema tecnológico u operativo, permitiendo gestionar y mejorar el proceso a través de acciones correctivas del proceso tecnológico. Este módulo se compone por factores de orden internos como, equipamientos, personal, normas operacionales (como los medios son puestos en acción), grado de modelación (modelos de gestión) y el grado de programación (en qué medida las reglas son codificadas).

Las entradas principales de un Módulo Pilotaje se dividen en las siguientes:

- 1.1. Variables de Control Entrantes:** corresponden a las directrices del mando superior impuestas al piloto y al módulo de transformación. Estas fijan los objetivos a lograr, es decir los valores que regirán a las variables esenciales.
- 1.2. Entradas Informativas Internas (a la actividad):** es la información acerca del funcionamiento de la actividad que se lleva a cabo; y la cual es elemental en el módulo tecnológico para el control interno. Por otro lado los valores de las variables esenciales.
- 1.3. Entradas Operativas:** información de importancia para el módulo de pilotaje, necesaria para transformar las directrices recibidas llamadas control entrante.
- 1.4. Entradas Informativas Externas (en la actividad):** información útil, pero no imprescindible.

En tanto, las salidas principales de un Módulo de Pilotaje se dividen en:

- 1.5. Variables de Control Salientes:** transferencia de las directrices desde el módulo de pilotaje al módulo tecnológico (programa mensual de producción), éstas son las llamadas variables de control entrante.

- 1.6. Variables de Regulación:** posibilidades de acción sobre el módulo tecnológico bajo los parámetros de decisión del módulo de pilotaje. En el módulo de pilotaje no reciben regularmente directivas, pero le permite hacer cambios dentro de ciertos límites.
- 1.7. Salidas Operativas:** información que se necesita para realizar la misión en otros módulos, en particular demandas realizadas a módulos de apoyo.
- 1.8. Salidas Informativas:** Información útil a otros módulos.

2) Módulo Tecnológico: se realiza la transformación del proceso o actividad, mediante las acciones e informaciones de los resultados esperados en las variables esenciales. También se conforma por factores internos como equipamientos, personal, normas operacionales, el grado de modelación, grado de programación y los elementos de control internos (cifras e índices de medida sobre la puesta de acción de los medios). En otras palabras, es: la misión, los objetivos, los medios y el método de transformación.

Las entradas de un Módulo Tecnológico son:

- 2.1. Entradas Tecnológicas Principales:** son flujos que justifican la existencia del módulo, es decir, es la misión esencial y las que sufren transformación en el módulo.
- 2.2. Entradas Tecnológicas Secundarias:** estas entradas son necesarias para la realización de la transformación, pero en menor grado, como ejemplo las reparaciones de maquinarias, herramientas, etc.
- 2.3. Entradas Operativas:** corresponde a la información requerida para efectuar la misión en este módulo, como: planes, programas y datos de operación.
- 2.4. Entradas Informativas:** equivalen al tipo de informaciones que no son significativas para la transformación, pero que son útiles para mejorar la eficacia y los costos como lo es la información sobre paralizaciones, información sobre carga de trabajo, accidentes con tiempo perdido o atrasos de entregas.

Las salidas del Módulo Tecnológico son:

2.5. Salidas Principales: corresponde al flujo de la realización de la misión ya transformado, en otras palabras, este es el producto resultante.

2.6. Salidas Secundarias: no forman parte del objetivo final del proceso y son parte de los subproductos del proceso.

2.7. Salidas Operativas: es la información necesaria para la realización de la misión de otros módulos y los cuales pueden ser módulos de apoyo al proceso o actividad.

2.8. Salidas Informativas: información útil para otros módulos, pero no indispensable.

Las Variables Esenciales del proceso productivo en el Módulo Tecnológico son las siguientes:

2.9. Variable Esencial Actividad: variables que miden la producción de bienes y servicios, son medidas enlazadas a las salidas tecnológicas principales. Como ejemplo son: medidas por periodos de tiempo o por secuencia de productos, entre otros.

Las Variables Esenciales del proceso productivo en el Módulo Tecnológico son las siguientes:

3.1. Variable Esencial Actividad: variables que miden la producción de bienes y servicios, son medidas enlazadas a las salidas tecnológicas principales. Como ejemplo son: medidas por periodos de tiempo o por secuencia de productos, entre otros.

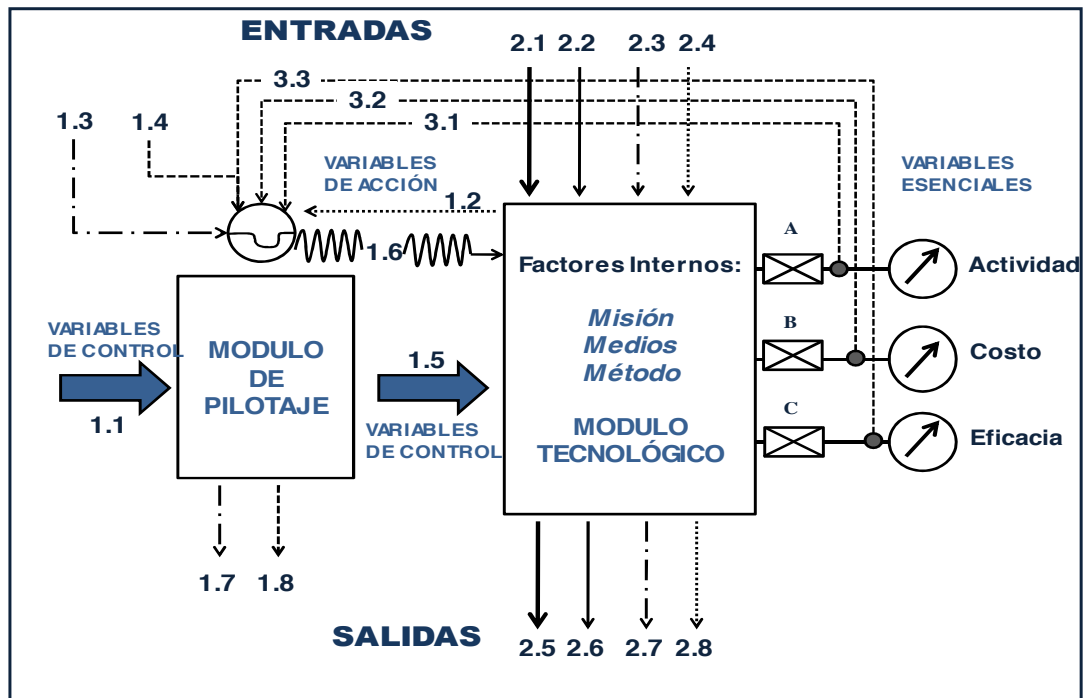
3.2. Variable Esencial Costo: son costos generados en el módulo, en los que el piloto tiene influencia sobre las variables de acción. Estos pueden ser de gestión (ventas fracasadas, productos no terminados o exceso de stock) o de funcionamiento (materiales, personal), etc.

3.3. Variable Esencial Eficacia: son los criterios del éxito de la misión y el cumplimiento de los objetivos del módulo, con una capacidad de adaptación y control entre módulos, como ejemplo modificaciones de programas, adaptación a los imprevistos y flexibilidad de reparación. Estas variables cualitativas pueden ser medibles, pero no valorizables como es el caso del

porcentaje de clientes atendidos, tasa de accidentabilidad laboral o cumplimiento de tareas, etc.

La siguiente figura muestra la gráfica de los dos módulos explicados junto a las principales variables.

Figura 3.4: Representación Gráfica de Módulos de Pilotaje y Tecnología (AMS)








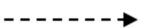

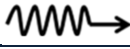




Fuente: Análisis Modular de Sistema, Jacques Mélése, 1972

A modo de conclusión según Mélése, **“Recordemos que un análisis en terreno, identificará todas las variables descritas y se buscará destacar para cada una de ellas, indicaciones precisas sobre su naturaleza, su regularidad, su valor actual, así como sus límites de variación, etc.”** Citado por [Figuroa08] pág. 56.

A continuación la siguiente tabla hace referencia al significado de los símbolos expresados en la Gráfica de los Módulos de Pilotaje y Tecnológico del Análisis Modular de Sistemas.

Tabla 3.3: Tabla de Símbolos del Análisis Modular de Sistemas

Representaciones	Definiciones del Modelo
	Modulo Módulo (Tecnológico de Control)
	Símbolo de Funcionamiento Programado
	Símbolo de Funcionamiento de Toma de Decisiones
	Función de Control
	Flujo Tecnológico Principal (lo que se transforma)
	Flujo Tecnológico Secundario
	Flujo Operativo (Información necesaria para realizar la misión)
	Flujo Informativo (Información no necesaria pero útil)
	Flujo de Directivas de Control (Variables de Acción):Control
	Flujo de Directivas de Control (Variables de Acción): Reglamento o Ajuste
	Análisis de la Información
	Indicador de Variables Esenciales

Fuente: Elaboración propia en base a [Cadiz&Farias11]

3.4.2 Alineamiento Operacional en una Organización

En una empresa, el alineamiento operacional se refiere, a que los objetivos estratégicos se encuentren alineados con los objetivos internos de cada actividad en sus respectivas unidades de operación, para el cumplimiento de las metas que la organización adquiere. Para lograr este alineamiento entre objetivos, es necesario de cuatro etapas fundamentales, y las cuales son la planeación estratégica, estructuración de la organización, control del desempeño y la gestión del mejoramiento.

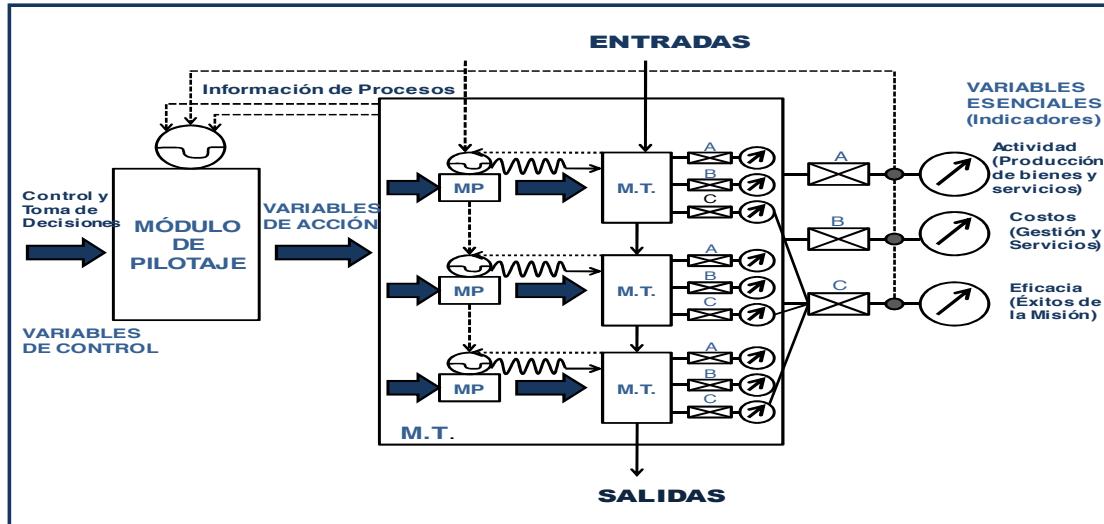
Al hablar de ***“La estructuración de la organización se refiere al conjunto de compromisos que se establecen al interior de la institución para alcanzar tanto los objetivos verticales como los horizontales. El control del desempeño es la etapa que permite detecta fallas en el alineamiento, a través de la utilización de herramientas tales como el Balanced Scorecard (control vertical) y el ABM-ABC (control horizontal)”*** según lo citado por [Figueroa08] pág. 59. En tanto, se entiende como control vertical al cumplimiento de los requerimientos corporativos; mientras que el control horizontal es el monitoreo del cumplimiento de los requerimientos de los clientes internos y externos.

En una organización pueden existir desalineamientos del tipo vertical u horizontal y de lo cual según Donoso, ***“Uno de los principales inconvenientes de la estructura funcional tradicional es que cada unidad optimiza su operación según ciertas variables de control que pueden no ser las más adecuadas o relevantes desde el punto de vista de la empresa”*** citado por [Vidal10]. Un ejemplo de esto, es que en algunas empresas el área de producción intenta aumentar la productividad de los equipos, por lo que aumenta el periodo de operación, tratando de mejorar la eficiencia del proceso, pero en la cual se está priorizando la producción sobre la mantención, pudiendo afectar los costos globales de la empresa.

Por último el mismo autor señala que ***“...la organización debe generar mecanismos de alineamientos entre sus objetivos estratégicos, estructura y operación. Esto es, se debe asegurar una coherencia y correspondencia de los objetivos específicos de cada unidad interna con los objetivos globales de la organización, con ello se evita que estas unidades optimicen su operación de manera local, perdiendo de vista los objetivos globales”***.

A continuación la figura 3.5 muestra un ejemplo del alineamiento operacional aplicable a cualquier organización

Figura 3.5: Alineamiento Operacional en AMS



Fuente: Análisis Modular de Sistema, Jacques Mélèse, 1972

3.5 Indicadores de Gestión

Un indicador de gestión es una expresión cuantitativa del comportamiento de las variables o de los atributos de un producto o servicio, el cual permite conocer la situación real en que se encuentra la organización, en comparación con datos de referencia como, objetivos, datos históricos, etc.), ayudando en la evaluación de la gestión empresarial.

Las organizaciones están compuestas por procesos, subprocesos y actividades, los cuales han sido diseñados para lograr los objetivos preestablecidos; se llamarán indicadores de gestión a la herramienta de medición de los resultados de procesos y subprocesos respecto a sus objetivo, con la finalidad de realizar el control y seguimiento continuo, permanente y oportuno de estos procesos y actividades, permitiendo una optimización de las distintas gestiones e incidiendo en la toma de decisiones.

El indicador de gestión es considerado transcendental en la organización ya que mediante el continuo monitoreo permite establecer las condiciones e identifica los diferentes síntomas que resultan del desarrollo normal de las actividades. El sistema de información permite entregar datos estadísticos, financieros, administrativos y operativos que le son relevantes para tomar decisiones oportunas en el control operativo.

Estos indicadores garantizan información constante, real y precisa sobre aspectos como la efectividad, eficiencia, eficacia, productividad, calidad ejecución presupuestal e incidencia de la gestión, todos estos permitiendo la disminución en incertidumbre y subjetividad organizacional.

3.5.1 Atributos de los Indicadores

Los indicadores de gestión deben cumplir con unos requisitos y elementos para poder apoyar la gestión para conseguir el objetivo. Estas características pueden ser:

- **Simplicidad:** puede definirse como la capacidad para definir el evento que se pretende medir, de manera poco costosa en tiempo y recurso.
- **Adecuación:** entendida como la facilidad de la medida para describir por completo el fenómeno o efecto. Debe reflejar la magnitud del hecho analizado y mostrar la desviación real del nivel deseado.
- **Validez en el tiempo:** puede definirse como la propiedad de ser permanente por un periodo deseado.
- **Participación de los usuarios:** es la habilidad para estar involucrados desde el diseño, y debe proporcionárseles los recursos y formación necesarios para su ejecución. Este es quizás el ingrediente fundamental para que el personal se motive en torno al cumplimiento de los indicadores.
- **Utilidad:** es la posibilidad del indicador para estar siempre orientado a buscar las causas que han llevado a que alcance un valor particular y mejorarlas.
- **Oportunidad:** entendida como la capacidad para que los datos sean recolectados a tiempo. Igualmente requiere que la información sea analizada oportunamente para poder actuar.

Capítulo 4: Desarrollo Modelo AMS

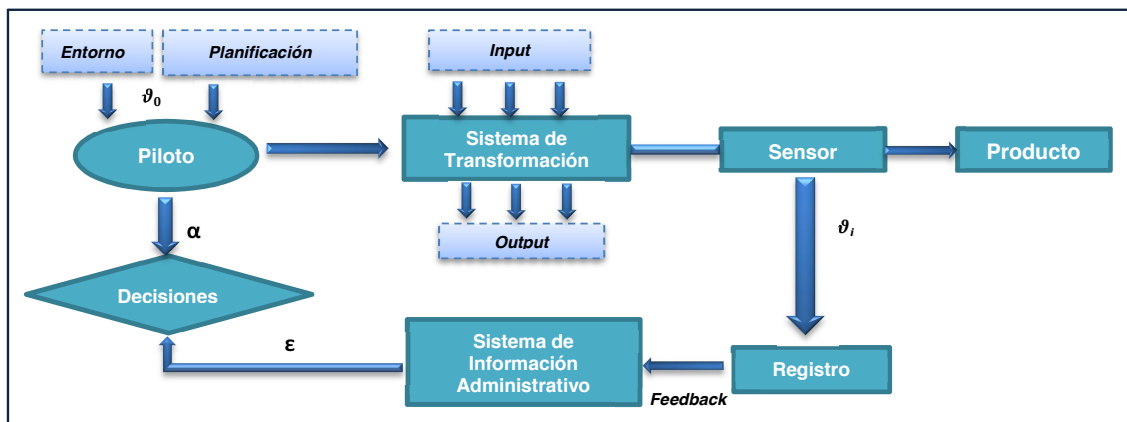
4.1 Introducción al Diseño de un Modelo de Control AMS

El control de gestión es un instrumento de dirección, el cual sirve como herramienta de apoyo en la toma de decisiones, basada en la información entregada periódicamente por cada una de las áreas de estudio, ya que al ser un sistema estructurado cuantitativamente y con estándares fijados, permite monitorear y comparar los resultados reales, de tal forma de ajustar las acciones en la organización.

Según Sarabia (1995) el primer paso para diseñar un modelo de control bajo un enfoque sistémico, es poder identificar los objetivos y planificaciones que actualmente se desarrollan en Mina de Compañía Minera Dayton tanto en estructura y funcionamiento de la organización; por consiguiente el segundo paso es la consideración del entorno para lograr el objetivo.

El tercer paso consta del diseño de la estructura para el modelo, que para el caso de la metodología AMS, se considera la dualidad Sistema Piloto y Sistema Tecnológico o de Transformación; esta dualidad debe ser apoyada por un tercer sistema, llamado Sistema de Información y Medidas o Sistema de Información Administrativo, el cual será el responsable de la retroalimentación o *feedback* al sistema Pilotaje. La siguiente figura 4.1 representa la estructura para un modelo de control AMS.

Figura 4.1: Estructura Modelo de Control AMS



Fuente: Profesor Atilio Menichetti 2013

Respecto a la figura anterior 4.1 el módulo de pilotaje recibe la variable esencial buscada, activando el sistema tecnológico, el cual recibe los *inputs* (recursos) y el cual requiere el sistema abierto de su ambiente, para dar inicio a las actividades del sistema, generando los *output* el cual es la corriente de salida de un sistema. También genera el producto principal o salida central del sistema.

Al aplicar estos conceptos en Operaciones Mina de CMD, los *inputs* conforman mano de obra, maquinarias o equipos, recursos y materiales; los productos u *outputs* serán las actividades desarrolladas en mina por área; en tanto el producto final será la entrega de mineral al cliente.

En la salida del sistema se captura el valor de la variable esencial resultante, el que debe permitir interpretar el comportamiento del sistema. La captura de la cuantía de la variable esencial resultante (ϑ_i), se realiza mediante un sensor, el que esta adecuado a lo que se quiere medir.

El conjunto de datos es transmitido (*feedback*) a un Sistema de Información Administrativo (SIA), el cual al relacionarse con otros datos se convierte en información. Principalmente se calcula el ϵ o desviación ($\vartheta_0 - \vartheta_i$). Esta información de traslada a un Centro Procesador o Cuadro de Mando, es decir donde se evalúan los parámetros establecidos para ϵ . Si es mayor que α (valor preestablecido por la Gerencia Mina según la Planificación Producción Mina), el piloto deberá intervenir el sistema regulándolo. En tanto si es menor, no debe intervenir ya que se considera que se está comportando como se espera.

Dentro de las posibles fallas del modelo se destacan:

1. Variable esencial mal definida en característica o dimensión.
2. Falla del sensor por alimentación de información errónea.
3. Falla del registro (no registra o registra equivocado).
4. Falla del *feedback* (no reenvía o lo realiza tarde).
5. Falla en el procesamiento.
6. Falla en la evaluación (α mal definido o no está definido).
7. Envío de la información al piloto y este no reacciona.
8. Reacción equivocada (error en variable de acción o intensidad).

Después de desarrollar el modelo, este pasara a la etapa de implementación y posterior evolución en el largo plazo en base a la relación con el entorno, teniendo la Gerencia Operaciones Mina la responsabilidad de realizar cambios futuros en el entorno y nuevas áreas que se integren y que por lo tanto requiera una reformulación del modelo.

4.2 Diseño de un Modelo de Control de Gestión AMS

Para diseñar el módulo Piloto se requiere considerar que la función de este sistema es guiar, controlar y regular las transformaciones tecnológicas que se refieren a la ejecución de la operación para cumplir el plan de producción mina.

Para este caso de estudio, la Planificación de Producción Mina desarrollada por el área de Planificación y Desarrollo de la compañía, incluye los procesos que forman parte de la Gerencia de Operaciones Mina, tanto en perforación, tronadura, carguío y transporte.

El control debe ser desarrollado bajo la metodología del Análisis Modular de Sistemas de Mélése, ya que descompone un sistema global en subsistemas observables y complejos, y que para la Gerencia de Operaciones Mina permitirá un control de gestión con una mirada sistémica de las operaciones ejecutadas en Mina para cumplir con la Planificación de Producción Mina y mejorar así su gestión en las respectivas áreas productivas.

Por tanto para que el módulo Piloto pueda cumplir con el rol de regulador en la ejecución y cumplimiento de la Planificación de Producción Mina, debe componerse principalmente de la Planificación Estratégica junto a una visión sistémica del *entorno*, las áreas que forman parte de la Gerencia de Operaciones Mina y la metodología del Análisis Modular de Sistemas.

4.2.1 Factores del Entorno que influyen en la Planificación de Producción Mina.

Hay una serie de factores del entorno que pueden afectar la ejecución de las operaciones mina influyendo en el cumplimiento de la planificación de producción mina, ya que estos factores no pueden ser controlados por el área de planificación, los cuales se muestran en la siguiente figura 4.2.

Figura 4.2: Factores del Entorno a Considerar en la Planificación de Producción Mina



Fuente: Elaboración Propia.

- **Factor Variación Modelo de Bloques:** La estimación geológica con el modelo de bloques es fundamental para dar cumplimiento al plan de producción, por lo que constantemente se debe revisar por Geología. Esto es redimensionar el desarrollo mina en un sector no contemplado, aumentando los costos y modificando la planificación de producción.
- **Factor Condiciones Climáticas:** Se refleja directamente en el plan de producción, ya que al ser una minera de cielo abierto, una lluvia genera la detención de la cadena productiva en mina, provocando pérdidas importantes en la producción. Al igual, las condiciones de viento afectan directamente al proceso de tronadura, ya que al estar CMD rodeada de la comuna de Andacollo, se debe respetar el protocolo de vientos al momento de tronar, afectando el cumplimiento del plan mensual, ya que si no hay condiciones de vientos se suspende la tronadura, generando pérdidas productivas para la compañía.
- **Factor Precio del Oro:** Compañía Minera Dayton una empresa que produce oro, por lo que está sujeta directamente al precio internacional del oro, debido a que si el precio del oro aumenta la compañía puedes generar adquisiciones y planes de producción con una menor ley de corte que sustente una expansión de la mina aumentando su vida útil, en tanto, al haber una baja del precio del oro la planificación y extracción debe ir orientada a minerales de mejor ley, disminuir la relación estéril mineral y una disminución del personal.

- **Factor Accidentes y Licencias Médicas de Trabajadores:** un factor importante no considerado dentro de la planificación es el accidente o licencia médicas, debido a que un accidente con cualidades de alto potencial genera que toda la operación mina sea detenida de forma inmediata, generando pérdidas en el cumplimiento del plan semanal y mensual. También es el caso de las licencias médicas que presenten los operadores, debido a que si se ausenta un operador (perforadora, camión o cargador, equipo de apoyo), genera pérdidas para la empresa, ya que el equipo quedara detenido retrasando el cumplimiento del plan semanal y mensual, ya que al ser una mediana minera no cuenta con el personal suficiente para reemplazar al operador.

4.3 Desarrollo de Análisis Modular de Sistemas (AMS) de las Áreas Involucradas en el Cumplimiento de Plan de Producción Mina

La representación modular expresada por la secuencia lógica del modelo, otorga describir las principales informaciones que interactúan en el proceso y por medio de los cuadros de mando de Análisis Modular de Sistemas (AMS) se simbolizan los procesos para el cumplimiento de la Planificación de Producción Mina en Compañía Minera Dayton de Andacollo.

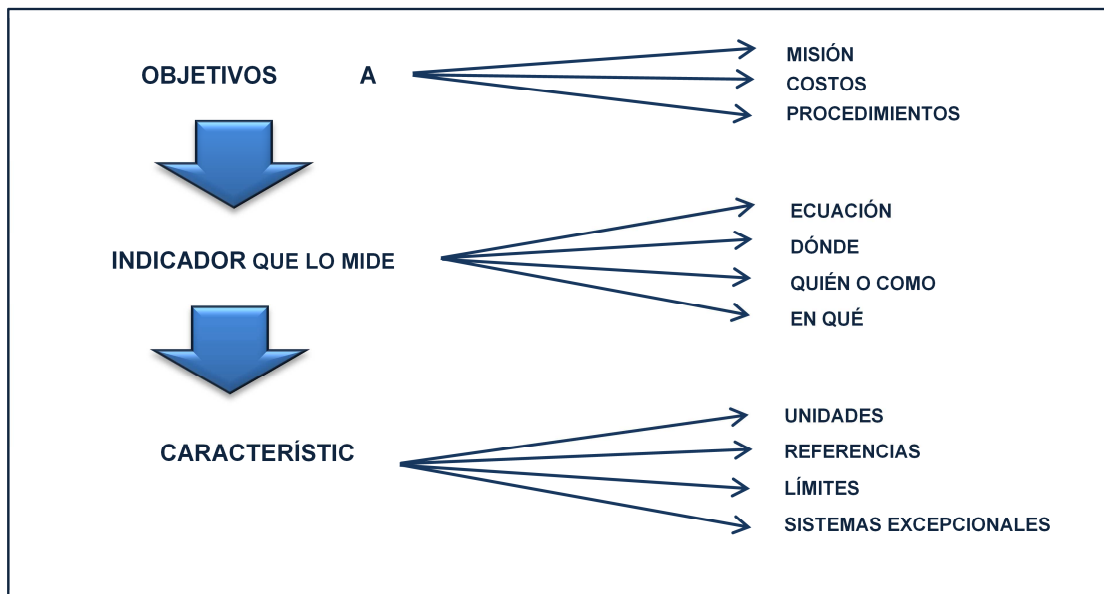
Cumplir la misión en el módulo tecnológico de Gerencia de Operaciones Mina, dependerá de las unidades compuestas por el Superintendente de Perforación y Tronadura y el Superintendente de Operaciones Mina.

Sera necesario monitorear de forma separada pero alineada con todos los objetivos de las operaciones que se realizan en la gerencia mina con la finalidad de cumplir la misión de esta gerencia. Es por esto, para cumplir la misión de los proceso de la mina, es de vital importancia que los objetivos de las unidades que actúan, deben estar alineados con la misión del proceso global y con las propias de sus respectivas áreas. Por lo tanto, las variables expresadas en los cuadros de mando representan un objetivo en común, con la única finalidad de alinear las actividades, para mejorar la gestión y evitar alteraciones e incumplimientos en el proceso de producción mina.

Todos los datos que se obtengan de los *sensores* deben ser examinados en el cuadro de mando general, con la finalidad de transformarlos en información que actúe como apoyo para la toma de decisiones en el proceso productivo de mina.

En la siguiente figura 4.3 se puede observar los pasos a seguir en la Secuencia Lógica del AMS:

Figura 4.3: Representación Gráfica de la Secuencia Lógica de AMS



Fuente: Elaboración Propia.

En este estudio se ha descrito a la Gerencia de Operaciones Mina como la organización encargada de cumplir y controlar todas las actividades ejecutadas por sus unidades, para lograr el cumplimiento de la Planificación de Producción Mina; por tanto, todas las operaciones que forman parte de dicha gerencia serán monitoreadas mediante las variables esenciales definidas para tal efecto. Para esto es necesario monitorear de forma separada pero alineados con todas las operaciones presentes en la mina, de tal modo, que se pueda cumplir con la misión de la GOM; para ello es de vital importancia que los objetivos de las unidades que actúan, estén alineados con la misión del proceso global y con los propios de sus respectivas superintendencias, por lo tanto, las variables expresadas en los cuadros de mandos, representan un objetivo en común, con la finalidad de alinear las actividades para mejorar la gestión y evitar alteraciones en el proceso productivo de la mina.

En este análisis se representaron las dos superintendencias y cada una de ellas sujetas a sus propios mandos; por lo que el conjunto de las actividades propias realizadas al proceso productivo, serán monitoreadas a través de las variables esenciales encontradas en la mina. Por tanto las operaciones de cada superintendencia que no cumpla con los procedimientos adecuados, se verán reflejadas en las variables esenciales expresadas.

4.3.1 Desarrollo de AMS: Gerencia de Operaciones Mina (GOM)

4.3.1.1 Objetivos a Medir: Gerencia de Operaciones Mina

Basado en el análisis de la figura 4.3 de la Secuencia Lógica del AMS, los objetivos a medir en el cargo de Gerente de Operaciones Mina, están enfocados en Misión, Costos y Procedimientos involucrados en el cargo, los cuales están especificados en la tabla 4.1.

Tabla 4.1: Secuencia Lógica de AMS Gerencia de Operaciones Mina

Misión	Velar por entregar mineral de calidad y cantidad comprometida
	Asegurar una operación eficiente y segura
	Mejoramiento continuo del control de procesos
Costos	Dirigir y controlar los costos operativos e inversiones de capital
	Administrar y controlar el presupuesto proyectado
	Producir a costo menor o igual al comprometido en el Plan
Procedimientos	Autorizar los procedimientos de higiene y seguridad de la mina
	Desarrollo sustentable a través de aplicación de estándares HSEC
	Coordinar la distribución de los recursos en Mina

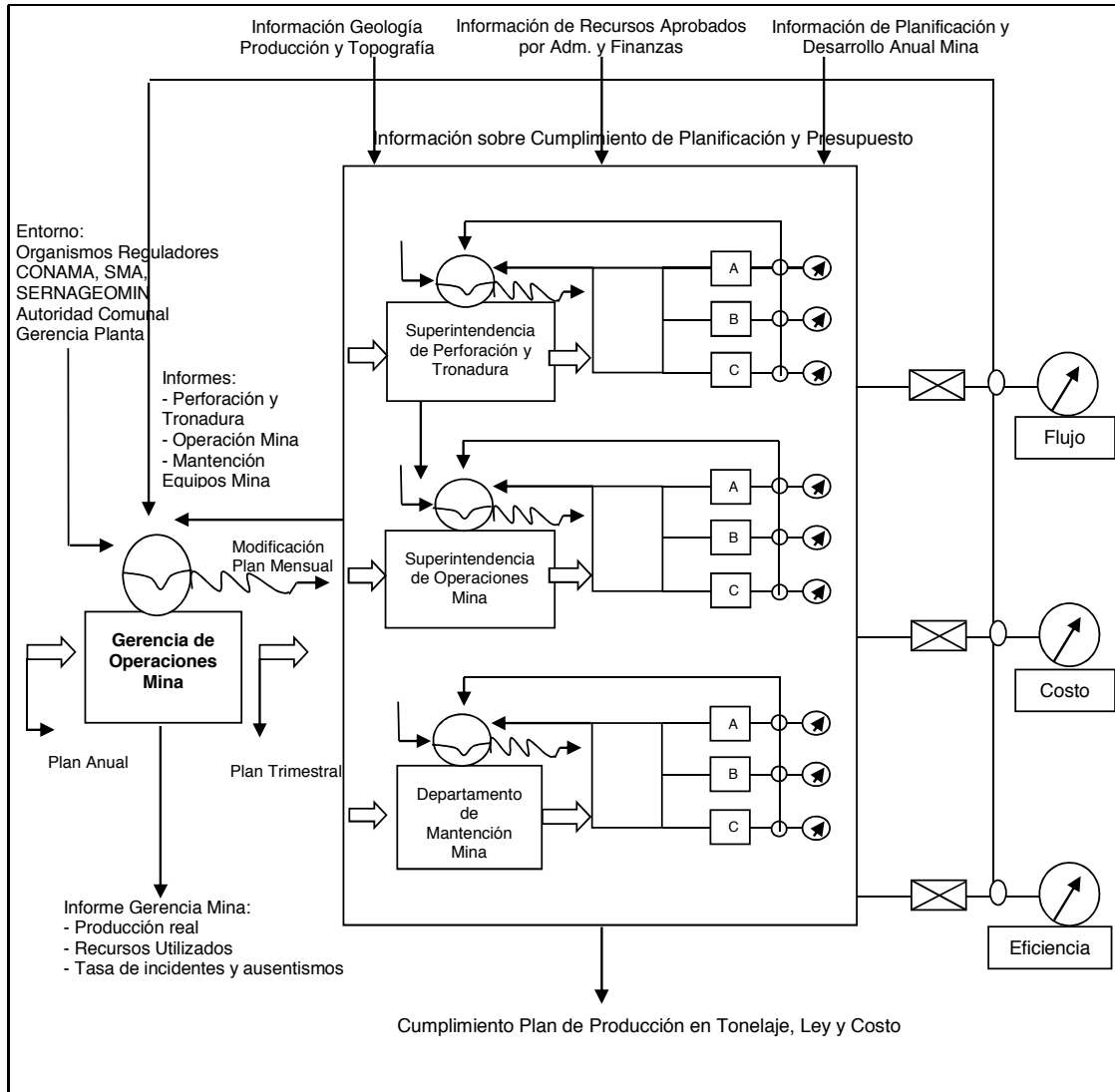
Fuente: Elaboración Propia.

4.3.1.2 Análisis Modular de Sistemas: Gerencia de Operaciones Mina

Basado en la Metodología de Análisis Modular de Sistemas, en la siguiente figura 4.4 se presenta la secuencia lógica del AMS de la Gerencia de Operaciones Mina

Se medirá la labor realizada por el GOM con indicadores, enfocados en el Flujo (Directamente relacionado con cumplimiento de plan), Costos, Eficiencia (relacionado con procedimientos utilizados para cumplir con la labor), tabla 4.2.

Figura 4.4: Secuencia Lógica del AMS Gerencia de Operaciones Mina



Fuente: Elaboración Propia.

4.3.1.3 Variables Esenciales: Gerencia Operaciones Mina

Tabla 4.2: Variables Esenciales Gerencia de Operaciones Mina

Tipo	Variable	Medición	Frecuencia	Explicación
Flujo	Relación entre las toneladas de mineral alimentadas por la mina a planta chancado y las toneladas de mineral demandadas por la planta.	$\% = \frac{\text{Toneladas Alimentadas por Mina}}{\text{Toneladas Demandadas por Planta}} \times 100$	Medición: Mensual Trimestral Anual	Corresponde al mineral total alimentado a la planta de chancado por mina durante un periodo y es relacionado con el mineral comprometido en el programa con la planta. Se pretende medir en porcentaje el cumplimiento en la cantidad y tiempos establecidos. Si es igual o mayor que 95% se iguala o supera la meta.
	Relación entre ley real mina v/s ley real planta; y la relación entre ley real mina y ley mineral programada.	$\% \text{ Desviación} = \frac{\text{Ley Real Mina}}{\text{Ley Real Planta}} \times 100$ $\% \text{ Desviación} = \frac{\text{Ley Mineral Real Mina}}{\text{Ley Mineral Programada}} \times 100$	Medición: Semanal Mensual	Corresponde a las leyes reales de mina (in-situ), las leyes reales planta y las leyes programadas; con estos indicadores se pretende conocer la desviación de la ley entre mina y planta; en tanto el segundo indicador permite analizar la confiabilidad del programa utilizado por geología. Si el porcentaje es igual que 100% el margen de error es cero, en caso contrario existe desviación.
Costo	Relación costo global de Gerencia Operaciones Mina, entre el costo real y el costo presupuestado.	$\text{Efectividad Presupuesto} = \frac{\text{Costo Real Mina}}{\text{Costo Presupuestado}} \times 100$	Medición: Mensual Trimestral Anual	Corresponde a todos los costos realizados por la mina en cada uno de sus procesos de producción en el periodo establecido y comparado con el costo presupuestado mina. Con este indicador se pretende medir la relación existente entre los costos reales y los costos presupuestados; si el porcentaje es mayor a 100% se gastó más de lo presupuestado.

	Relación del costo global mina y el total de toneladas extraídas.	$C_{Ton} = \frac{\text{Costo Real Mina}}{\text{Total Toneladas Extraídas}} \text{ [US$/Ton]}$	Medición: Mensual Trimestral Anual	Corresponde a la relación de costo total mina durante un periodo respecto al total de toneladas de material extraídas. Con este indicador se pretende determinar el costo que se produce por tonelada extraída, la meta es que el costo mina por tonelada sea bajo o igual en comparación a lo programado.
Eficiencia	Relación de total de toneladas extraídas de material entre lo real y lo programado.	$\% = \frac{\text{Total de Toneladas Extraídas Reales}}{\text{Total de Toneladas Extraídas Programadas}} \times 100$	Medición: Mensual Trimestral Anual	Corresponde a la relación de toneladas de material extraído por mina durante cierto periodo y lo programado. Este indicador mide la eficiencia. Si el porcentaje es igual o mayor que 100% se iguala o supera la meta, en caso contrario existe incumplimiento de lo programado.
	Relación de toneladas de estéril y mineral extraído en mina.	$\text{Stripping Ratio} = \frac{\text{Toneladas Estéril Extraídas}}{\text{Toneladas Mineral Extraídas}}$	Medición: Mensual	Corresponde a la relación de toneladas de estéril y toneladas de mineral extraídas. Este indicador mide el ratio de extracción, el cual debe ser mayor o igual a la relación 3:1, en caso contrario el desarrollo mina es menor.

Fuente: Elaboración Propia.

4.3.2 Desarrollo de AMS: Superintendencia de Perforación y Tronadura (SPT)

4.3.2.1 Objetivos a Medir: Superintendencia de Perforación y Tronadura

Basado en el análisis de la figura 4.3 de la Secuencia Lógica del AMS, los objetivos a medir en el cargo de Superintendente de Perforación y Tronadura, con la metodología de control que se propone, están enfocados en Misión, Costos y Procedimientos involucrados en el cargo, los cuales están especificados en la siguiente tabla 4.3.

Tabla 4.3: Secuencia Lógica de AMS Superintendencia Perforación y Tronadura

Misión	Generar estrategias para cumplir plan de producción y calidad del mineral al cliente.
	Optimizar los recursos, materiales, y equipos en la mina.
	Cumplir con los estándares de excelencia operacional requeridos.
Costos	Optimización de recursos y capacidades previstas.
	Administrar y controlar el presupuesto de Perforación y Tronadura.
	Evaluación de contratista en compra de insumos, personal e innovaciones.
Procedimientos	Verificación del cumplimiento de normativa medioambiental.
	Revisar procedimientos e instructivos de trabajo y seguridad en la operación.
	Administrar y coordinar contrato con Orica.

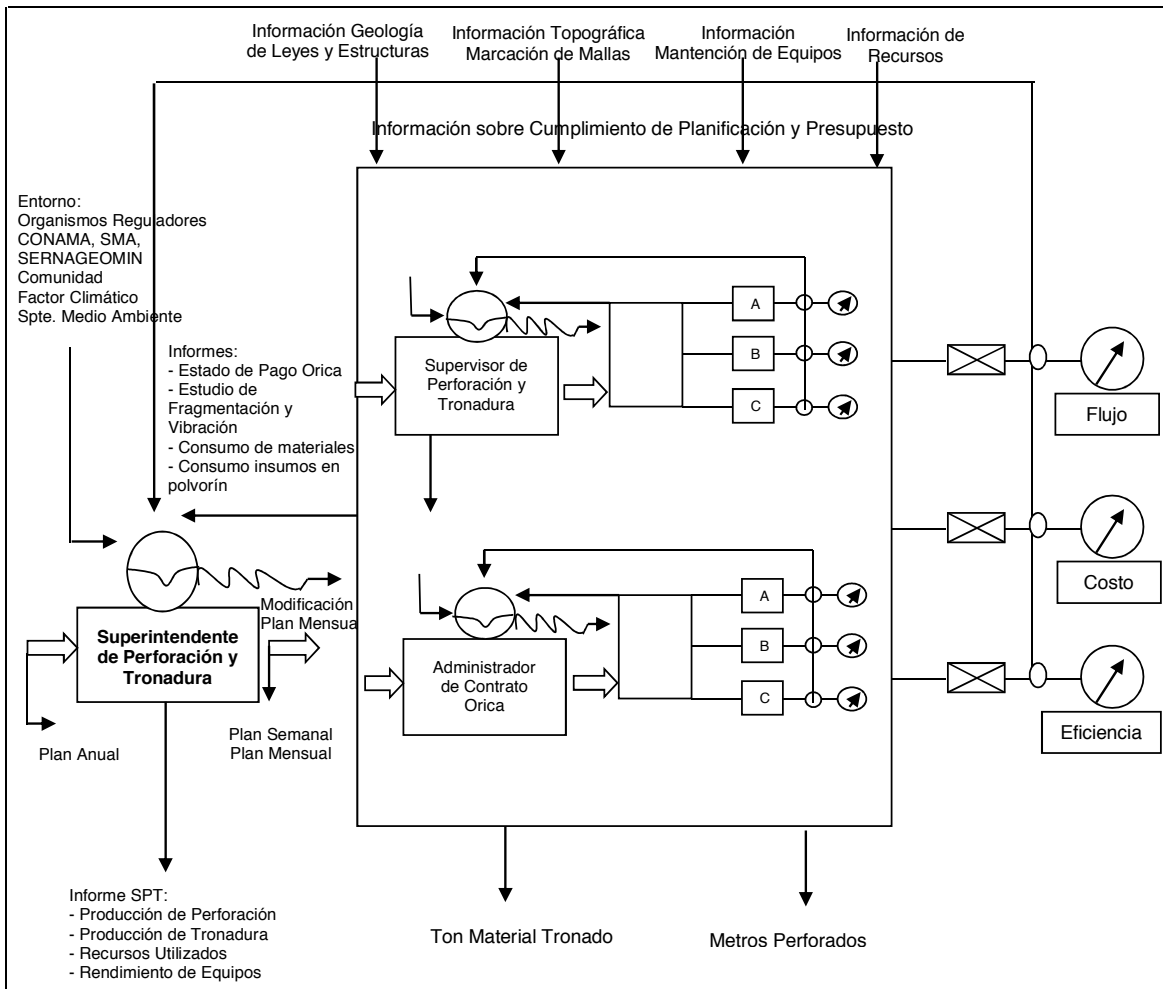
Fuente: Elaboración Propia.

4.3.2.2 Análisis Modular de Sistemas: Superintendencia de Perforación y Tronadura

Basado en la Metodología de Análisis Modular de Sistemas, en la siguiente figura 4.5 se presenta la secuencia lógica del AMS de la Superintendencia de Perforación y Tronadura.

Se medirá la labor realizada por el GOM con indicadores, enfocados en el Flujo (Directamente relacionado con cumplimiento de plan), Costos, Eficiencia (relacionado con procedimientos utilizados para cumplir con la labor).

Figura 4.5 Análisis Modular de Sistema Superintendencia P y T



Fuente: Elaboración Propia.

4.3.2.3 Variables Esenciales: Superintendencia de Perforación y Tronadura

Tabla 4.4: Variables Esenciales Superintendencia Perforación y Tronadura

Tipo	Variable	Medición	Frecuencia	Explicación
Flujo	Relación entre la cantidad de metros efectivos de perforación durante el total de horas de operación.	$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Total Metros efectivos per forados}}{\text{Tiempo de Operación}} \text{ [mts/hr]}$	Medición: Semanal Mensual	Corresponde a la cantidad de metros efectivos perforados semanal y mensual por los equipos de perforación durante las horas de operación de un periodo determinado. Con este indicador se pretende medir y controlar el rendimiento de la cantidad de metros perforados por hora de operación, la meta es perforar la mayor cantidad de metros en el menor tiempo posible.
	Relación entre la cantidad consumida de explosivos y las toneladas minadas.	$\text{Factor de Carga} = \frac{\text{Kilogramos de Explosivos}}{\text{Toneladas Minadas}} \text{ [Kg/Ton]}$	Medición: Diaria Mensual	Corresponde a la cantidad de explosivos consumidos en cierto periodo en relación al total de toneladas de material minado. Con este indicador se pretende determinar el consumo de explosivos por una tonelada minada, debe ser menor o igual a lo programado.
Costo	Relación del costo total real del área de perforación y el costo presupuestado.	$\text{Efectividad Presupuesto} = \frac{\text{Costo Real Perforación}}{\text{Costo Presupuestado}} \times 100$	Medición: Mensual Trimestral Anual	Corresponde a todos los costos realizados por el área de perforación en sus labores de producción y comparados con los costos presupuestados. Con este indicador se pretende medir la relación existente entre los costos reales y los costos presupuestados; si el porcentaje es mayor a 100% se gastó más de lo presupuestado.

	Relación del costo total real del área de tronadura y el costo presupuestado.	$\text{Efectividad Presupuesto} = \frac{\text{Costo Real Tronadura}}{\text{Costo Presupuestado}} \times 100$	Medición: Mensual Trimestral Anual	Corresponde a todos los costos realizados por el área de tronadura en sus labores de producción y comparados con los costos presupuestados. Con este indicador se pretende medir la relación existente entre los costos reales y los costos presupuestados; si el porcentaje es mayor a 100% se gastó más de lo presupuestado.
Eficiencia	Relación porcentual de la utilización de los equipos perforación entre lo real y lo estimado.	$\% = \frac{\text{Utilización Real}}{\text{Utilización Estimada}} \times 100$ $\text{Utilización } \% = \frac{\text{Tpo Cronológico Mes} - \text{Tiempo de Detención}}{\text{Tpo Cronológico Mes} - \text{Tiempo de Mantenimiento}} \times 100$	Medición: Diaria Mensual	Corresponde a la relación porcentual entre la utilización real y la estimada de los equipos de perforación. Con este indicador se puede medir en porcentaje el cumplimiento de la operación en la utilización de los equipos en el tiempo establecido, el porcentaje óptimo debe ser mayor a 100.
	Relación de tiempo entre el número de incidentes y horas totales de operación.	$\text{Incidentes} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de Incidentes en el Periodo}}{\text{Tiempo de Operación}}$	Medición: Mensual	Corresponde a cuantificar la cantidad de incidentes en un periodo de tiempo de la operación. Con este indicador se puede medir el número de incidentes por horas en operación, este valor bajo condiciones ideales debe tender a cero.

Fuente: Elaboración Propia.

4.3.3 Desarrollo de AMS: Superintendencia de Operaciones Mina (SOM)

4.3.3.1 Objetivos a Medir: Superintendencia de Operaciones Mina

Basado en el análisis de la figura 4.3 de la Secuencia Lógica del AMS, los objetivos a medir en el cargo de Superintendente de Operaciones Mina, con la metodología de control que se propone, están enfocados en Misión, Costos y Procedimientos involucrados en el cargo, los cuales están especificados en la siguiente tabla 4.5.

Tabla 4.5: Secuencia Lógica de AMS Superintendencia Operaciones Mina

Misión	Generar estrategias para cumplir plan de producción y calidad del mineral al cliente.
	Optimizar los recursos, materiales, y equipos en la mina.
	Cumplir con los estándares de excelencia operacional requeridos.
Costos	Optimización de recursos y capacidades previstas.
	Administrar y controlar el presupuesto de Carguío y Transporte.
	Evaluación de costos en aumento de la producción.
Procedimientos	Verificación del cumplimiento de normativa medioambiental.
	Revisar procedimientos e instructivos de trabajo y seguridad en la operación.
	Seguimiento de los procedimientos de calidad.

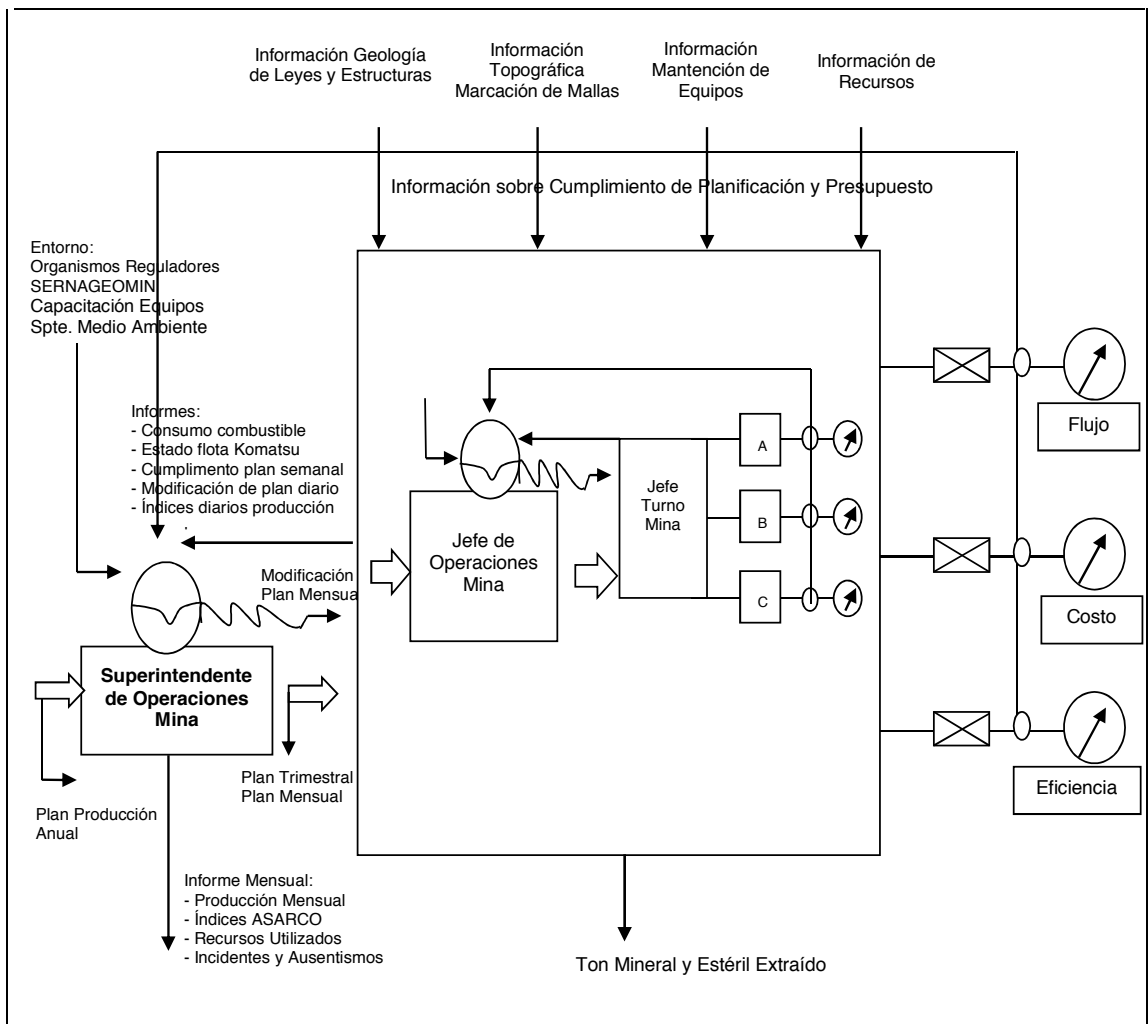
Fuente: Elaboración Propia.

4.3.3.2 Análisis Modular de Sistemas: Superintendencia de Operaciones Mina

Basado en la Metodología de Análisis Modular de Sistemas, en la siguiente figura 4.6 se presenta la secuencia lógica del AMS de la Superintendencia de Operaciones Mina.

Se medirá la labor realizada por el SOM con indicadores, enfocados en el Flujo (Directamente relacionado con cumplimiento de plan), Costos, Eficiencia (relacionado con procedimientos utilizados para cumplir con la labor), tabla 4.6.

Figura 4.6: Análisis Modular de Sistema Superintendencia Operaciones Mina



Fuente: Elaboración Propia.

4.3.3.3 Variables Esenciales: Superintendencia de Operaciones Mina

Tabla 4.6: Variables Esenciales Superintendencia Operaciones Mina

Tipo	Variable	Medición	Frecuencia	Explicación
Flujo	Relación entre la cantidad de toneladas cargadas por flota durante las horas de operación.	$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Total de Toneladas Cargadas}}{\text{Tiempo de Operación}} \text{ [Ton/hr]}$	Medición: Mensual	Corresponde a la cantidad de toneladas cargadas semanal y mensual por los equipos de carguío durante las horas de operación de un periodo determinado. Con este indicador se pretende medir y controlar el rendimiento de las toneladas cargadas por hora de operación, la meta es cargar la mayor cantidad de toneladas en el menor tiempo posible.
Flujo	Relación entre la cantidad de toneladas movidas por flota durante las horas de operación.	$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Total de Toneladas Movidas}}{\text{Tiempo de Operación}} \text{ [Ton/hr]}$	Medición: Mensual	Corresponde a la cantidad de toneladas movidas semanal y mensual por los equipos de transporte durante las horas de operación. Con este indicador se pretende medir y controlar el rendimiento de las toneladas movidas por hora de operación, la meta es mover la mayor cantidad de toneladas en el menor tiempo posible.
Costo	Relación del costo total real del área de carguío y el costo presupuestado.	$\text{Efectividad Presupuesto} = \frac{\text{Costo Real Carguío}}{\text{Costo Presupuestado}} \times 100$	Medición: Mensual Trimestral Anual	Corresponde a todos los costos realizados por el área de perforación en sus labores de producción y comparados con los costos presupuestados. Con este indicador se pretende medir la relación existente entre los costos reales y los costos presupuestados; si el porcentaje es mayor a 100% se gastó más de lo presupuestado.

	Relación del costo total real del área de transporte y el costo presupuestado.	$Efectividad\ Presupuesto = \frac{Costo\ Real\ Transporte}{Costo\ Presupuestado} \times 100$	Medición: Mensual Trimestral Anual	Corresponde a todos los costos realizados por el área de tronadura en sus labores de producción y comparados con los costos presupuestados. Con este indicador se pretende medir la relación existente entre los costos reales y los costos presupuestados; si el porcentaje es mayor a 100% se gastó más de lo presupuestado.
Eficiencia	Relación porcentual de la utilización de los equipos de carguío, transporte y apoyo entre lo real y lo estimado.	$\% = \frac{Utilización\ Real}{Utilización\ Estimada} \times 100$ $Utilización\ \% = \frac{Tpo\ Cronológico\ Mes - Tiempo\ de\ Detención}{Tpo\ Cronológico\ Mes - Tiempo\ de\ Mantenimiento} \times 100$	Medición: Diaria Mensual	Corresponde a la relación porcentual entre la utilización real y la estimada de los equipos de operaciones mina. Con este indicador se puede medir en porcentaje el cumplimiento de la operación en la utilización de los equipos en el tiempo establecido, el porcentaje óptimo debe ser mayor a 100.
	Relación de tiempo entre el número de incidentes y horas totales de operación.	$Incidentes = \frac{N^{\circ}\ de\ Incidentes\ en\ el\ Periodo}{Tiempo\ de\ Operación}$	Medición: Mensual	Corresponde a cuantificar la cantidad de incidentes en un periodo de tiempo de la operación. Con este indicador se puede medir el número de incidentes por horas en operación, este valor bajo condiciones ideales debe tender a cero.

Fuente: Elaboración Propia.

4.3.4 Desarrollo de AMS: Departamento de Mantenimiento Mina (DMM)

4.3.4.1 Objetivos a Medir: Departamento de Mantenimiento Mina

Basado en el análisis de la figura 4.3 de la Secuencia Lógica del AMS, los objetivos a medir en el cargo de Jefe de Departamento de Mantenimiento Mina, con la metodología de control que se propone, están enfocados en Misión, Costos y Procedimientos involucrados en el cargo, los cuales están especificados en la siguiente tabla 4.7.

Tabla 4.7: Secuencia Lógica de AMS Departamento Mantenimiento Mina

Misión	Diseñar los planes de mantenimiento.
	Coordinar los planes de mantenimiento.
	Velar por el cumplimiento de la mantenimiento y disponibilidad de equipos.
Costos	Administrar y controlar el presupuesto de Mantenimiento Mina.
	Optimización de recursos y capacidades previstas.
	Evaluación de contratista Komatsu en compra de repuestos, personal e innovaciones.
Procedimientos	Revisar procedimientos e instructivos de trabajo y seguridad en la operación.
	Administrar y coordinar contrato con Komatsu.
	Manejo y conocimientos de catálogos de equipos.

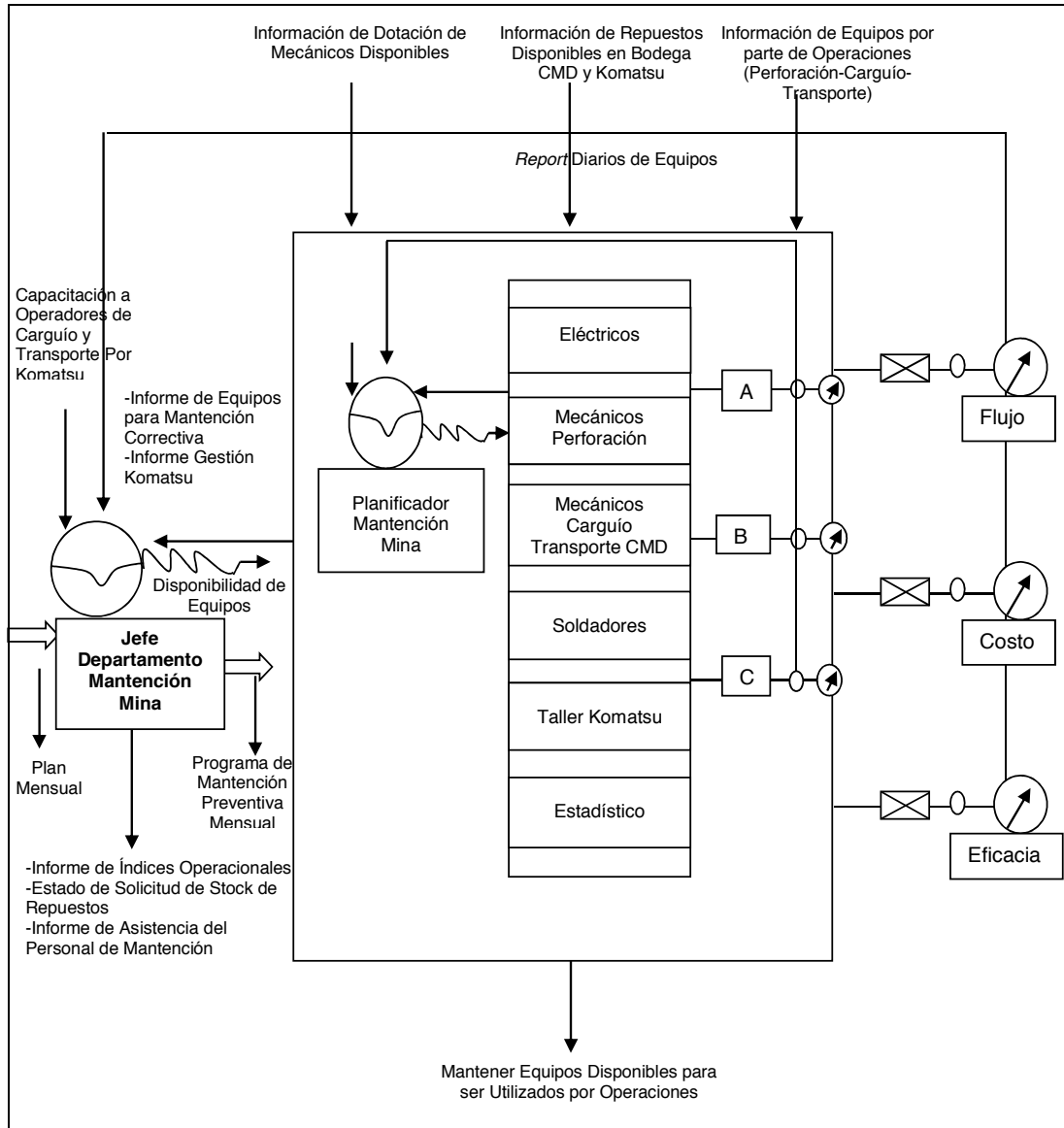
Fuente: Elaboración Propia.

4.3.4.2 Análisis Modular de Sistemas: Departamento de Mantenimiento Mina

Basado en la Metodología de Análisis Modular de Sistemas, en la siguiente figura 4.7 se presenta la secuencia lógica del AMS del Departamento de Mantenimiento Mina.

Se medirá la labor realizada por el SOM con indicadores, enfocados en el Flujo (Directamente relacionado con cumplimiento de plan), Costos, Eficiencia (relacionado con procedimientos utilizados para cumplir con la labor), tabla 4.8.

Figura 4.7: Análisis Modular de Sistema Departamento de Mantenimiento Mina



Fuente: Elaboración Propia.

4.3.4.3 Variables Esenciales: Departamento de Mantenición Mina

Tabla 4.8: Variables Esenciales Departamento de Mantenición Mina

Tipo	Variable	Medición	Frecuencia	Explicación
Flujo	Tiempo promedio para la realización del programa de mantenimiento.	$\bar{T}_{\text{mantención}} = \frac{T1+T2+T3+\dots+Tn}{n}$ <p>Dónde: $T = \text{Tiempo que se realiza una mantención}$ $n = \text{Número de mantenciones realizadas}$</p>	Medición: Semanal Mensual	Corresponde al promedio de tiempo que se demora en la realización de un programa de mantención. Con este indicador se pretende medir el tiempo destinado para la realización del programa, la meta de este indicador es llevar un registro, de modo de ir mejorando y disminuyendo dicho tiempo.
Costo	Relación del costo del área de mantención de equipos mina, entre el costo real y el costo presupuestado.	$\text{Efectividad Presupuesto} = \frac{\text{Costo Real de Mantención}}{\text{Costo Presupuestado Mantención}} \times 100$	Medición: Mensual Trimestral Anual	Corresponde a todos los gastos realizados con mantenciones en cada proceso de operación en el período establecido y comparados con los presupuestados. Con este indicador se pretende medir la relación existente entre los costos reales y los costos presupuestados; si el porcentaje es mayor a 100% se gastó más de lo presupuestado.

Eficiencia	Relación porcentual de la disponibilidad de los equipos entre lo real y lo estimado.	$\text{Eficiencia \%} = \frac{\text{Disponibilidad Real}}{\text{Disponibilidad Estimada}} \times 100$ $\text{Disponibilidad \%} = \frac{\text{Tiempo Cronológico} - \text{Tiempo Mantenimiento}}{\text{Tiempo Cronológico}} \times 100$	Medición: Diario Mensual por equipo	Corresponde a la relación porcentual entre la disponibilidad real y la estimada por los equipos mina por parte de mantenimiento. Con este indicador se puede medir en porcentaje el cumplimiento de la operación de los equipos en el tiempo establecido, el porcentaje óptimo debe ser mayor a 100.
	Tiempo promedio por reparación de equipos.	$\text{TMPR} = \frac{\text{Tiempo Usado para la Reparación}}{\text{Número de Reparaciones}} \text{ [hrs]}$	Medición: Mensual por equipo	Corresponde al promedio de tiempo que se demora en hacer una reparación por tipo de falla. Con este tipo de medición se pretende mejorar el tiempo de reparación de los equipos y como también permitir una mayor eficiencia en la programación.

Fuente: Elaboración Propia.

4.3.5 Desarrollo de AMS: Labores Unitarias de Perforación y Tronadura - “Operadores de Perforación”

4.3.5.1 Objetivos a Medir: Labores Unitarias de Perforación y Tronadura - “Operadores de Perforación”

Basado en el análisis de la figura 4.3 de la Secuencia Lógica del AMS, los objetivos a medir para los Operadores de Perforación, de equipos perforadoras DM-30, DM-45 y Terex-4, con la metodología de control que se propone, están enfocados en Misión, Costos y Procedimientos involucrados en el cargo, los cuales están especificados en la siguiente tabla 4.9.

Tabla 4.9: Secuencia Lógica de AMS Labores Unitarias de PyT “Operadores de Perforación”

Misión	Operar el equipo de perforación correctamente
	Lograr el cumplimiento de la planificación por turno
	Procesar en cantidad y calidad el producto final
Costos	Controlar el buen uso de los equipos de operación
	Optimizar la capacidad de operación de los equipos
	Informar oportunamente anomalías en el proceso
Procedimientos	Manejo y conocimiento de los procedimientos de operación
	Conocimiento y cumplimiento de las norma de seguridad
	Conocimiento de los procedimientos ambientales

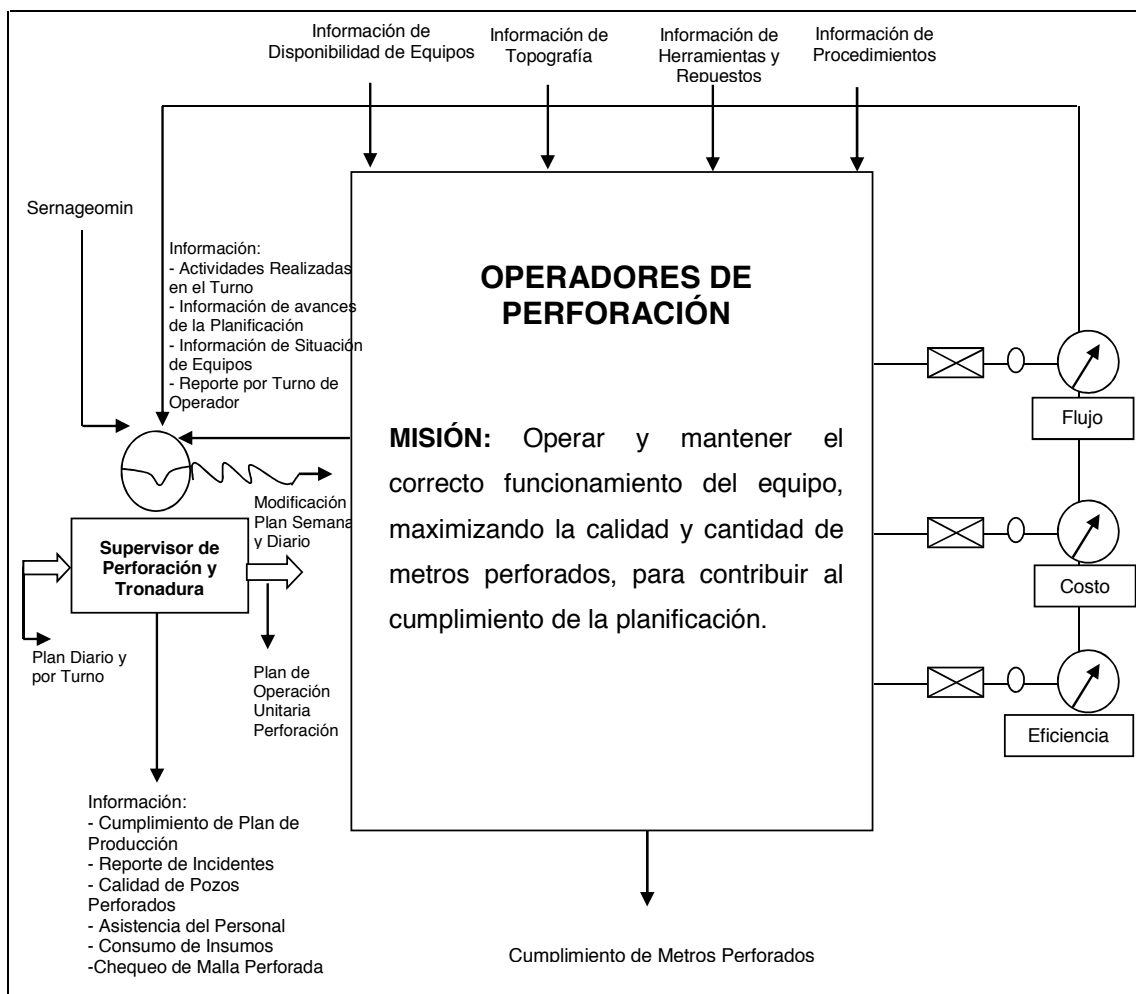
Fuente: Elaboración Propia.

4.3.5.2 Análisis Modular de Sistemas: Labores Unitarias de PyT: “Perforación”

Basado en la Metodología de Análisis Modular de Sistemas, en la siguiente figura 4.8 se presenta la secuencia lógica del AMS de Labores Unitarias de Perforación y Tronadura.

Se medirá la labor realizada por el Supervisor de P y T, enfocados en el Flujo (Directamente relacionado con cumplimiento de plan), Costos, Eficiencia (relacionado con procedimientos utilizados para cumplir con la labor), relacionados con los objetivos a cumplir por el operador de equipos de perforación, tabla 4.10.

Figura 4.8: Análisis Modular de Sistema: Labores Unitarias de PyT: “Operadores de Perforación”



Fuente: Elaboración Propia.

4.3.5.3 Variables Esenciales: Labores Unitarias de Perforación y Tronadura: “Operador de Perforación”

Tabla 4.10: Variables Esenciales Labores Unitarias: Operador de Perforación

Tipo	Variable	Medición	Frecuencia	Explicación
Flujo	Cantidad promedio de metros efectivos perforados por cada equipo de perforación durante las horas de operación.	$\bar{Q}_{Por\ Equipo} = \frac{Q_1+Q_2+Q_3+\dots+Q_n}{n}$ $Q_1 = \frac{Metros\ Efectivos\ Perforados\ por\ Equipo}{Tiempo\ de\ Operación} \quad [m/h]$ $n = \text{Número de Equipos}$	Medición: Por Turno Diaria Semanal Mensual	Corresponde a la cantidad de metros efectivos perforados promedio por equipo durante las horas de operación por turno. Con este indicador se pretenden controlar los metros perforados respecto a la programación diaria, la meta es perforar la mayor cantidad de metros en el menor tiempo, cumpliendo con la planificación, sin provocar daños en personal y equipo.
	Relación de litros de combustible por equipo de perforación durante las horas de operación.	$Rendimiento = \frac{Total\ Consumo\ de\ Combustible}{Total\ Horas\ de\ Operación} \quad [lts/hr]$	Medición: Turno Diario Semanal Mensual	Corresponde al total de consumo de combustible de los equipos de perforación por turno en relación a las horas de operación. Con este indicador se pretende medir y controlar el rendimiento de los equipos referente a litros de combustible por una hora de operación, la meta es consumir la menor cantidad de combustible en el tiempo establecido.
Costo	Relación del costo total de perforación y la cantidad de metros perforados por los equipos.	$C_{metro} = \frac{Costo\ Total\ de\ Perforación}{Total\ Metros\ Efectivos\ Perforados} \quad [US\$/ms]$	Medición: Mensual Trimestral Anual	Corresponde a la relación de costos durante un periodo, respecto al total de metros de perforación. Con este indicador se pretende determinar el costo que se produce al realizar un metro de perforación, la meta es lograr perforar con un costo bajo o igual en comparación a lo programado.

	Relación del costo total de perforación y la cantidad horas de operación de los equipos.	$C_{hora} = \frac{\text{Costo Total de Perforación}}{\text{Total Horas de Operación}} \text{ [US$/hrs]}$	Medición: Mensual Trimestral Anua	Corresponde a la relación de costos durante un periodo, respecto al total de horas de operación de los equipos de perforación. Con este indicador se pretende determinar el costo que se produce al operar una hora el equipo, la meta es lograr operar con un costo bajo o igual en comparación a lo programado.
	Relación de la vida útil de los aceros de equipos de perforación y lo presupuestado.	$\% = \frac{\text{Consumo Aceros de Perforación}}{\text{Consumo Presupuestado Aceros de Perforación}} \times 100$	Medición: Semanal Mensual	Corresponde a la relación del consumo de aceros de perforación entre lo real y lo programado. Este indicador mide la eficiencia en la operación de los equipos y en el cumplimiento de la planificación; el porcentaje debe ser igual o menor que 100% para cumplir el programa.
Eficiencia	Relación del número de pozos perforados y lo planificado.	$\% = \frac{\text{N}^\circ \text{ de Pozos Perforados Reales}}{\text{N}^\circ \text{ de Pozos Perforados Planificados}} \times 100$	Medición: Por Turno Diaria Mensual	Corresponde a la relación porcentual del número de pozos realizados por los equipos de perforación por turno, entre lo real y lo planificado. Este indicador mide la eficiencia en la producción por turno y en el cumplimiento de la planificación; el porcentaje debe ser igual o mayor que 100% para cumplir la planificación diaria.
	Relación porcentual entre las horas hombre de ausentismos y horas totales de operación.	$\% = \frac{\text{Horas Hombre Ausentismo}}{\text{Horas Cronológicas de Operación}} \times 100$	Medición: Mensual	Corresponde a la relación porcentual de las horas hombre ausentismo y las horas hombre trabajadas. Con este indicador se logra medir en porcentaje las horas de ausentismos en relación a las horas trabajadas; el porcentaje debe tender a cero.

Fuente: Elaboración Propia.

4.3.6 Desarrollo de AMS: Labores Unitarias de Perforación y Tronadura - “Carguío y Tronadura”

4.3.6.1 Objetivos a Medir: Labores Unitarias de Perforación y Tronadura - “Carguío y Tronadura”

Basado en el análisis de la figura 4.3 de la Secuencia Lógica del AMS, los objetivos a medir para el Proceso de Tronadura, el cual es realizado por la empresa contratista Orica, con la metodología de control que se propone, están enfocados en Misión, Costos y Procedimientos involucrados en el cargo, los cuales están especificados en la siguiente tabla 4.11.

Tabla 4.11: Secuencia Lógica de AMS Labores Unitarias de PyT “Carguío y Tronadura”

Misión	Generar material con una fragmentación óptima.
	Entregar servicio de carguío y tronadura dentro de lo planificado.
	Mejorar continuamente e innovar para entregar mejor servicio de tronadura.
Costos	Controlar el consumo de explosivos y detonadores.
	Optimización de tiempos de carguío.
	Eficiencia en el desarrollo de las actividades.
Procedimientos	Exigir a Orica responsabilidad económica, operacional y medioambiental.
	Conocimiento y competencias técnicas en terreno.
	Manejo de los procedimientos de operación y ambientales.

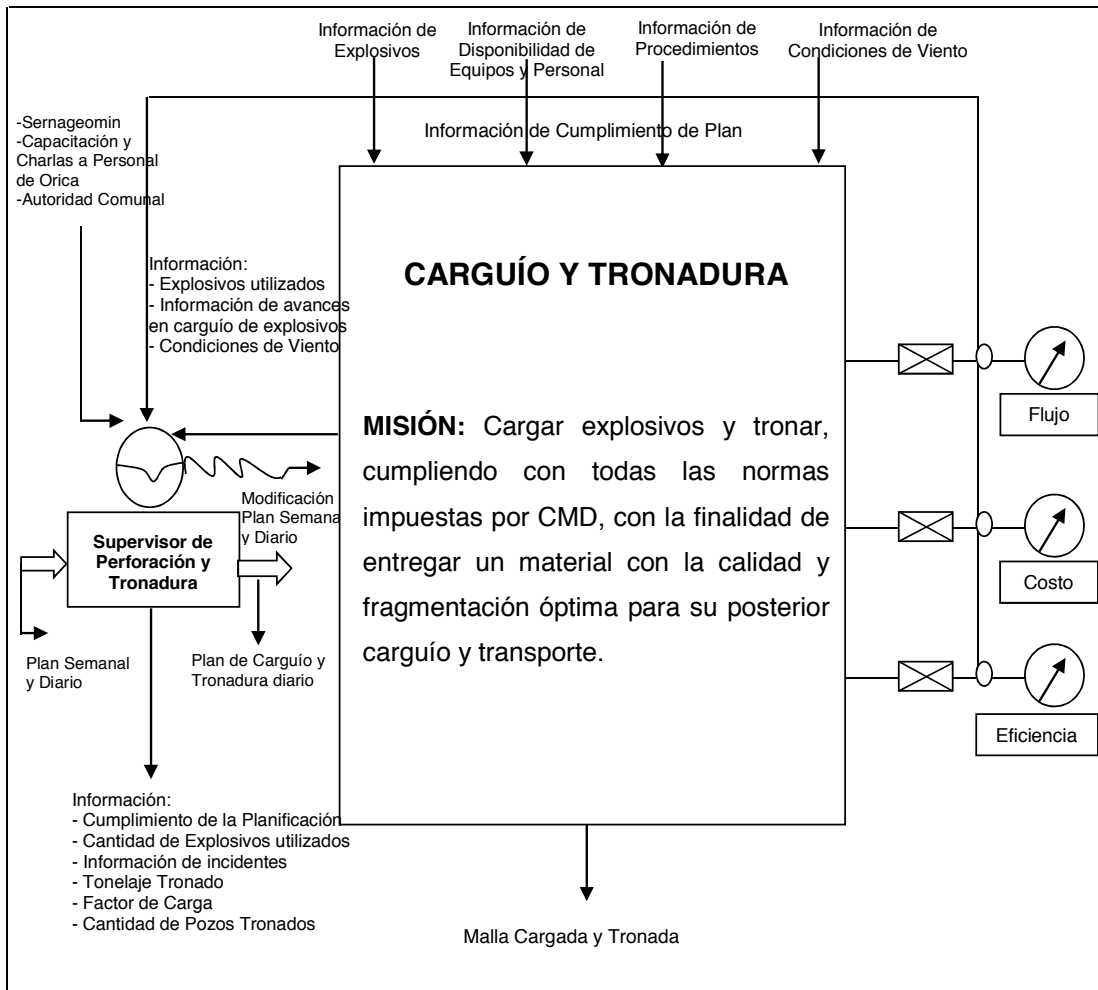
Fuente: Elaboración Propia.

4.3.6.2 Análisis Modular de Sistemas: Labores Unitarias de PyT: “Carguío y Tronadura”

Basado en la Metodología de Análisis Modular de Sistemas, en la siguiente figura 4.9 se presenta la secuencia lógica del AMS de Labores Unitarias de Perforación y Tronadura.

Se medirá la labor realizada por el Supervisor de P y T, enfocados en el Flujo (Directamente relacionado con cumplimiento de plan), Costos, Eficiencia (relacionado con procedimientos utilizados para cumplir con la labor), relacionados con los objetivos a cumplir en el proceso de tronadura.

Figura 4.9: Análisis Modular de Sistema: Labores Unitarias de PyT: “Tronadura”



Fuente: Elaboración Propia.

4.3.6.3 Variables Esenciales: Labores Unitarias de Perforación y Tronadura: “Carguío y Tronadura”

Tabla 4.12: Variables Esenciales Labores Unitarias: Carguío y Tronadura

Tipo	Variable	Medición	Frecuencia	Explicación
Flujo	Cantidad de pozos cargados con explosivos durante las horas de operación.	$\text{Rendimiento} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de Pozos Cargados}}{\text{Tiempo de Operación}} \text{ [pozos/hr]}$	Medición: Por Turno	Corresponde a la cantidad de pozos cargados durante las horas de operación de cada turno. Con este indicador se pretende medir el número de pozos cargados por hora de operación durante un turno, la meta es cargar la mayor cantidad de pozos en el menor tiempo posible.
	Tiempo promedio de tronadura.	$\bar{T}_{\text{Tronadura}} = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + \dots + T_n}{n}$ <p>Donde $T = \text{Tiempo de tronadura}$ $n = \text{Número de Tronaduras}$</p>	Medición: Diaria Semanal Mensual	Corresponde al promedio de tiempo que se demora en la realización de una tronadura. Con este indicador se pretende medir el tiempo destinado para la realización de cada tronadura y controlar los tiempos de evacuación, la meta de este indicador es llevar un registro de las detenciones por tronadura, de modo de ir mejorando y disminuyendo dicho tiempo.
Costo	Relación del costo total de tronadura y el total de toneladas tronadas.	$C_{\text{Ton Minada}} = \frac{\text{Costo Total de Tronadura}}{\text{Total de Toneladas Minadas}} \text{ [US$/Ton]}$	Medición: Mensual	Corresponde a la relación de costos durante un periodo, respecto al total de toneladas minadas. Con este indicador se pretende determinar el costo que se produce por tonelada minada, la meta es lograr tronar con un costo bajo o igual en comparación a lo programado.

Eficiencia	Relación entre la granulometría del material minado y el estandarizado.	$\% = \frac{\text{Granulometría de Mineral por Tronadura}}{\text{Granulometría de Mineral Estandarizada}} \times 100$	Medición: Semanal	Corresponde a la relación porcentual de la granulometría del mineral tronado semanal y la granulometría estandarizada. Con este indicador se logra medir en porcentaje el cumplimiento de la calidad de tronadura y granulometría del mineral; el porcentaje debe ser igual o menor que 100% para cumplir con el estándar de 24 pulgadas.
------------	---	---	----------------------	---

Fuente: Elaboración Propia.

4.3.7 Desarrollo de AMS: Labores Unitarias de Operaciones Mina - “Operadores Equipos de Carguío”

4.3.7.1 Objetivos a Medir: Labores Unitarias de Operaciones Mina - “Operadores Equipos de Carguío”

Basado en el análisis de la figura 4.3 de la Secuencia Lógica del AMS, los objetivos a medir para los Operadores de Equipos de Carguío, con la metodología de control que se propone, están enfocados en Misión, Costos y Procedimientos involucrados en el cargo, los cuales están especificados en la siguiente tabla 4.13.

**Tabla 4.13: Secuencia Lógica de AMS Labores Unitarias de Operaciones Mina
“Operadores Equipos de Carguío”**

Misión	Operar el equipo de carguío correctamente
	Disposición a los requerimientos de la actividad
	Lograr el cumplimiento de la planificación por turno
Costos	Eficiencia en el desarrollo de las actividades
	Informar oportunamente anomalías en el equipo o terreno
	Optimizar la capacidad de operación de los equipos
Procedimientos	Manejo y conocimiento de los procedimientos de operación
	Conocimiento y cumplimiento de las norma de seguridad
	Conocimiento de los procedimientos ambientales

Fuente: Elaboración Propia.

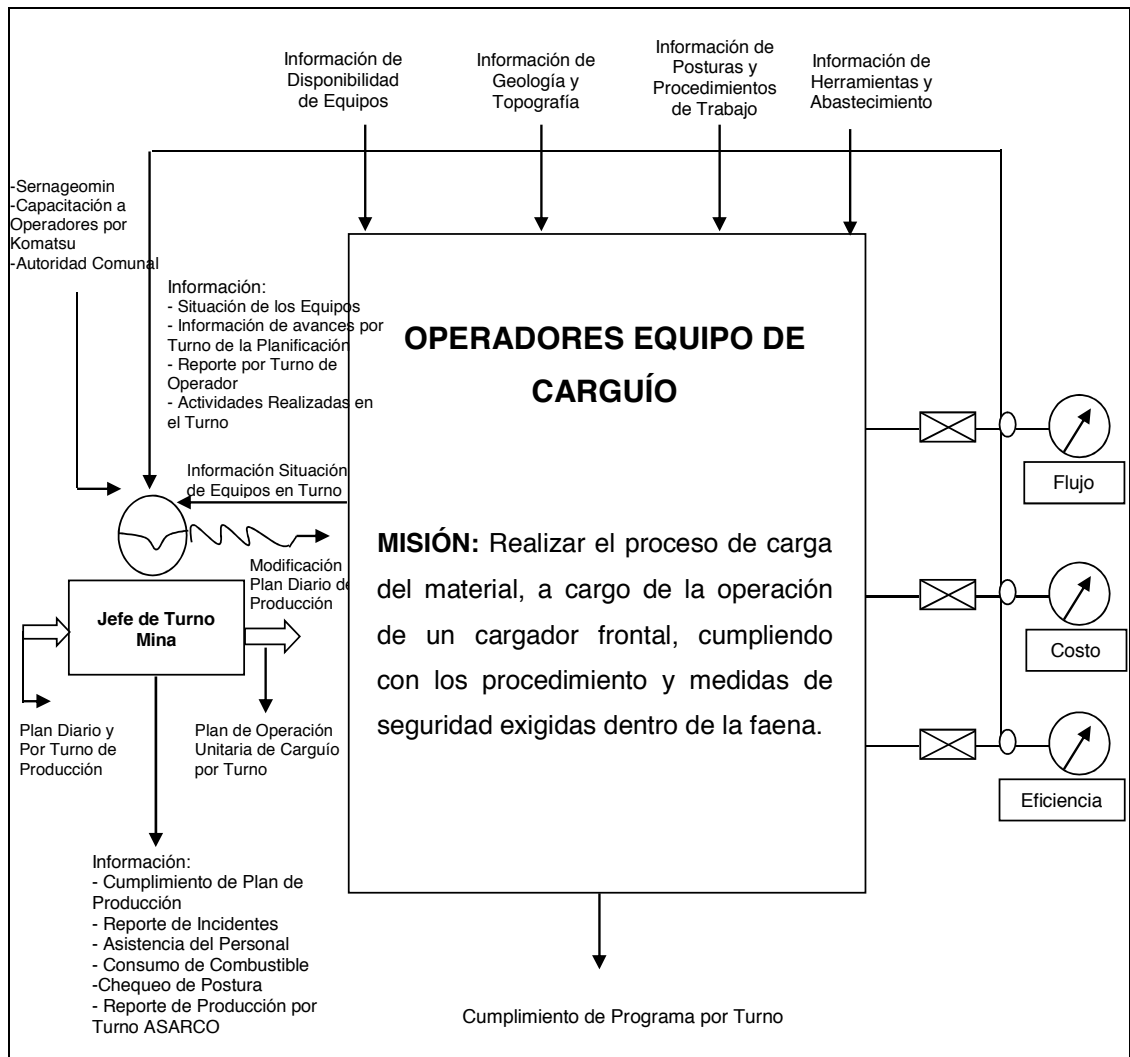
4.3.7.2 Análisis Modular de Sistemas: Labores Unitarias de Operaciones Mina: “Equipos de Carguío”

Basado en la Metodología de Análisis Modular de Sistemas, en la siguiente figura 4.10 se presenta la secuencia lógica del AMS de Labores Unitarias de Operaciones Mina.

Se medirá la labor realizada por los Operadores de Equipos de Carguío con indicadores, enfocados en el Flujo (Directamente relacionado con cumplimiento de plan),

Costos, Eficiencia (relacionado con procedimientos utilizados para cumplir con la labor), tabla 4.14.

Figura 4.10: Análisis Modular de Sistema: Labores Unitarias de Operaciones Mina: “Operadores Equipos de Carguío”



Fuente: Elaboración Propia.

4.3.7.3 Variables Esenciales: Labores Unitarias de Operaciones Mina: “Operadores Equipos de Carguío”

Tabla 4.14: Variables Esenciales Labores Unitarias: Operadores Equipos Carguío

Tipo	Variable	Medición	Frecuencia	Explicación
Flujo	Cantidad promedio de toneladas cargadas por cada equipo de carguío durante las horas de operación, en los diferentes rajes.	$\bar{Q}_{Por\ Equipo} = \frac{Q1+Q2+Q3+\dots+Qn}{n}$ $Q1 = \frac{\text{Toneladas Cargadas por Equipo}}{\text{Tiempo de Operación}} \text{ [ton/hr]}$ $n = \text{Número de Equipos}$	Medición: Por Turno Diaria	Corresponde a la cantidad de toneladas cargadas promedio por equipo durante las horas de operación por turno en cada rajo. Con este indicador se pretenden controlar las toneladas cargadas respecto a una hora de operación dependiendo de cada rajo, la meta es cargar la mayor cantidad de toneladas en el menor tiempo, cumpliendo con la planificación, y ayudar en la realización de esta si es necesario, sin provocar daños en el equipo.
	Relación de litros de combustible por equipo de carguío durante las horas de operación.	$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Total Consumo de Combustible}}{\text{Total Horas de Operación}} \text{ [ts/hr]}$	Medición: Turno Diario Semanal	Corresponde al total de consumo de combustible de los equipos de carguío por turno en relación a las horas de operación. Con este indicador se pretende medir y controlar el rendimiento de los equipos referente a litros de combustible por una hora de operación, la meta es consumir la menor cantidad de combustible en el tiempo establecido.

	Relación del costo total de carguío y la cantidad de toneladas cargadas por los equipos.	$C_{\text{Ton Cargada}} = \frac{\text{Costo Total de Carguío}}{\text{Toneladas de Material Cargado}} \text{ [USSTon]}$	Medición: Mensual	Corresponde a la relación de costos durante un periodo, respecto al total de toneladas cargadas. Con este indicador se pretende determinar el costo que se produce por tonelada cargada por equipos de carguío, la meta es lograr extraer el material con un costo bajo o igual en comparación a lo programado
Costo	Relación del costo total de carguío y la cantidad horas de operación de los equipos.	$C_{\text{hora}} = \frac{\text{Costo Total de Carguío}}{\text{Total Horas de Operación}} \text{ [US$/hrs]}$	Medición: Mensual	Corresponde a la relación de costos durante un periodo, respecto al total de horas de operación de los equipos de carguío. Con este indicador se pretende determinar el costo que se produce al operar una hora el equipo, la meta es lograr operar con un costo bajo o igual en comparación a lo programado.
Eficiencia	Relación de la vida útil de los neumáticos de los equipos de carguío y lo presupuestado.	$\% = \frac{\text{Consumo Neumáticos en Equipos de Carguío}}{\text{Consumo Presupuestado Consumo de Neumáticos}} \times 100$	Medición: Semanal Mensual	Corresponde a la relación del consumo de neumáticos entre lo real y lo programado. Este indicador mide la eficiencia en la operación de los equipos y en el cumplimiento de la planificación; el porcentaje debe ser igual o menor que 100% para cumplir el programa.
	Relación porcentual entre las horas hombre de ausentismos y horas totales de operación.	$\% = \frac{\text{Horas Hombre Ausentismo}}{\text{Horas Cronológicas de Operación}} \times 100$	Medición: Mensual	Corresponde a la relación porcentual de las horas hombre ausentismo y las horas hombre trabajadas. Con este indicador se logra medir en porcentaje las horas de ausentismos en relación a las horas trabajadas; el porcentaje debe tender a cero.

Fuente: Elaboración Propia.

4.3.8 Desarrollo de AMS: Labores Unitarias de Operaciones Mina - “Operadores Equipos de Transporte”

4.3.8.1 Objetivos a Medir: Labores Unitarias de Operaciones Mina - “Operadores Equipos de Transporte”

Basado en el análisis de la figura 4.3 de la Secuencia Lógica del AMS, los objetivos a medir para los Operadores de Equipos de Transporte, con la metodología de control que se propone, están enfocados en Misión, Costos y Procedimientos involucrados en el cargo, los cuales están especificados en la siguiente tabla 4.15.

**Tabla 4.15: Secuencia Lógica de AMS Labores Unitarias de Operaciones Mina
“Operadores Equipos de Transporte”**

Misión	Operar el equipo de transporte correctamente
	Disposición a los requerimientos de la actividad
	Lograr el cumplimiento de la planificación por turno
Costos	Eficiencia en el desarrollo de las actividades
	Informar oportunamente anomalías en el equipo o terreno
	Optimizar la capacidad de operación de los equipos
Procedimientos	Manejo y conocimiento de los procedimientos de operación
	Conocimiento y cumplimiento de las norma de seguridad
	Conocimiento de los procedimientos ambientales

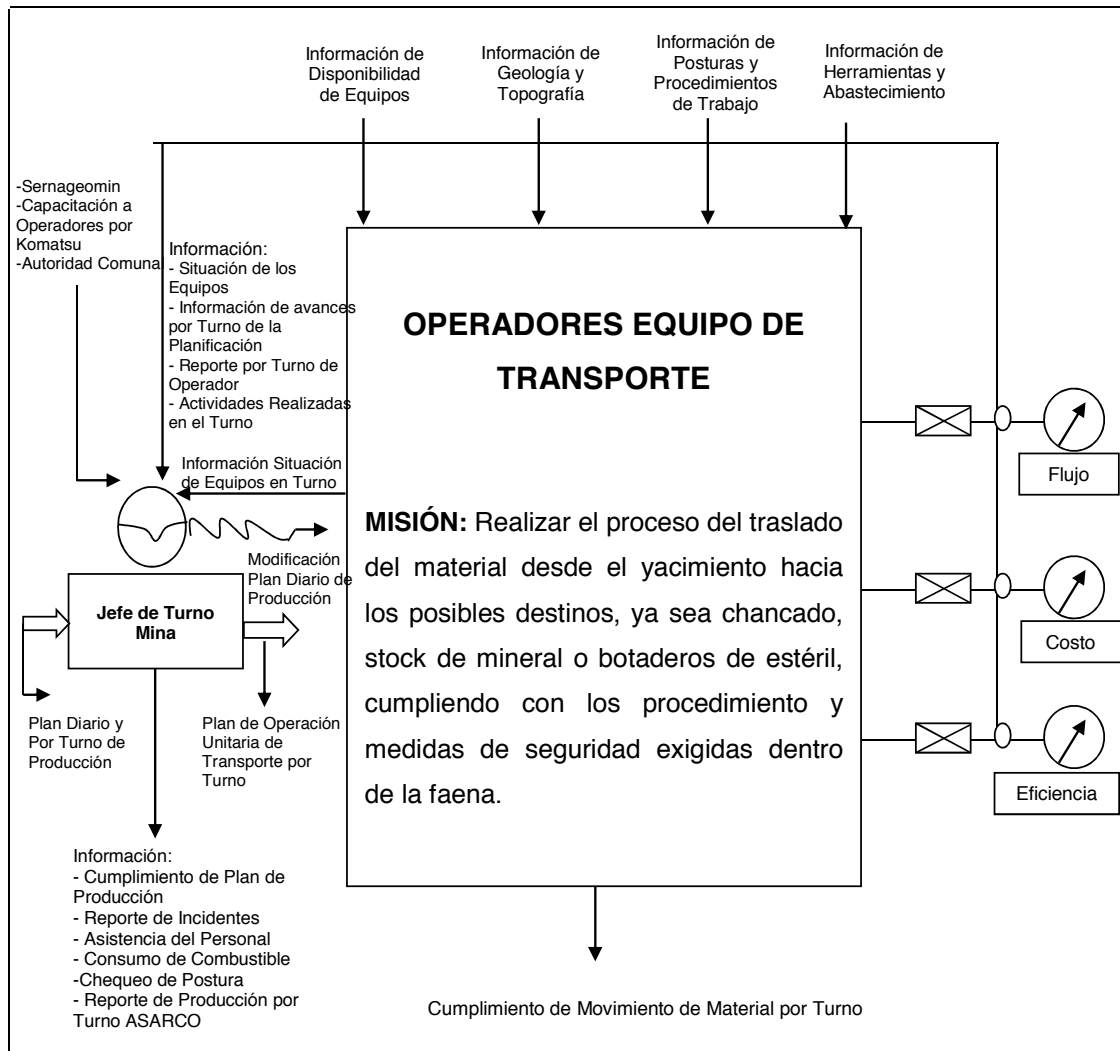
Fuente: Elaboración Propia.

4.3.8.2 Análisis Modular de Sistemas: Labores Unitarias de Operaciones Mina: “Equipos de Transporte”

Basado en la Metodología de Análisis Modular de Sistemas, en la siguiente figura 4.11 se presenta la secuencia lógica del AMS de Labores Unitarias de Operaciones Mina.

Se medirá la labor realizada por los Operadores de Equipos de Transporte con indicadores, enfocados en el Flujo (Directamente relacionado con cumplimiento de plan), Costos, Eficiencia (relacionado con procedimientos utilizados para cumplir con la labor).

Figura 4.11: Análisis Modular de Sistema: Labores Unitarias de Operaciones Mina: “Operadores Equipos de Transporte”



Fuente: Elaboración Propia.

4.3.8.3 Variables Esenciales: Labores Unitarias de Operaciones Mina: “Operadores Equipos de Transporte”

Tabla 4.16: Variables Esenciales Labores Unitarias: Operadores Equipos Transporte

Tipo	Variable	Medición	Frecuencia	Explicación
Flujo	Cantidad promedio de toneladas movidas por cada equipo de transporte durante las horas de operación, en los diferentes rajos.	$\bar{Q}_{Por\ Equipo} = \frac{Q_1+Q_2+Q_3+\dots+Q_n}{n}$ $Q_1 = \frac{Toneladas\ Movidas\ por\ Equipo}{Tiempo\ de\ Operación} \quad [ton/hr]$ $n = \text{Número de Equipos}$	Medición: Por Turno Diaria	Corresponde a la cantidad de toneladas movidas promedio por equipo durante las horas de operación por turno en cada rajo. Con este indicador se pretenden controlar las toneladas movidas respecto a una hora de operación dependiendo de la distancia de cada rajo, la meta es mover la mayor cantidad de toneladas en el menor tiempo, cumpliendo con la planificación, y ayudar en la realización de este si es necesario, sin provocar daños en el equipo.
	Relación de litros de combustible por equipo de transporte durante las horas de operación.	$Rendimiento = \frac{Total\ Consumo\ de\ Combustible}{Total\ Horas\ de\ Operación} \quad [lts/hr]$	Medición: Turno Diario Semanal	Corresponde al total de consumo de combustible de los equipos de transporte por turno en relación a las horas de operación. Con este indicador se pretende medir y controlar el rendimiento de los equipos referente a litros de combustible por una hora de operación, la meta es consumir la menor cantidad de combustible en el tiempo establecido.
Costo	Relación del costo total de transporte y la cantidad de toneladas movidas por los equipos.	$C_{Ton\ Movida} = \frac{Costo\ Total\ de\ Transporte}{Toneladas\ de\ Material\ Movido} \quad [US\$Ton]$	Medición: Mensual	Corresponde a la relación de costos durante un periodo, respecto al total de toneladas movidas. Con este indicador se pretende determinar el costo que se produce por tonelada movida por equipos de transporte, la meta es lograr trasladar el material con un costo bajo o igual en comparación a lo programado

	Relación del costo total de transporte y la cantidad horas de operación de los equipos.	$C_{hora} = \frac{\text{Costo Total de Transporte}}{\text{Total Horas de Operación}} \text{ [US$/hrs]}$	Medición: Mensual	Corresponde a la relación de costos durante un periodo, respecto al total de horas de operación de los equipos de transporte. Con este indicador se pretende determinar el costo que se produce al operar una hora el equipo, la meta es lograr operar con un costo bajo o igual en comparación a lo programado.
	Relación de la vida útil de los neumáticos de los equipos de transporte y lo presupuestado.	$\% = \frac{\text{Consumo Neumáticos en Equipos de Transporte}}{\text{Consumo Presupuestado Consumo de Neumáticos}} \times 100$	Medición: Semanal Mensual	Corresponde a la relación del consumo de neumáticos entre lo real y lo programado. Este indicador mide la eficiencia en la operación de los equipos y en el cumplimiento de la planificación; el porcentaje debe ser igual o menor que 100% para cumplir el programa.
Eficiencia	Relación de toneladas movidas por turno y lo programado.	$\% = \frac{\text{Toneladas Movidas por Turno}}{\text{Toneladas Programadas por Turno}} \times 100$	Medición: Por Turno Diaria	Corresponde a la relación porcentual del total de tonelaje de material movido por los equipos de transporte por turno, entre lo real y lo programado. Este indicador mide la eficiencia en la producción por turno y en el cumplimiento de la programación; el porcentaje debe ser igual o mayor que 100% para cumplir la planificación diaria.
	Relación porcentual entre las horas hombre de ausentismos y horas totales de operación.	$\% = \frac{\text{Horas Hombre Ausentismo}}{\text{Horas Cronológicas de Operación}} \times 100$	Medición: Mensual	Corresponde a la relación porcentual de las horas hombre ausentismo y las horas hombre trabajadas. Con este indicador se logra medir en porcentaje las horas de ausentismos en relación a las horas trabajadas; el porcentaje debe tender a cero.

Fuente: Elaboración Propia.

Capítulo 5: Conclusiones y Recomendaciones

A modo de conclusión, el aporte de este trabajo para la Gerencia de Operaciones Mina, permitirá alinear los objetivos de las respectivas áreas operacionales que conforman esta gerencia (las cuales trabajan en conjunto con las áreas de ingeniería, topografía y geología), con un solo objetivo en común, el cual es satisfacer al cliente, en este caso la planta de chancado, y así lograr el cumplimiento del objetivo final de la compañía, el cual es la producción de onzas de oro. En la medida que se logre sensibilizar a las unidades y centro operativos del objetivo final del negocio, la mina permitirá alcanzar los estándares de calidad, disminuyendo la criticidad o consecuencia operacional de sus procesos.

Dentro del análisis de los procesos que apoyan a la Gerencia de Operaciones Mina, como es topografía, ingeniería y geología, se puede concluir lo siguiente:

- Topografía, para el éxito de esta área debe ser fundamental la coordinación y distribución de los recursos con los que cuenta, ya que presta servicios tanto a mina como a la planta, teniendo como prioridad la mina. Esta área trabaja y está en comunicación directamente con el Supervisor de Perforación y Tronadura, Jefe de Operaciones Mina y Jefe de Turno, ya que estos tiene la facultad de entregar las áreas para que topografía realice la marcación de pozos.
- Para el caso de Ingeniería, su labor fundamental es entregar la coordinación de las secuencias de explotación mina, ya que con ellas generan los planes de producción. Esta área trabaja en conjunto con topografía y geología, ya que debe existir el flujo de información referente a las zonas mineralizadas a explotar y las cuales deben ser marcadas por topografía.
- Geología trabaja directamente con ingeniería, ya que es el área que entrega los modelos de bloques y diariamente deben entregar la información de leyes de los pozos perforados para determinar si existe una desviación del plan mensual y semanal.

En tanto, los factores más relevantes que inciden en el comportamiento de las labores pertenecientes a la Gerencia de Operaciones Mina, y que deben estar en consideración para el cumplimiento de la planificación son las siguientes:

Perforación:

- Se desprende que la dureza de la roca es el principal factor que afecta el diseño y desempeño operacional de este proceso. Las características de la roca permiten modificar el comportamiento de las capacidades de los equipos, influyendo en el consumo de combustible.
- Los patios de perforación deben ser entregados en las fechas que dice el plan semanal, ya que si existe un retraso de entrega del área solicitada, implica un incumplimiento del plan, generando retrasos en las secuencias posteriores.
- Los tiempos destinados al abastecimiento de agua y petróleo, son fundamentales en el resultados de metros perforados por día, ya que antes los operadores esperaban a quedar sin estos recursos y perdían hasta 1 hora, por lo que se realizó una oportunidad de mejora sensibilizando a los operadores a aprovechar los recursos y disminuir los tiempo de detención de los equipos.
- Supervisor de PyT es quien debe generar un control de la calidad de la perforación, registrando cuanto tiempo se está perdiendo en repasar pozos cortos o tapados.

Tronadura:

- Para este proceso se infiere que el modelo de fragmentación se adapta al consumo de explosivos, ya que uno de los objetivos es lograr los niveles granulométricos deseados con la finalidad de optimizar el uso de energía de los procesos conminutivos posteriores a la tronadura.
- El factor climático es relevante en este proceso, ya que al estar CMD inserta en la comuna de Andacollo, está obligado a respetar el procedimiento de vientos estipulado por la superintendencia de medio ambiente, en donde una tronadura que se retrase por viento afecta directamente en el cumplimiento del plan maestro, ya que al perder la oportunidad de tronadura, planta no será abastecido.
- Los tiempos de evacuación por tronadura deben ser mínimos, ya que provocan la detención de los procesos productivos mina, y en donde también afecta la continuidad de operaciones planta, ya que al realizarse las tronaduras en rajo Tres Perlas Fase 6, el personal de planta también deben evacuar el área.

Carguío:

- En el caso del carguío, la infraestructura de la faena es uno de los factores más relevantes a la hora de definir el comportamiento de este proceso ya que la densidad de la roca y la granulometría definen el factor de carga que incide en el rendimiento de esta operación, ya que en condiciones de fragmentación óptima el equipo no debiese demorar más de 3 minutos en cargar un camión; como también afecta el consumo de combustible.

Transporte:

- En este proceso al igual que el anterior, la infraestructura de la faena es uno de los factores más relevantes a la hora de definir el comportamiento de este proceso ya que su rendimiento está referido a las condiciones de operación, en las distancias de caminos, rampas, presencia de pendientes, etc., afectando en el consumo de combustible, por lo cual es de suma importancia el mejoramiento constante de las pistas para ayudar en la fluidez de los equipos.

Mantenimiento:

- En el área de Mantenimiento de equipos, debe existir un stock de los repuestos más críticos (neumáticos, filtros, cadenas, baldes, aceros de perforación), ya que al no existir este stock, los equipos deben ser detenidos, generando retrasos y pérdidas de producción que no se consideraban en la planificación.

El modelo de control de gestión utilizado en este estudio AMS, permite alinear los diferentes objetivos particulares de las áreas de Superintendencia de Perforación Tronadura, Superintendencia de Operaciones Mina y el Departamento de Mantenimiento, con el objetivo de la Gerencia de Operaciones Mina, permitiendo orientar los esfuerzos y objetivos particulares en la búsqueda de un conjunto de actividades proactivas, permitiendo alertar en forma oportuna las desviaciones con respecto a los objetivos, con la finalidad de cumplir la planificación de producción mina y entregar una alimentación constante a la planta de chancado.

Durante el análisis y el desarrollo de esta Memoria de Título han surgido algunas recomendaciones tales como:

- ❖ Velar por la calidad de la información contenida en los *Report*, ya que en el análisis realizado en terreno se vio que los trabajadores y operadores de equipos no le toman importancia tanto a los procedimientos como a la información requerida, por lo que estos no reflejan lo que realmente ocurre al interior de la Mina.
- ❖ Realizar evaluaciones y capacitaciones al personal sobre los reportes que ellos deben llenar. En reiteradas ocasiones los reportes no eran llenado de la forma correcta, ya que no sabían cómo completar los documentos, y no solicitaban orientación de su jefatura y preferían dejar incompleta la información.
- ❖ Potenciar las capacidades y conocimientos de los operadores, ya que se vio que la jefatura pone más énfasis a la labor como tal, sin transmitirle a los operadores la responsabilidad e importancia que tiene en el cumplimiento del plan de producción.
- ❖ Transparentar y respaldar la información entregada en todos los niveles, debido a que cada área vela por sus objetivos particulares, y la información al ser diversa facilita las confusiones por parte del personal, no existen responsables de la información entregada.
- ❖ Realizar modificaciones a los *report* existentes, como poder analizar la propuesta de nuevos *report*⁷ planteada en este trabajo, los cuales serían de gran utilidad para el cumplimiento de los objetivos.
- ❖ Mantener una comunicación constante entre las áreas y principalmente entre mina y planta.
- ❖ Para que la implementación de este modelo sea efectiva, se debe contar con un software para que la información sea procesada de manera rápida y así obtener resultados en un corto plazo; si bien no existe algún software para el modelo Mèlèse, existen otros software como SAP para descargar planillas y luego trabajar con tablas dinámicas.

⁷ Ver detalles en Anexo N°2, *ítem II*.

La implementación de esta propuesta es a largo plazo ya que necesita revisar resultados, tomar decisiones, analizar la calidad de la información existente y realizar mediciones de cada uno de los procesos. Una evaluación continua del modelo permitirá mejorar la gestión de los procesos que conforman el área mina en Compañía Minera Dayton.

Referencias Bibliográficas

Referencias Bibliográficas

- a) [Amat03] Amat Ma, Joan *“Control de Gestión, una perspectiva de dirección”* Ediciones Gestión 2000 S.A., 6° Edición, Barcelona 2003.
- b) [Billyard07] Billyard Contreras, Reynaldo Enrique. *“Estrategias Operacionales en el Mediano Plazo Aplicado a Minería a Rajo Abierto”*. Tesis para optar al Título de Ingeniero Civil de Minas, Universidad de Chile, año 2007.
- c) [Cadiz&Farias11] Cádiz Arancibia, Cynthia Romina & Fariás Vergara, Natalia Andrea *“Propuesta de una Metodología de Control para la Gestión, para el área de Ingeniería de Avance del Departamento de Superintendencia Mina, Grupo Minera Las Cenizas”* Tesis para optar al Título de Ingeniero Civil Industrial, Universidad de Valparaíso, año 2011.
- d) [Figuroa08] Figuroa Figuroa, Davis Alexis. *“Diseño de un Modelo de Control de gestión del mantenimiento para las plantas concentradoras de la gerencia plantas. Gerencia de Plantas, División El Teniente-Codelco-Chile”*. Tesis para optar al Título de Ingeniero Civil Industrial, Universidad de Valparaíso, año 2008.
- e) [Gonzalez07] González Wenzel, Jaime Andrés. *“Mejoramiento de Proceso de Control de Gestión en Gerencia Mina en Compañía Cerro Colorado”*. Tesis para optar al grado de Magister en Gestión y Dirección de Empresas, Universidad de Chile, año 2007.
- f) [Jimenez01] Jiménez Bermejo, Patricio. *“Control de Gestión”* Segunda Edición, año 2001.
- g) [Limone98] Limone Aquiles, *“La empresa una red de transformaciones”* Santiago, Chile, Año 1998.
- h) [Mélèse72] Mélèse, Jacques. *“L' Analyse Modulaire des Systemes de Gestión”*, Editions Hommes el Techniques, Año 1972.

- i) [Norton&Kaplan] Norton, David; Kaplan, Robert. *“Cuadro de Mando Integral”*. Gestión 2000, año 2002.
- j) [Vidal09] Vidal Moraga, Fernando Pablo. *“Diseño de un modelo de control de gestión para proyectos de preparación minas Codelco Chile-División El Teniente”* Tesis para optar al Título de Ingeniero Civil Industrial, Universidad de Valparaíso, año 2009.

Referencias Electrónicas

- k) Sernageomin (2012). Anuario de la Minería de Chile 2011. Visitada 15 de Agosto del 2012 http://www.sernageomin.cl/pdf/mineria/estadisticas/anuario/anuario_2011.Pdf
- l) Cochilco (2011). Metales Preciosos: Oro y Plata Mercado Internacional y Minería en Chile. Visitada 15 de Agosto del 2012 http://www.cochilco.cl/productos/pdf/2011/Informe_Metales_Preciosos_Nov_2011.pdf
- m) Seia (2012). Ficha de Proyecto: Proyecto Andacollo Oro-Medidas para el cumplimiento del Plan de Descontaminación de Andacollo. Visitada el 30 de Agosto del 2012 en http://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?id_expediente=7081481&idExpediente=7081481&modo=ficha
- n) http://www.sonami.cl/index.php?option=com_glossary&task=list&glossid=1&letter=All. Visitada 20 de marzo 2015.
- o) <https://www.codelcoeduca.cl/glosario/d.html>. Visitada 20 de marzo 2015.
- p) <http://www.bolsalibre.es/articulos/view/oro-demanda-oferta>. Visitada 29 de marzo 2015.
- q) http://www.generation-alfa.ch/sites/default/files/gold_outlook_hsbc.pdf. Visitada 18 de abril 2015.
- r) <http://loffit.abc.es/2015/02/13/la-demanda-mundial-de-oro-en-2014/182540>. Visitada 18 de abril 2015.
- s) <http://investingnews.com/daily/resource-investing/precious-metals-investing/gold-investing/thomson-reuters-gfms-gold-survey-price-supply-demand/>. Visitada 19 de abril 2015.

- t) <http://www.kitco.com/news/2015-04-14/Gold-To-Average-1170-Hold-Above-1000-In-2015-GFMS.html>. Visitada 19 de abril 2015.
- u) <http://www.consejominero.cl/chile-pais-minero/panorama-economico-de-la-mineria/>. Visitada 21 de mayo 2015.
- v) http://wiki.bizagi.com/es/index.php?title=BPMN#Elementos_de_Modelamiento_BMPN_B.C3.A1sicos. Visitada 22 de mayo 2015.

ANEXO N°1

I. Antecedentes CMD

i. Clima

CMD de Andacollo se ubica en la zona semi-árida de Chile y presenta un clima de estepa templada marginal, con muy pocas precipitaciones alcanzando anualmente entre 50 y 100 mm., que no llegan a formar grandes cursos de agua permanentes, presentándose una transición entre clima mediterráneo desértico y semidesértico. Las temperaturas mínimas en invierno, no bajan de 5°C, y la temperatura máxima en verano oscila entre 25°C y 30°C; existen de moderadas a fuertes diferencias de temperatura entre el día y la noche especialmente en el verano y en ocasiones la neblina de la costa se introduce hacia el interior y cubre grandes áreas del sector.

ii. Flora y Fauna

CMD se ubica en una zona que presenta una vegetación de matorral estepario de interior con presencia de comunidades de cactáceas, arbustivas y plantas xerofíticas adaptadas a la sequedad y altura que caracteriza al sector; en tanto los matorrales se distribuyen entre los roqueríos. Las especies que presentan una mayor abundancia y que dominan el paisaje como especies, son: cacho de cabra, Gatito, Monte Negro, Alcaparra, Varilla Brava, Pacul, Guayacán, Litre, Romero, y Chilca.

La fauna está asociada a la formación de la vegetación que existe en el lugar, y la cual está conformada esencialmente por reptiles como lagartijas, lagarto nítido, iguana chilena, culebra de cola corta; diferentes especies de aves como peuco, turca, picaflor gigante, chercán, diuca; y mamíferos como el zorro chilla, conejo, liebre y ratón lanudo.

iii. Visión

Distinguirse por ser una empresa que trabaja en equipo para lograr la rentabilidad del negocio con calidad de vida para sus trabajadores, respeto y cuidado por el medio ambiente, y comprometidos con la comunidad.

iv. Misión

Lograr la sustentabilidad de la empresa con base en los resultados operacionales, sociales y ambientales. Nuestra prospección, desarrollo y explotación de yacimientos auríferos para obtener oro la haremos con calidad, seguridad y en equipo.

Compañía Minera Dayton llevará a cabo su misión siempre tomando como guía los siguientes valores:

- Seguridad de las Personas
- Cuidar en Medio Ambiente
- Maximizar la Producción
- Minimizar los Gastos

v. Responsabilidad Social Empresarial

Es un compromiso de la empresa hacia sus empleados y las familias de éstos, hacia la sociedad en general y hacia la comunidad en particular, en pos de rentabilizar la inversión y la calidad de vida de su personal y de toda la comunidad.

vi. Política de la Empresa

Compañía Minera Dayton es una empresa que basa su éxito en el cumplimiento de su misión, a través del compromiso de todo su personal. Entonces, es responsabilidad de todos generar y mantener un ambiente de trabajo seguro y sustentable, con el fin de proporcionar una óptima protección de los recursos, asegurando así la integridad física y salud de las personas, minimizando las alteraciones al medio ambiente y materializando el uso óptimo de los recursos disponibles.

II. Estadística Detenciones Planta 2015 CMD

i. Detenciones Planta Primaria Enero a Julio 2015

En la siguiente tabla se puede observar el número de horas por eventos que se produjeron durante los meses de enero a julio del año 2015 en chancado primario. Las detenciones que afectaron en mayor cantidad el bajo tonelaje diario fueron las siguientes:

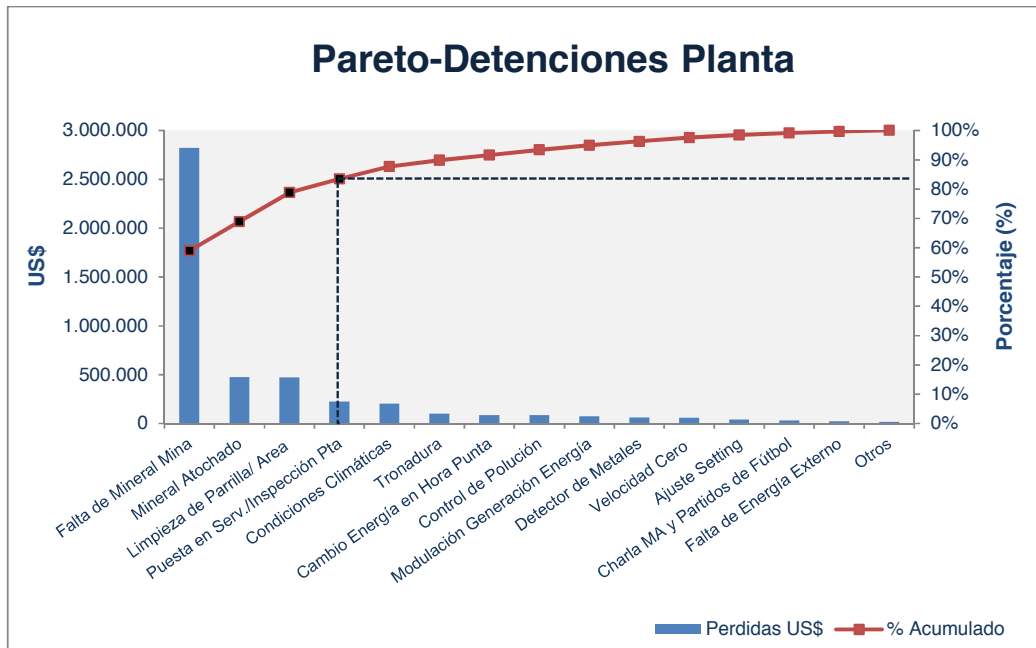
por falta de mineral mina con un total de 1.042 horas en siete meses, seguido por 176,2 horas de mineral atochado en el chancado; 174,6 horas de detenciones por limpieza de parrilla y 82,9 horas por puesta en servicio e inspección de planta.

Al tomar la valoración de pérdidas por hora (2.707 US\$/hr), y considerando el total de horas de detención de planta, se determina las pérdidas de la siguiente manera:

Descripción del Evento / Hrs mes	ene-15	feb-15	mar-15	abr-15	may-15	jun-15	jul-15	Total Horas	Perdidas US\$
Falta de Mineral Mina	141,0	189,2	207,1	142,6	76,7	183,5	101,9	1.042,0	2.820.999
Mineral Atochado	46,3	21,2	11,5	17,8	34,8	21,0	23,6	176,2	477.115
Limpieza de Parrilla/ Área	10,1	14,6	30,0	30,0	28,3	24,3	37,4	174,6	472.784
Puesta en Serv./Inspección Planta	7,4	5,6	8,1	11,9	22,4	10,8	16,7	82,9	224.480
Condiciones Climáticas	1,7		39,8				33,2	74,7	202.145
Tronadura	3,7	3,5	5,3	5,3	5,7	6,5	7,4	37,3	100.937
Cambio Energía en Hora Punta				7,9	8,9	5,2	9,6	31,6	85.460
Control de Polución	7,3			4,5	8,5	11,1		31,3	84.828
Modulación Generación Energía				18,1	6,8		2,9	27,7	74.992
Detector de Metales	5,4	5,6	3,9			3,1	5,1	23,1	62.403
Velocidad Cero	2,9	4,7	6,6	3,6		4,6		22,4	60.508
Ajuste Setting	0,5	2,4	2,8	2,8	3,0	2,4	1,7	15,5	42.008
Charla MA y Partidos de Fútbol						7,7	4,6	12,3	33.209
Falta de Energía Externo		4,5	4,4					9,0	24.230
Otros					6,7			6,7	18.003

Fuente: Elaboración propia en base a información de Estadística Planta.



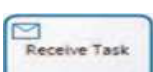
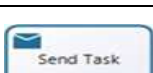
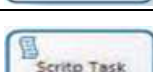







En el siguiente gráfico de Pareto se pueden determinar las mayores pérdidas, las cuales están relacionadas con el proveedor de mineral, en este caso mina, ya que tanto la falta de mineral mina y mineral de atochado en conjunto arrojan una pérdida de US\$ 3.298.114 de un total de US\$ 4.784.102 en 7 meses.



Fuente: Elaboración propia.

III. Principales Elementos BPMN con Bizagi

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	NOTACIÓN
Evento de Inicio Simple	Indica donde se inicia un proceso. No tiene algún comportamiento particular.	
Finalización Simple	Indica que el flujo finaliza.	
Evento Intermedio Simple	Indica que algo sucede en algún lugar entre el inicio y final de un proceso. Afectará el flujo del proceso.	
Evento de Mensaje	Indica que un mensaje puede ser enviado o recibido. Si un proceso está esperando por un mensaje y éste es capturado, el proceso continuará su flujo. El evento que lanza un mensaje se identifica con una figura sombreada; el evento que capta un mensaje se identifica con una figura sin relleno.	Message Throw Message Catch
Tarea	Es una actividad atómica dentro de un flujo de proceso. Se utiliza cuando el trabajo en proceso no puede ser desglosado a un nivel más bajo de detalle.	

Tarea de Usuario	Es una tarea de workflow típica donde una personal ejecuta con la asistencia de una aplicación de software.	
Tarea de Servicio	Es una tarea que utiliza algún tipo de servicio que puede ser Web o una aplicación automatizada.	
Tarea de Recepción	Es una tarea diseñada para esperar la llegada de un mensaje por parte de un participante externo (relativo al proceso).	
Tarea de Script	Es una tarea diseñada para enviar un mensaje a un participante externo (relativo al proceso).	
Tarea de Envío	Es una tarea que se ejecuta por un motor de procesos de negocio. El usuario define un script en un lenguaje que el motor pueda interpretar.	
Tarea Manual	En una tarea que espera ser ejecutada sin asistencia de algún motor de ejecución de procesos de negocio o aplicación.	
Compuerta Exclusiva	De divergencia: Se utiliza para crear caminos alternativos dentro del proceso, pero solo uno se selecciona.	
Pool	Un pool es un contenedor de procesos simples (contiene flujos de secuencia dentro de las actividades). Un proceso está completamente contenido dentro de un pool. Siempre existe por lo menos un pool.	
Lane	Es una sub-partición dentro del proceso. Los lanes se utilizan para diferenciar roles internos, posiciones, departamentos, etc.	
Flujo de Secuencia	Un flujo de secuencia es utilizado para mostrar el orden en el que las actividades se ejecutarán dentro del proceso.	
Asociación	Se utiliza para asociar información y artefactos con objetos de flujo. También se utiliza para mostrar las tareas que compensan una actividad.	
Flujo de Mensaje	Se utiliza para mostrar el flujo de mensajes entre dos entidades que están preparadas para enviarlos y recibirlos.	

ANEXO N°2

I. Índices Operacionales Mina

i. Tiempo Cronológico o Calendario

Para Cía. Minera Dayton, los índices operacionales son indicadores de comportamiento de una flota de equipos con respecto al tiempo, estos índices son utilizados para darnos a conocer las realidades de los equipos en faena, como por ejemplo eficiencia de faena, disponibilidad física, utilización, factor operacional y aprovechamiento. De esta forma se pueden detectar las deficiencias y se pueden buscar alternativas para corregirlas, como también para llevar un control de los equipos de forma cuantitativa.

A continuación se muestra un esquema general de la distribución de los tiempos cronológicos.

TIEMPO CRONOLÓGICO (TCR)			
Horas Hábil (HH)			Horas Inhábil (HIN)
<i>Horas de Operación (HOP)</i>		<i>Horas en Reserva (HRE)</i>	<i>Horas en Mantención y Reparación (HMT)</i>
<i>Horas Efectivas (HEF)</i>	<i>Horas de Pérdidas Operacionales (HPE)</i>		

Fuente: Compañía Minera Dayton.

- a. **Tiempo Cronológico:** Son las horas correspondientes al tiempo calendario natural como días, meses, años, etc.
- b. **Horas Hábil:** Son las horas en que la faena está en actividades productivas y/o en tareas de mantención de sus equipos y/o infraestructura. También se puede definir

como las horas en que la faena está en operación con sus equipos, considerando las horas de los equipos en reserva y las horas en mantención y reparación.

- c. **Horas Inhábil:** Son las horas en que la faena suspende sus actividades productivas y/o mantención de sus elementos y/o infraestructuras por razones como:
- **Paralizaciones programadas:** Domingos, festivos, vacaciones colectivas, colaciones, cambios de turnos etc.
 - **Imprevistos:** Originadas y obligadas por causas naturales como lluvias, temblores, nieve, etc., u otras ajenas al control de la faena como la falta de energía eléctrica, atrasos en la llegada del transporte personal, ausentismo colectivo, etc.
- d. **Horas de operación:** Horas en que la unidad o instalación se encuentra entregada a su(s) operador(es), en condiciones electromecánicas de cumplir su objetivo o función de diseño y con una tarea o cometido asignado.
- e. **Horas en Reserva:** Horas en que el equipo está listo para ser operado, pero no tiene operador y/o frente donde operar.
- f. **Horas en Mantención y Reparación:** Horas en que el equipo está en mantención y/o reparación (se cuenta desde que se para por razones previstas o imprevistas).
- g. **Horas Efectivas:** Horas en que el equipo está cumpliendo su objetivo de diseño. Ejemplo, el tiempo efectivo de una perforadora es cuando inicia las perforaciones de los pozos hasta que termina de perforar todos los pozos de ese turno.
- h. **Horas de Pérdidas Operacionales:** Pérdidas originadas en la coordinación de operaciones. Ejemplo, cuando un cargador es trasladado de un frente a otro es considerado una pérdida operacional, de esta forma no cumple su función de diseño que es cargar, pero se considera que esta en operación ya que está siendo operado.

ii. Índices Operaciones ASARCO

En función de esta distribución de los tiempos aplicamos los siguientes formulismos y con estos cálculos se obtienen los índices operacionales utilizados en CMD.

a. Eficiencia de faena

Este factor nos indica la disponibilidad de tiempo total de los equipos, en porcentaje, dentro del tiempo cronológico, esta eficiencia tiende a aumentar disminuyendo las horas inhábil de una faena.

$$EF = \frac{\text{Horas Hábil}}{\text{Horas Hábil} + \text{Horas Inhábil}} \times 100 = [\%]$$

b. Disponibilidad Mecánica

Porcentualidad del tiempo Cronológico en que un equipo ha estado en *condiciones mecánicas* de operar

$$DF = \frac{\text{Horas Operación} + \text{Horas en Reserva} + \text{Horas Inhábil}}{\text{Horas Operación} + \text{Horas en Reserva} + \text{Horas Inhábil} + \text{Horas en Mant y Reparación}} \times 100 = [\%]$$

c. Disponibilidad Física

Porcentualidad del tiempo hábil en que un equipo ha estado en *condiciones mecánicas* de operar en el rajo.

$$DF = \frac{\text{Horas Operación} + \text{Horas en Reserva}}{\text{Horas Operación} + \text{Horas en Reserva} + \text{Horas en Mantenimiento y Reparación}} \times 100 = [\%]$$

En este índice el factor crítico es el de horas en mantención y reparación, es decir, a menor tiempo en mantención y reparación mayor disponibilidad física.

d. Utilización

Porcentualidad de tiempo en que el equipo estando mecánicamente disponible, ha sido operado. Se debe dejar en claro que dentro de la utilización se consideran las pérdidas operacionales.

$$UT = \frac{\text{Horas Operacional}}{\text{Horas Operacional} + \text{Horas en Reserva}} \times 100 = [\%]$$

En este índice el factor crítico son las horas de reservas, por ende, si este tiende a cero mayor será la utilización.

e. Factor Operacional

Porcentualidad del tiempo de operación, en que el equipo ha sido operado en forma efectiva, es decir, en el cual el equipo ha realizado el trabajo para el cual fue diseñado o designado, sin considerar las pérdidas operacionales.

$$FO = \frac{\text{Horas Efectivas}}{\text{Horas Efectivas} + \text{Horas Perdidas Operacionales}} \times 100 = [\%]$$

En este índice el factor crítico son las horas de pérdidas operacionales, por ende, si tiende a cero mayor será el factor operacional.

f. Aprovechamiento Cronológico

Este índice indica el aprovechamiento efectivo del equipo con respecto a todo su tiempo cronológico.

$$A = EF \times DF \times UT \times FO = \frac{\text{Horas Efectivas}}{\text{Horas Cronologicas}} = [\%]$$

II. Report Propuestos para Operaciones Mina

A continuación se realiza una propuesta de *Report* para las labores unitarias de perforación, carguío y transporte, los cuales permitirían identificar y ayudar con mayor claridad la información para implementar el modelo de control propuesto.

