

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

**PRODUCCIÓN SIN DESPERDICIOS
ACERCAMIENTO A SU USO EN LA EXPLOTACIÓN MINERA A CIELO ABIERTO**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL DE MINAS

GUILLERMO EDUARDO BONILLA FELIP

**PROFESOR GUÍA:
CHRISTIAN MOSCOSO WALLACE**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
FERNANDO ACOSTA BARRIGA
EDUARDO CONTRERAS VILLABLANCA**

**SANTIAGO DE CHILE
ENERO 2011**

RESUMEN

El presente trabajo es un estudio exploratorio acerca de la potencial aplicación de los principios de la Producción sin Desperdicios en sistemas de producción de minas a cielo abierto.

La “Producción sin Desperdicios” es un sistema creado para la industria manufacturera, donde se prioriza la flexibilidad y calidad de la producción por sobre el volumen de producción. En este sistema de producción se ocupan distintos principios y herramientas orientadas a la eliminación de los desperdicios productivos, entendiéndose por desperdicio, los tiempos y actividades dentro del proceso de producción que no generan valor sobre el producto. En la industria minera y más específicamente dentro de las áreas de producción y extracción de mineral en minas a cielo abierto, sus principios han sido poco utilizados y no existe suficiente información sobre su potencial implementación.

La producción minera a cielo abierto muestra grandes tiempos de preparación, junto con largos tiempos de ciclo sobre el producto, y la mayoría de las actividades y tiempos que se generan dentro de la producción minera a cielo abierto no agregan valor al producto.

Una producción minera enfocada hacia la Producción sin Desperdicios debería encontrar herramientas que estén enfocadas hacia la disminución del Stock y menores tiempos de transición entre sus procesos. Alternativas como la unificación de algunos procesos, como son los de Perforación y Tronadura o la disminución en los tiempos de preparación en el diseño de flota de cargadores y camiones, que permitan la menor cantidad de baldadas posibles para cargar, se muestran como potenciales alternativas para la disminución de los desperdicios sobre la producción.

Si bien, parece difícil la implementación de estos sistemas de producción en la minería (orientados a la eliminación del desperdicio productivo), el desarrollo tecnológico minero puede permitir orientarse hacia estos objetivos. Al mismo tiempo, herramientas orientadas hacia este tipo de producción, pueden ser una ayuda para la eficiencia y productividad de la producción minera a corto o mediano plazo.

AGRADECIMIENTOS

A mi Madre, por su cariño y comprensión. A mi Padre, por su ayuda y apoyo incondicional. Además de mi familia y amigos, que me han acompañado a lo largo de todo este proceso.

A mi profesor guía Christian Moscoso, que estuvo siempre disponible a conversar y ayudarme en cualquier problema que tuve. Su calidad como profesor, y como persona, me han ayudado de gran manera en el desarrollo de este trabajo.

Al Sr. Hugo Diaz, Sr. Héctor Roque y Sr. Boris Herrera. Que gracias a su gran disposición, fueron una valiosa ayuda para el desarrollo de esta memoria.

A la Universidad de Chile, junto con sus Profesores, que me guiaron a lo largo de estos años para formarme como el profesional que pretendo ser. En especial a los Profesores Xavier Emery, Jaime Chacón, Julián Ortiz, Fernando Acosta, Eduardo Contreras y Jacques Wiertz. Junto con el Director del Departamento de Minas Aldo Casali, que me dio la confianza para poder estudiar fuera del país.

A la Secretaria Docente Juanita Vergara, que estuvo siempre disponible para resolver cuanto problema se nos pudiera presentar, y responder cuantas consultas se nos pudieran ocurrir. Un verdadero ejemplo de paciencia y compromiso con su trabajo.

A mis compañeros de Universidad, los cuales pasamos grandes momentos, junto con difíciles situaciones a lo largo de todos estos años. En especial Javiera Ketterer, Javiera Broussain, Sofía Mordojovich, Oscar López, Rolando Espinoza, Rodrigo Cánovas y Francisco Molina.

En memoria de Gianna Vallebuona, la cual todavía recuerdo como la gran Profesora que fue, por su ayuda y disposición, especialmente al inicio de mis años en el Departamento de Minas.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Situación del Sistema de Producción Minero	1
1.1.1 Sistema de Producción MRP II	1
1.1.2 Sistema de Producción Minero, un sistema que sigue la lógica MRP II.....	2
1.2 Introducción a la “Producción sin Desperdicios”	3
1.3 Motivación al desarrollo de la Minería “Sin Desperdicios”	6
1.3.1 Deficiencias en los Sistemas MRPII	6
1.3.2 “Productividad Total de Factores” en el Negocio Minero	7
1.3.2.1 Concepto de la “Productividad Total de Factores”	7
1.3.2.2 Problemas en el cálculo de la “Productividad Total de Factores” dentro del Negocio Minero.....	8
1.3.3 “Minería sin Desperdicios”, una propuesta a las problemáticas productivas actuales	10
1.4 Objetivos.....	11
1.4.1 Objetivos Generales.....	11
1.4.2 Objetivos Específicos	12
2. CARACTERIZACIÓN DEL ENFOQUE EN LA PRODUCCIÓN SIN DESPERDICIOS .	13
2.1 Historia de la Producción sin Desperdicios	13
2.2 Solución al Tiempo de Preparación, un Concepto Básico para la Producción JIT.....	14
2.2.1 Concepto del Lote Económico	14
2.2.2 Control del Tiempo de Preparación.....	16
2.3 Los principios	17
2.3.1 JIT (Just In Time)	17
2.3.1.1 Efectos de la Gestión JIT	18
2.3.1.2 Evitar “Muri” - “Muda” - “Mura”	23

2.3.2	TQC	24
2.3.2.1	Organización	26
2.3.2.2	Metas	26
2.3.2.3	Principios Básicos	27
2.3.2.4	Conceptos Facilitadores	29
2.3.2.5	Técnicas y Auxiliares	30
2.4	Fines.....	31
2.5	Herramientas Generales de la Producción sin Desperdicios.....	32
2.5.1	Los Siete Tipos de Desperdicios	32
2.5.2	Entrenamiento del Personal	36
2.5.3	Organización del Lugar de Trabajo	37
2.5.4	Producción Uniforme	37
2.5.5	Reducción del Set Up	38
2.5.6	Mantenimiento Productivo	38
2.5.7	Producir con Calidad	39
2.5.8	Sistema de Arrastre.....	39
3.	INTRODUCCIÓN AL MAPEO DEL PROCESO MINERO E IDENTIFICACIÓN DE DESPERDICIOS PRODUCTIVOS.....	41
3.1	Alcances del Análisis.....	41
3.2	Descripción del Lead Time e Identificación de Desperdicios Productivos	42
3.3	Tabla para la Identificación y Clasificación de Desperdicios (TID)	43
3.4	Evaluación de Actividades y Desperdicios en los procesos	45
3.4.1	Perforación	45
3.4.2	Tronadura	52
3.4.3	Carguío	57
3.4.4	Transporte.....	61

3.4.5	Factores Adicionales en el proceso de Extracción de Mineral.....	67
4.	DISCUSIÓN Y RECOMENDACIONES EN EL ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD EN LA PRODUCCIÓN SIN DESPERDICIOS	70
4.1	Introducción al Objetivo de Comprimir el Lead Time y Reducir Desperdicios Productivos	70
4.2	Estudio Exploratorio sobre Posibles Soluciones y Comentarios relacionado a los procesos sin Desperdicios en la Minería a Cielo Abierto.....	71
4.2.1	Disminución de Desperdicios Productivos Orientados a la Perforación y Tronadura	71
4.2.1.1	Marcación de Pozos a Perforar y proceso de Perforación del Banco.....	72
4.2.1.2	Perforar y Cargar Explosivo.....	73
4.2.1.3	Perforación y Tronadura para la Producción Uniforme	74
4.2.2	Disminución de Desperdicios Productivos Orientados al Carguío y Transporte	76
4.2.3	Mantenimiento y Gestión Minera de los Operadores al estilo JIT	78
4.2.4	Sistema de Arrastre en la Operación Minera.....	80
4.2.4.1	Reorientación del Incentivo para Producir.....	81
4.3	Experiencias o Intentos de Aplicación en Minería dentro de este Enfoque de Producción	83
5.	CONCLUSIONES	85
5.1	Factibilidad de la Producción sin Desperdicios en la Minería a Cielo Abierto.....	85
6.	REFERENCIAS	89

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Ecuación que representa la “Productividad Total de Factores”	8
Ilustración 2: Gráfico sobre la Producción Total de Factores, relacionado a los factores primarios; Trabajo y Capital	9
Ilustración 3: Gráfico del Lote Económico	15
Ilustración 4: Representación sobre el mar de inventario y como ayuda a ocultar las ineficiencias operacionales	20
Ilustración 5: Esquema cadena JIT de causa y efecto	23
Ilustración 6: Clasificación de los conceptos TQC	25
Ilustración 7: Clasificación de los siete tipos de desperdicios.....	33
Ilustración 8: Representación de los distintos procesos que están considerados bajo los alcances de este trabajo	41
Ilustración 9: Acción sobre las distintas actividades en una Operación sin Desperdicios	43
Ilustración 10: Gráfico del tiempo de ciclo de un camión minero, especificando en rojo, los tiempos que no generan valor para el producto.....	63
Ilustración 11: Diagrama de la orientación de la señal de información para producir al estilo “de empuje” y “de arrastre”	68
Ilustración 12: Comparación entre un sistema de tronadura y carguío típico v/s un sistema JIT .	75
Ilustración 13: Diagrama sobre la orientación de la señal de producción.....	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ejemplo de uso en la tabla TID	44
Tabla 2: Tabla TID para proceso de perforación.....	47
Tabla 3: Tabla TID para proceso de tronadura.....	53
Tabla 4: Tabla TID para proceso de carguío	58
Tabla 5: Tabla TID para proceso de transporte	62

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Situación del Sistema de Producción Minero

Para poder caracterizar la situación de un sistema de producción de una mina a Cielo Abierto, se presenta el sistema de producción MRPII, el cual es el que mejor sigue la lógica de cómo funciona la producción en una faena minera de cobre a Cielo Abierto. Dentro del capítulo se explicará el porqué de su acercamiento a este tipo de sistemas, junto con las ventajas y problemas que esto conlleva.

1.1.1 Sistema de Producción MRPII

El Sistema MRP (Material Requirement Planning), Luis Zornoza (Gestiopolis.com), ha sido descrito como “un sistema de planificación de materiales y gestión de Stocks que responde a las preguntas de, cuánto y cuándo aprovisionarse de materiales. Este sistema da, a través de órdenes, las instrucciones de compras dentro de la Empresa, resultantes del proceso de Planificación de necesidades de materiales.

Bajo este Sistema de Producción, se busca garantizar la prevención de errores en el aprovisionamiento de materias primas, como también, poder controlar la producción y gestionar de mejor manera los Inventarios. Lo que se busca, es planificar la producción caracterizada por la “anticipación”, previniendo la potencial demanda en el futuro.

A la vez, en este tipo de Sistemas de Producción, existen los Stock de seguridad permanente en el inventario, cosa de poder protegerse sobre situaciones inesperadas en la producción.

Jimmie Browne, John Harhen y James Shivnan (en su libro “Production Management Systems”) comentan sobre el sistema MRPII, donde el tiempo se asume como discreto, y típicamente se representa como una serie de intervalos de una semana, lo que hace que se planifique con anticipación la cantidad del producto a fabricar, empleándose un calendario de producción maestro para cada uno de estos períodos. Además se ocupa el concepto del “Lote Económico”, para la planificación de la cantidad de productos a producir en sus distintos períodos.

El concepto de Lote Económico lo explicaremos en más detalle más adelante en el trabajo.

1.1.2 Sistema de Producción Minero, un sistema que sigue la lógica MRP II

El Sistema de Producción en la Minería de Cobre a Cielo Abierto actual, se asemeja al sistema MRPII (Manufacturing Resource Planning).

Dado que sigue la lógica de una Planificación sobre la Producción, con anticipación, generalmente de manera semanal, se programa las cantidades de producción para el período siguiente. Además, se trabaja típicamente con grandes cantidades de Stock dentro de sus áreas de producción, para la prevención de problemas o cambios en la operación y debido en la rigidez de la tecnología predictiva.

El Ingeniero Sr. Hugo Díaz (Director Business Development, “Jigsaw Technologies”), en una entrevista para el desarrollo de este trabajo, comenta que los sistemas de venta en las Faenas Mineras, tienen un período cercano a los ocho meses de anticipación en la planificación con respecto a su distribución, esto debido principalmente a:

- Los problemas de acceso y disponibilidad del recurso minero: Asumiendo que se necesita una gran cantidad de tiempo para extraer el mineral del yacimiento asignado a dicha venta, debido a tener que extraer una gran cantidad de estéril, para después, poder tener acceso al mineral indicado.

- Problemas en la estimación de la calidad del recurso minero: Relacionado a la poca información con respecto a la calidad del mineral, con el cual se pretende satisfacer dicha venta.
- Procesos asincrónicos: Que son inherentes a los procesos de la mina, especialmente en el área de carguío y transporte.

El hecho de que el proceso sea asincrónico, indica el Ingeniero Sr. Díaz, se explica por dos factores principales, entre otros:

- Problemas de tiempo: Donde el efecto humano en el manejo de los equipos puede variar el desempeño y eficiencia de los equipos para la producción.
- Indisponibilidades no programadas: Asumiéndolas como fallas que a lo largo de la producción generalmente ocurren, y son bastante difíciles de estimar o controlar.

De este modo, las Empresas mineras han encontrado una guía en sistema semejante al MRPII para la planificación y producción de sus faenas. Bajo grandes cantidades de inventario, se puede manejar de mejor manera las distintas variabilidades en el proceso, al mismo tiempo que se planifica la producción con anticipación, orientada a una potencial demanda en el futuro.

1.2 Introducción a la “Producción sin Desperdicios”

La Producción sin Desperdicios, proviene de un concepto que se desarrolló en las Empresas Manufactureras Japonesas, las cuales, ante distintas necesidades que se explicarán más adelante, han priorizado la “Calidad y Flexibilidad en la Producción” por sobre la “Cantidad de la Producción”.

Cuando hablamos de desperdicio dentro del proceso de producción, bajo los conceptos de la “Producción sin Desperdicios”, lo estaremos asignando a toda etapa o actividad que no agregue valor al producto.

El método Japonés, sobre la forma de cómo producir, no solamente apunta a la eficiencia de la producción y la calidad del producto, sino también, a solucionar los problemas en forma sencilla y directa. El objetivo, es solucionar los problemas en el proceso de producción, y mejorar la calidad del producto con técnicas de ejecución simples, sin necesidad de programas demasiado elaborados o complejas descripciones administrativas. La idea es resolver el problema dejado, en lugar de “convivir” con el desperdicio.

En este estilo de producción, los protagonistas son los mismos trabajadores, los cuales manejan y gestionan el mejoramiento de la productividad y los cuidados asociados con la calidad. Las gestiones de mejoramiento se fomentan en los talleres y áreas de producción, y no en oficinas o en algún Departamento de Control de Calidad.

Dentro del concepto de la “Producción Sin Desperdicio”, Richard Schonberger describe en su libro “Técnicas Japonesas de Fabricación”, que hay tres grandes elementos que permiten este tipo de gestión, la producción JIT (Just In Time), TQC (Total Quality Control), y el Mantenimiento Predictivo (TPM).

El primer elemento es la operación JIT (Just In Time), la cual significa en español “justo a tiempo”, está orientada a una producción flexible, produciendo solo lo necesario en pequeños lotes, en el tiempo requerido (justo a tiempo), tratando de eliminar el Stock, lo que permite mejorar la eficiencia en la producción e indirectamente la calidad del producto, como también, la motivación de los trabajadores. Esto es posible debido a que los Japoneses ocuparon la Ingeniería para poder reducir drásticamente los problemas que complican el flujo productivo (“Through Put”), (por ejemplo, el de preparación de las máquinas), de modo que resultara económico trabajar en lotes muy pequeños.

El segundo elemento para la Producción Sin Desperdicios, se llama TQC (Total Quality Control), la cual significa “Control Total de Calidad”, y se basa en darle prioridad a la calidad de la producción y del producto, lo cual comienza en la línea de producción y el punto de atención es la participación de los mismos trabajadores, retirando las responsabilidades principales al Departamento de Control de Calidad o a la Administración. Aun así, se propone que toda la Empresa, incluso la alta Gerencia, participe en el mejoramiento de la calidad en cada proyecto.

El tercer elemento corresponde al Mantenimiento Predictivo (*Total Productive Maintenance* TPM), el cual consiste en una serie de procedimientos desarrollados para asegurar que cada máquina en un proceso de producción este siempre disponible para realizar las operaciones que le son requeridas, para no interrumpir el proceso productivo. La gran diferencia con respecto a otros sistemas de mantenimiento preventivo, es que son los mismos trabajadores los responsables de hacer factible este sistema.

Este tipo de gestión ha dado tan buenos resultados, y si bien fue creado para el negocio manufacturero, sus principios se han intentado extrapolar hacia otras áreas económicas como la Salud, Construcción, etc. Y si bien hay algunos indicios sobre intentos de aplicar a la minería el estilo de la “Producción Sin Desperdicios” o “Estilo Japonés”, no es mucho lo que se puede encontrar en la literatura, lo que indica que definitivamente no ha sido muy desarrollado.

Los detalles de estos conceptos se explicarán en mayor detalle a lo largo de este trabajo, pero cabe destacar que estas tres estrategias de gestión, que son las que conforman la Producción sin Desperdicios al Estilo Japonés, son las principales herramientas en las que se basa todo el análisis del trabajo.

En resumen, se busca producir de la manera más flexible y rápida posible, con la menor cantidad de inventarios, asignándole prioridad a la calidad del producto por sobre la cantidad de producción, además de empoderar y al mismo tiempo motivar a los mismos trabajadores para ejecutar este tipo de procesos, con el desafío de fondo enfocado a la eliminación sistemática del desperdicio, y evitar automatizar partes que no agregan valor.

1.3 Motivación al desarrollo de la Minería “Sin Desperdicios”

1.3.1 Deficiencias en los Sistemas MRPII

Dado los comentarios en capítulos anteriores, los principios de la Producción Minera a Cielo Abierto siguen una lógica con respecto a los sistemas de producción MRPII.

Jimmie Browne, John Harhen y James Shivnan (Libro “Production Management Systems”. Addison-Wesley.1988), explican bastante bien los distintos problemas identificados por Burbidge (1985), en los que en este Sistema de Producción se pueden presentar:

- La Planificación de Largo Plazo muestra una incapacidad de los calendarios maestros de producción, para hacer estimaciones precisas sobre la demanda hacia los períodos finales en el horizonte de planificación.
- Los largos horizontes de planificación existen, dado a lo que Burbidge considera “el inflado Lead Time (Tiempo de Ciclo) del producto”, dentro del sistema MRPII. La filosofía MRP muestra una aceptación de los largos tiempos de ciclo y los asume como fijos, o que no se pueden alterar.
- El sistema impone, no solamente grandes tiempos de ciclo en los productos, sino también, grandes tiempos de cola (o tiempos donde el producto no se mueve). Esto refleja un proceso ineficiente con respecto al flujo de trabajo a lo largo de la planta.

Otra de las críticas presentadas sobre este sistema, recae en el concepto del Lote Económico, que será comentada en el capítulo dos; “Control del Tiempo de Preparación”.

En esta memoria, se presenta un Sistema de Producción alternativo, orientado a la “Producción Sin Desperdicios”, que se muestra como una respuesta a las problemáticas que el sistema MRPII puede presentar.

1.3.2 “Productividad Total de Factores” en el Negocio Minero

Se incluye esta reflexión relacionada a la “Productividad Total de Factores”, dado que en los últimos años, la producción minera ha mostrado una baja en su productividad, y junto con esto, el sistema de Producción sin Desperdicios puede presentarse como una alternativa para la solución a esta problemática.

1.3.2.1 Concepto de la “Productividad Total de Factores”

El Banco de Boston (Reserva Federal), describe en uno de sus documentos educacionales el concepto del “Multifactor Productivity” (o en Español: Productividad Total de Factores), de la siguiente manera: “Al igual como la productividad sobre el trabajo mide la cantidad del producto de salida por unidad de trabajo producido, la productividad total de factores, mira hacia una combinación de factores de producción: Trabajo, materiales y capital”. En otras palabras, mide la cantidad de producto de salida, por la cantidad total de factores: Trabajo, materiales y capital.

Este sistema, propone una forma de medición más completa que la manera de medir la productividad ya conocida, enfocada a la cantidad de productos fabricados por hora trabajada.

En la Ilustración N° 1, se presenta la forma de calcular la Productividad Total de Factores, en función de las distintas variables que inciden en la producción.

Productividad Total de Factores = Output / (KLEMS)

Output:	Cantidad de Producción
K:	Capital
L:	Trabajo
E:	Energía
M:	Materiales
S:	Servicios

Ilustración 1: Ecuación que representa en un caso la “Productividad Total de Factores”
(Fuente: <http://www.bos.frb.org/education/ledger/ledger04/winter/whatisprod.htm>)

1.3.2.2 Problemas en el cálculo de la “Productividad Total de Factores” dentro del Negocio Minero

La Comisión de Productividad Australiana, en Diciembre del 2008, publicó un documento relacionado al estudio de la productividad en la Industria Minera.

Dentro de sus estudios, presentaron mediciones respecto de la Productividad Total de Factores en la Industria Minera, las cuales se mostraron decrecientes desde los años 2000-2001 hasta el 2007. En la Ilustración N°2, el gráfico muestra la medición de la Productividad Total de Factores en los últimos 30 años, donde se muestra la caída de este índice. Corregido sobre cambios en la eficiencia, debido al deterioro de la calidad del yacimiento según los años.

Mining industry MFP and primary inputs

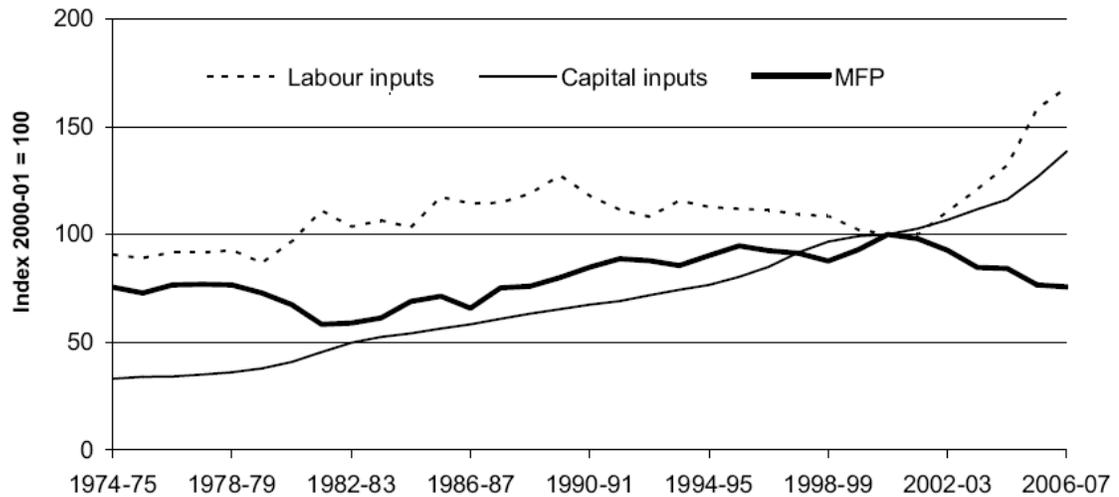


Ilustración 2: Gráfico sobre la Producción Total de Factores, relacionado a los factores primarios; Trabajo y Capital
(Fuente: "Productivity in the Mining Industry", Australian Productivity Commission, Diciembre 2008)

Según los estudios presentados en la Comisión de Productividad Australiana, el costo de los factores relacionados con la Mano de Obra y Capital ha estado aumentando, mientras que, especialmente desde el año 2001, la Productividad Total de Factores se muestra decreciente. La Comisión comenta lo siguiente en su documento: "...implica que los mineros han continuado invirtiendo más capital y empleado más trabajo, pero esto tiene todavía que entregar un crecimiento semejante en la producción".

Esto nos hace entender, que no se ha mostrado un claro aprovechamiento de los Factores Productivos para la producción en la Industria Minera, al menos en los últimos diez años.

1.3.3 “Minería sin Desperdicios”, una propuesta a las problemáticas productivas actuales

Dada las técnicas de gestión en la Producción Minera de Cobre a Cielo Abierto, no deja de ser interesante evaluar un Sistema de Producción, en el cual, la “Eficiencia y Calidad” de producción sean más importantes que la “Cantidad” de producción.

Veremos en el desarrollo de esta memoria, que generalmente en el proceso típico minero a Cielo Abierto, se cuenta con bastantes desperdicios, principalmente en los tiempos donde el proceso no genera valor, pero también en el uso ineficiente de recursos con los que se trabaja.

Las técnicas de gestión relacionadas a la Producción sin Desperdicios, pueden ser una gran ayuda para las Faenas Mineras en donde los niveles de Stock e inventarios son grandes, y se maneja el principio de “producir por sobre lo que necesita” solo “por si acaso”.

La “Producción Sin Desperdicios” orientada hacia la Minería, se muestra como una potencial herramienta que puede responder a las problemáticas que se presentan en los sistemas “MRPII”. Respondiendo a sus deficiencias relacionadas, como los grandes tiempos de preparación y capital retenido, junto con el tiempo de ciclo del producto. Además de poder manejar un horizonte de planificación más corto, donde sea más factible responder a los cambios de la demanda.

Además, dada sus características relacionadas a la gestión de producción, enfocando la calidad por sobre el volumen, este sistema se orienta al mejor aprovechamiento de los factores productivos, mostrándose como una alternativa para el mejoramiento de la **“Productividad Total de Factores”**.

El presente trabajo pretende analizar si los principios de la Producción sin Desperdicios tienen una potencial aplicación en las labores mineras, como también, trata de detectar si las capacidades y tecnologías vigentes en la Industria Minera del Cobre se pueden complementar con este tipo de gestión, con objetivos y prioridades de producción distintos a los tradicionales y enfocado a “producir mejor”, y no necesariamente “más”.

Una mina de cobre a Cielo Abierto, ¿podría trabajar “a pedido”, justo a tiempo?, o al menos, ¿enfocarse en ese objetivo haciéndolo de la manera más conveniente y rentable posible? Lo que se busca, es plantear si es posible ocupar estos conocimientos y estrategias relacionadas a los principios manufactureros dentro de los procesos productivos mineros, creando el concepto de Minería sin Desperdicios, elementos que a la fecha no han sido incorporados

1.4 Objetivos

Este estudio busca caracterizar y analizar los fundamentos de la Producción sin Desperdicios, de tal forma que nos permita conocer y describir las herramientas que se han utilizado en otros sectores productivos al aplicar este tipo de gestión. Se investigará la validez de estos principios y herramientas, en la gestión de operaciones en una Mina de Cobre a Cielo Abierto.

1.4.1 Objetivos Generales

- Analizar la potencialidad de aplicación de los principios y herramientas de la “Producción sin Desperdicios” en la operación minera a Cielo Abierto.
- Extrapolar herramientas ocupadas en otros sectores, basadas en este tipo de estrategias, para orientarlas a la producción minera
- Incentivar el tener una visión diferente sobre las distintas problemáticas en la extracción y transporte de minerales, planteando bases dentro de esta nueva área para análisis y mejoras futuras.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar y analizar los fundamentos de la Producción sin Desperdicios.
- Conocer y describir las herramientas que se han utilizado en otros sectores productivos para implantar este tipo de gestión.
- Estudiar la validez de estos principios y herramientas en la gestión de operaciones en una mina a Cielo Abierto.
- Establecer las actividades que se realizan en la mayoría de las minas de cobre a Cielo Abierto y clasificarlas en procesos que generan valor o no al producto.
- Caracterizados estos conocimientos, se propondrán configuraciones tentativas aplicadas a recursos, o nuevas herramientas, como una orientación para alcanzar la eliminación sistemática de los desperdicios productivos.

2. CARACTERIZACIÓN DEL ENFOQUE EN LA PRODUCCIÓN SIN DESPERDICIOS

2.1 Historia de la Producción sin Desperdicios

El origen de este Sistema de Producción relacionado con la eficiencia y calidad de los productos tiene principalmente raíces culturales. Richard J. Schonberger, (libro: “Técnicas Japonesas de fabricación”. Noriega Limusa., 1990), comenta: “Las conductas sociales de Japón, junto con el modo de vida y cultura han permitido el desarrollo de sistemas altamente eficientes, aunque al mismo tiempo, sencillos”.

Hay que entender el desarrollo de dichos Sistemas, dentro del contexto propio de Japón, un país superpoblado (cerca de 125 millones de habitantes), pero que al mismo tiempo carece de extensión territorial y por consiguiente posee escasos recursos con respecto a países de Occidente, como Estados Unidos. Por ejemplo, cerca del 99% del petróleo es importado así como la mayoría de las materias primas.

Esta situación de escasos recursos naturales, ha llevado a la industria Japonesa a una cierta orientación a la eficiencia de los procesos de producción, donde los desperdicios productivos afectan en gran manera. Además, la combinación de lo anterior con la existencia de un gran capital humano, ha llevado a buscar soluciones productivas por medio de respuestas eficientes, pero a la vez simples.

Entre 1970 y 1974 se produjo un hecho que se llamó la “Conmoción del Petróleo”, lo que hizo que entre esos años aumentara su valor cinco veces. Esto hizo que el mundo industrial tuviera que resignarse con producciones e insumos más costosos, lo que obligó a las industrias a esforzarse por ser más eficientes.

Si bien ello fue un fenómeno global, dada las características que tenía Japón en relación a sus recursos y materiales explicados anteriormente, los nipones reaccionaron de una manera bastante más temprana y sería que el resto de las otras Naciones Industriales.

Bajo este periodo, Taiichi Ohno, desarrolla los principios del “Just In Time” en las plantas de Toyota, y rápidamente se fue divulgando este método a lo largo de otras Industrias Japonesas, en donde se trata de evitar el desperdicio en la producción, y se aprovechan de manera más eficiente los recursos.

2.2 Solución al Tiempo de Preparación, un Concepto Básico para la Producción JIT

2.2.1 Concepto del Lote Económico

El concepto de Lote Económico, en un Sistema de Producción MRPII (Manufacturing Requirements Planning), se ocupa en la mayoría de las Empresas Occidentales para determinar, dentro de sus planificaciones, el tamaño del lote de producción óptimo (o económico). En otras palabras, el Lote Económico lo que busca, es encontrar el tamaño de los lotes a producir que permita hacerlo al costo mínimo posible.

Cuando se ordenan lotes de mayor envergadura, el inventario sobre estos elementos será mayor, como también serán mayores los costos asociados a éste por manejo y almacenaje. Por lo cual, si se quiere disminuir los costos de almacenaje e inventario, hay que producir y ordenar provisiones en cantidades más pequeñas y con mayor frecuencia.

Por otro lado, los pedidos más frecuentes y lotes más pequeños también tienen mayores costos asociados, que están relacionados con los Tiempos de Preparación, el cual consiste en el tiempo que se requiere en estar listos para producir. El hecho de modificar maquinaria, cambiar pesados

moldes o limpiar partes para darle paso a la producción de otros productos de la Empresa consume tiempo y dinero.

Considerando estos conceptos, generalmente en las Empresas Manufactureras Occidentales se llega a una lucha de intereses. Por un lado, el área de fabricación quiere disminuir lo más posible los tiempos muertos y costosos de preparación de las máquinas, por lo que hacer lotes lo más grandes posibles, ayuda a una fabricación más fluida y menos costosa para este Departamento. Mientras que por el otro lado, el Departamento de Finanzas intenta disminuir los costos de manejo de inventario y almacenaje, por lo cual, lo ideal para ellos sería producir con lotes del menor tamaño posible, de tal forma de poder ahorrar en los costos asociados al capital inmovilizado.

La solución que se ocupa actualmente en las Empresas Occidentales, fue propuesta por Ford Harris y R.H Wilson en 1915 aproximadamente, y es la determinación del “Lote Económico” o “Corrida Económica”, el cual consiste en que los costos totales generados por el “Lote Económico” en relación al inventario, almacenaje y tiempos de preparación llegan a ser los menores posibles.

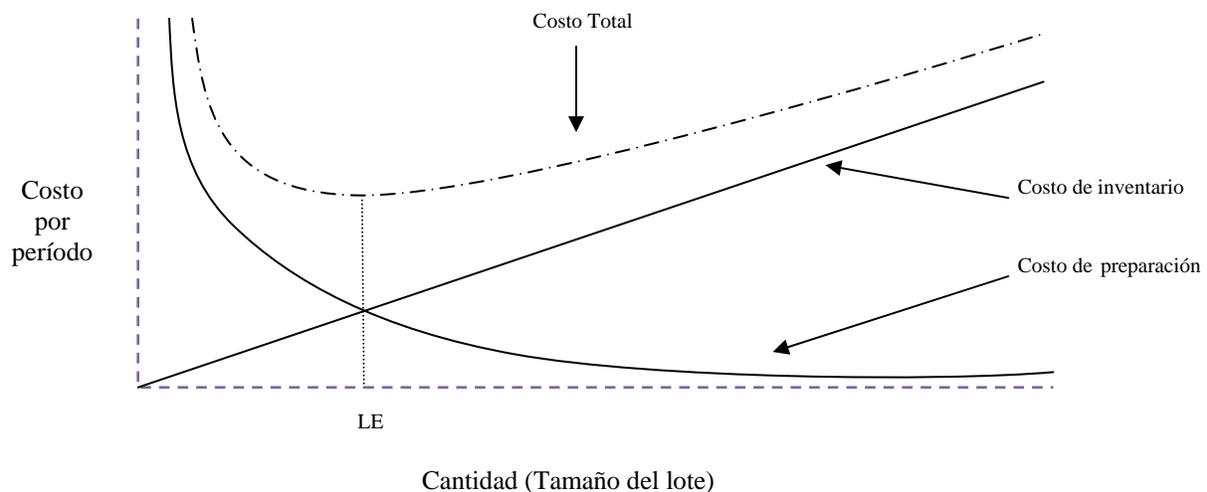


Ilustración 3: Gráfico del Lote Económico

(Fuente: “Técnicas japonesas de fabricación”, Richard J. Schonberger. Editorial Noriega-Limusa)

La Ilustración N° 3 muestra cómo el costo relacionado con la administración y almacenaje de inventario crece mientras el tamaño del lote crece, y al mismo tiempo, los costos de procesamiento del período y preparación decrecen cuando el tamaño del lote también crece. En la intersección de las curvas, se produce el menor costo total (se encuentra en la intersección de ellas), y en ese punto se propone la cantidad económica del lote a producir.

2.2.2 Control del Tiempo de Preparación

Si bien el concepto del Lote Económico ha sido esencial en la administración y planificación de los inventarios hasta nuestros tiempos, el enfoque Japonés descarta este concepto. Por un lado, proponen que si bien los costos de inventario y manejo son evidentes y palpables, por otro lado, también hay otros costos a considerar como la calidad, el desperdicio, la motivación de los trabajadores, la responsabilidad de los mismos y la productividad en la fabricación, los cuales también influyen en el tamaño del lote en el que se fabrica. Y si bien, el costo de preparación es real y significativo, en las Empresas Occidentales se asumen como costos irremediables, con los cuales simplemente se tiene que convivir y lidiar con ellos. Esto los Japoneses lo rechazan, y proponen que con ingenio y una buena gestión, estos costos se pueden reducir, y por ende, hacer factible el producir con lotes pequeños y sin necesidad de grandes inventarios.

De acuerdo a lo señalado, las Empresas Japonesas muestran cómo es posible disminuir los costos de preparación, fabricando herramientas especiales para acelerar la operación, además de disminuir los tiempos ociosos productivos creando sesiones de práctica para los trabajadores al momento de aprender a hacer los cambios de maquinaria y moldes rápidamente.

Bajo estos parámetros las Empresas Japonesas han estado disminuyendo radicalmente los tiempos de preparación, incluso llegando a lo que ellos denominan “Tiempo de cambio de un movimiento”, lo que significa en un tiempo de menos de un minuto hacer el cambio de maquinaria o moldes de producción. Esto se ha hecho gracias a varias estrategias, como por

ejemplo, modificando las maquinarias y herramientas que tienen en sus fábricas, o simplemente cambiando las máquinas y herramientas provistas por el mercado, remplazándolas por máquinas desarrolladas en la misma Empresa, cosa que los requerimientos de las mismas se adapten a la forma y condiciones específicas de producción de la fábrica y no viceversa.

“La estrategia clave para que la producción Just In Time sea posible, es la reducción de los tiempos de preparación (tiempos de Set Up) dentro de la producción”. Por lo cual, si queremos analizar la posibilidad de trabajar bajo estos conceptos en una operación minera, lo primero es evaluar que tan grande son los tiempos de preparación y qué tan posible sería disminuirlos.

2.3 Los principios

2.3.1 JIT (Just In Time)

El concepto JIT busca producir y entregar productos terminados “Justo a Tiempo”, en otras palabras, en la cantidad y tiempo necesario, evitando estar produciendo más cantidades de las necesarias, ni tampoco producirse en situaciones en las que no se necesite. Richard J. Schonberger opina en su libro “Técnicas Japonesas de Fabricación”; “Muchas personas perciben la gestión JIT como un Sistema de Control de Inventario, pero además propone una forma de producir en donde también se enfoca sobre la motivación de los trabajadores, eficiencias de producción, control de desperdicios y la calidad del producto”.

La reducción del tamaño de los lotes pone en marcha, a lo que Richard Schonberger llama, una “Reacción en Cadena de Beneficios”, de acuerdo a las características mencionadas en el párrafo anterior.

2.3.1.1 Efectos de la Gestión JIT

- Disminución del Desperdicio y Mejoramiento de la Calidad:

Trabajar con lotes pequeños hace que sea posible tener un mejor control de los desperdicios que se generan en la producción y también en la calidad del producto que se fabrica. Un trabajador que haga solo un número pequeño de partes y sean entregadas al siguiente trabajador en el proceso, se enterará prontamente si una de las partes no se ajusta en alguna de las estaciones de trabajo siguientes. Si los trabajadores producen en grandes lotes, es muy posible que se produzca una cantidad importante de piezas defectuosas, pero que al mismo tiempo, el trabajador de la línea siguiente, al encontrar piezas que no se ajustan en el proceso, simplemente las dejará a un lado, tiene una cantidad importante de partes del proceso pasado para seguir trabajando. Esto hace que no se tengan internalizados los problemas que se generaron en el proceso, al producir estas piezas defectuosas y que los defectos permanezcan escondidos por más tiempo, haciendo que sean bastante más difíciles de resolver.

Al producir con poco Stock y con lotes pequeños, los defectos se descubren rápidamente y los problemas se pueden cortar de raíz. Además, se trata de evitar la producción de grandes lotes que pueden contener un número elevado de piezas defectuosas, las cuales generan grandes cantidades de desperdicio. La eliminación del desperdicio y mejora de calidad se hacen máximos cuando el tamaño del lote se acerca a una pieza a la vez.

- Efectos Motivadores

El hecho de producir con lotes pequeños hace que el mismo trabajador vea rápidamente los efectos de su trabajo en las etapas siguientes, lo que hace que se sienta naturalmente motivado a mejorar. Las consecuencias de la labor del trabajador son rápidamente visibles, y la internalización y entendimiento de los posibles problemas o mejoras de producción que el trabajador pueda detectar son mayores

- Efectos en la Responsabilidad

Ya habíamos mencionado como afectan negativamente las partes defectuosas en lotes grandes, mientras que en lotes pequeños, un pequeño número de partes defectuosas inmediatamente generan un problema en la producción. Los trabajadores tendrán presente que, hace falta un solo trabajador para potencialmente interrumpir los procesos siguientes. También se hace natural, que los mismos trabajadores que están en procesos cercanos puedan acudir en ayuda de trabajadores afectados por problemas con maquinaria, o propios del proceso productivo.

Además, este tipo de gestión busca que sus trabajadores sean flexibles y se evita que ellos realicen tareas fijas en algún proceso en particular. Los trabajadores se pueden desempeñar en muchas áreas de la producción, pudiendo tener procesos que desembocan en la búsqueda del trabajo conjunto de los trabajadores para enfrentar los distintos problemas que se generan, y que no necesariamente son en los que se desempeñan cada uno de ellos. Esto permite que se puedan mover hacia donde se está desarrollando el trabajo y no necesariamente quedarse en sus posiciones, haciéndolos constantemente más productivos y evitando tener tiempos ociosos.

- Retiro Deliberado del Inventario de Protección

El inventario de protección se inserta entre las distintas estaciones del proceso de producción en la Empresa, para amortiguar las irregularidades del proceso.

El principio JIT, en vez de proteger y cubrir las irregularidades en el proceso productivo con inventarios de protección, deliberadamente propone retirarlas en forma paulatina, hasta eliminarlas. Esto obliga a los trabajadores a reunirse y trabajar juntos para cortar de raíz las causas generadoras de irregularidades. El no mejorar las irregularidades, significa tener que asumir las consecuencias de la interrupción del trabajo.

El hecho de que los inventarios ayuden a cubrir los problemas, hace que una de las formas más efectivas para terminar con dichos problemas, sea disminuyendo los inventarios, lo que permitirá identificar los problemas de manera más efectiva.

Una forma más gráfica para explicar la problemática de los inventarios, de acuerdo a la Ilustración N° 4, es considerar que una Empresa es un barco, y navega sobre un mar de inventarios, en donde éste, cubre todas las rocas o arrecifes con los cuales puede chocar o encallar. Mientras el nivel del mar se mantenga con la alta marea, el proceso productivo no sufrirá problemas. Por otro lado, si es que bajamos el nivel del mar de inventarios, el proceso productivo se encontrará con una serie de dificultades al empezar a chocar y encallar con los problemas de falta de planeación, fallas de máquinas, falta de orden y limpieza, etc.

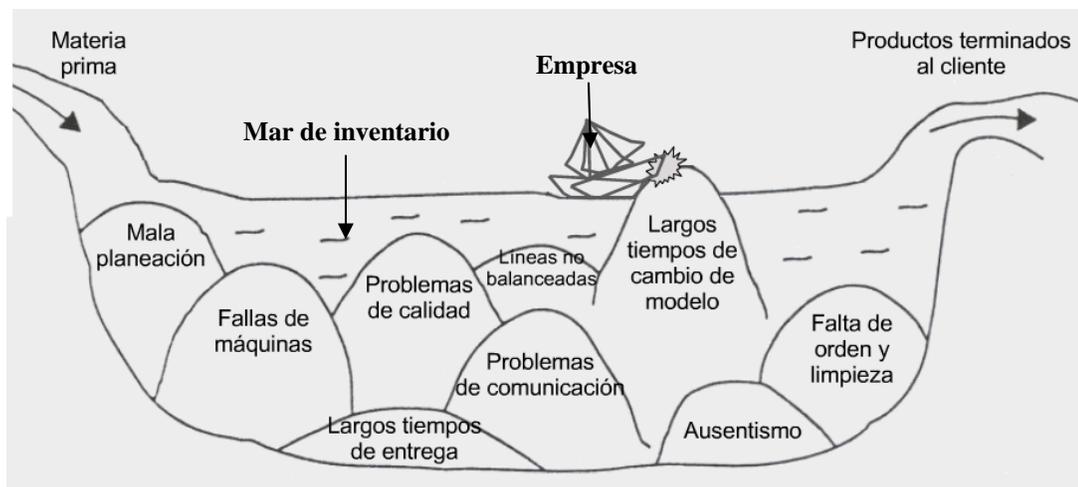


Ilustración 4: Representación sobre el mar de inventario y como ayuda a ocultar las ineficiencias operacionales
(Fuente: <http://www.slideshare.net/jcfdezmx2/7-formas-del-desperdicio-presentation>)

Los Gerentes de Producción buscan retirar constante y sistemáticamente los Stocks de seguridad. Una vez que se encuentra y arregla un problema que genera irregularidades en el proceso productivo, en vez de celebrar, se retiran aun más existencias de protección, cosa de no permitir a los trabajadores que se acostumbren a un patrón de comodidad. Esto implica una búsqueda constante del perfeccionamiento del proceso de producción.

- Reducciones Indirectas de la Mano de Obra

Trabajar con menos inventario genera indirectamente una reducción de personal el cual ya no sería necesario para el manejo de inventarios pequeños. Con menos Stock, los almacenes son menores y más pequeños, se requiere menos espacio para el Inventario de Producción en el proceso, menor tiempo para el proceso contable del inventario, y menos control físico del mismo. Empresas occidentales gastan grandes cantidades de recursos humanos sobre estas áreas. En el proceso JIT, la idea es hacer llegar los materiales recibidos de los proveedores directamente a la línea de producción, evitando en la medida de lo posible, papeleos y actividades de administración sobre los inventarios que puedan no ser necesarios.

- Productividad y Respuesta del Mercado

Todos los efectos de la producción JIT terminan siendo canalizados en una mejor Productividad y Respuesta del Mercado (como cambios en la demanda por ejemplo). Produciendo de esta manera se aminoran bastantes elementos de la producción que no generan valor al producto, y crean variables positivas para la producción, como son.

- Menos inventario basado en el tamaño del lote
- Menos inventarios de protección
- Menos desperdicio en la operación
- Menos mano de obra directa destinada a correcciones
- Menos costos indirectos por intereses sobre el inventario ocioso
- Menos espacio necesario para almacenar el inventario
- Menos equipo para manejar el inventario
- Menos tiempo destinado a la contabilidad del inventario
- Menos control físico del inventario

Al mismo tiempo, mejora la producción pues las causas de los desperdicios en la operación se suprimen. Trabajadores flexibles son constantemente productivos y no tienen que estar de manera ociosa esperando partes en su lugar de la línea productiva.

Otro de los beneficios indirectos, es la mejor y más pronta respuesta del mercado, mejores pronósticos y un menor tiempo de administración, dado que el Lead Time del producto es menor, lo que permite reaccionar de manera más inmediata a los cambios en la demanda de sus productos puesto que el horizonte de estimación de la demanda disminuye.

Además, dado que los trabajadores de la línea de producción reconocen y aceptan la responsabilidad sobre los problemas productivos y de calidad, los ejecutivos se pueden dedicar más tiempo a estudiar y plantear la estrategia del negocio.

- JIT como Herramienta para el Control de Calidad

El hecho que se produzca en lotes pequeños dentro de la línea de producción, implica que el control de calidad sobre los productos se puede realizar de manera más detallada, y dentro del mismo proceso de producción. La existencia de problemas, si es que los hay, pueden ser detectados y corregidos desde la fuente, es decir, donde se realiza el trabajo. Esto hace al proceso de producción más reactivo y atento a los problemas, y permite que estos se puedan eliminar con más facilidad.

A diferencia del Sistema Occidental, en el cual la Inspección de Calidad es realizada por un Departamento de Control de Calidad sobre grandes cantidades de productos de un lote ya producido, en el Sistema de “Control Total de Calidad”, son los mismos trabajadores los responsables del control de los productos y se espera que el resto de la Empresa contribuya a dicho control. El concepto es prevenir el defecto, en vez de detectarlo con los productos ya terminados, dado que genera pérdidas económicas.

En la Ilustración N° 5, se presenta un diagrama de flujo en donde se explicita que el concepto de la cadena JIT, propuesta por Richard J. Schonberger en su libro “Técnicas Japonesas de

Fabricación”. El proceso JIT no solamente consiste en una forma de Control de Inventario, sino también, que este tipo de prácticas desencadena una serie de beneficios, con respecto a la calidad y eficiencia de producción.

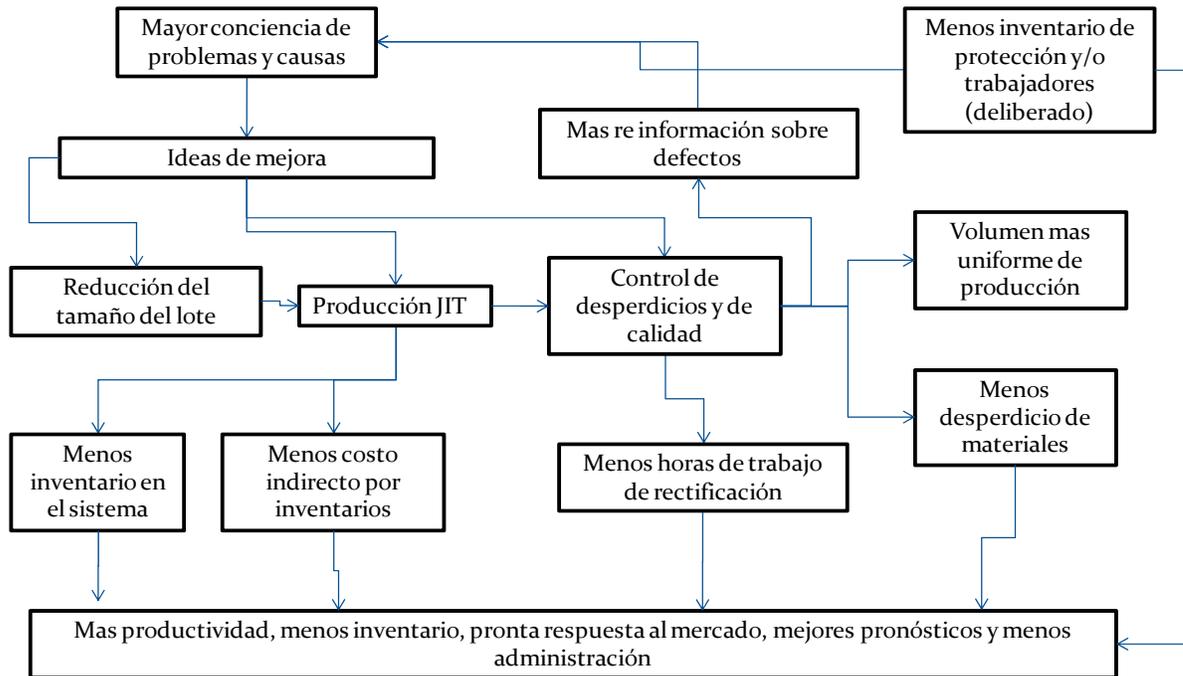


Ilustración 5: Esquema cadena JIT de causa y efecto

(Fuente: “Técnicas japonesas de fabricación”, Richard J. Schonberger. Editorial Noriega-Limusa)

2.3.1.2 Evitar “Muri” - “Muda” - “Mura”

La gestión JIT se puede entender de acuerdo a lo que los Japoneses ha implementado en sus fábricas, como una manera de incentivar y entender la forma de producción que se espera, el evitar el Muri, Muda y Mura:

- Muri: Que significa “**Exceso**”, recomienda producir sin excesos, en otras palabras, solo cuando se necesita y no “por si acaso”, rechazando la fórmula del “Lote Económico” como estrategia de producción. Lo anterior debido a:
 - Que la fórmula del “Lote Económico” no toma en cuenta diversos beneficios de producir con lotes más pequeños, los que como ya se dijera anteriormente, permiten la disminución del desperdicio, mejoramiento de la calidad, menos trabajo de corrección, pronta información sobre errores con una mejor conciencia y solución de los problemas, etc.
 - Que la fórmula del Lote Económico acepta los costos de preparación como un factor inalterable, mientras que en el sistema Japonés, se busca constantemente reducirlo al máximo posible.

- Muda: Que significa “**Desperdicio**”, rechaza los niveles de tolerancia dentro de las partes defectuosas que los Japoneses consideran como Muda o desperdicio. El sistema JIT busca:
 - Eliminar completamente los inventarios como objetivo final, obligando a los distintos procesos a trabajar de manera fluida y sin desperdicios
 - Obtener una mejor calidad de los productos, con la supervisión de los mismos trabajadores, mientras el producto se elabora y no cuando ya esté terminado.

- Mura: Que significa “**Irregularidad**”, busca eliminar los inventarios de protección que sólo sirven para ocultar irregularidades en los procesos. En el sistema JIT, se trata justamente de encontrar los problemas para eliminarlos de forma definitiva.

2.3.2 TQC

El Control Total de Calidad puede funcionar por sí mismo, o en combinación con la producción JIT. En este último caso, las técnicas sobre el Control de Calidad mejoran

considerablemente, dado que el TQC se orienta a la calidad producto por producto, y no a un lote genérico de partes. Además, lo que promueve el TQC es el Control de Calidad desde el origen de la línea de producción, y no en los Stocks de productos terminados, incentivado por los mismos trabajadores de la línea de producción que verifican la calidad mientras ejecutan su trabajo en la línea de producción y no por un Departamento de Calidad que analice los productos ya terminados.

Richard J. Schonberger en su libro “Técnicas de Fabricación Japonesa”, muestra y explica los distintos conceptos del Control Total de Calidad (TQC), resumidos en la Ilustración N°6.

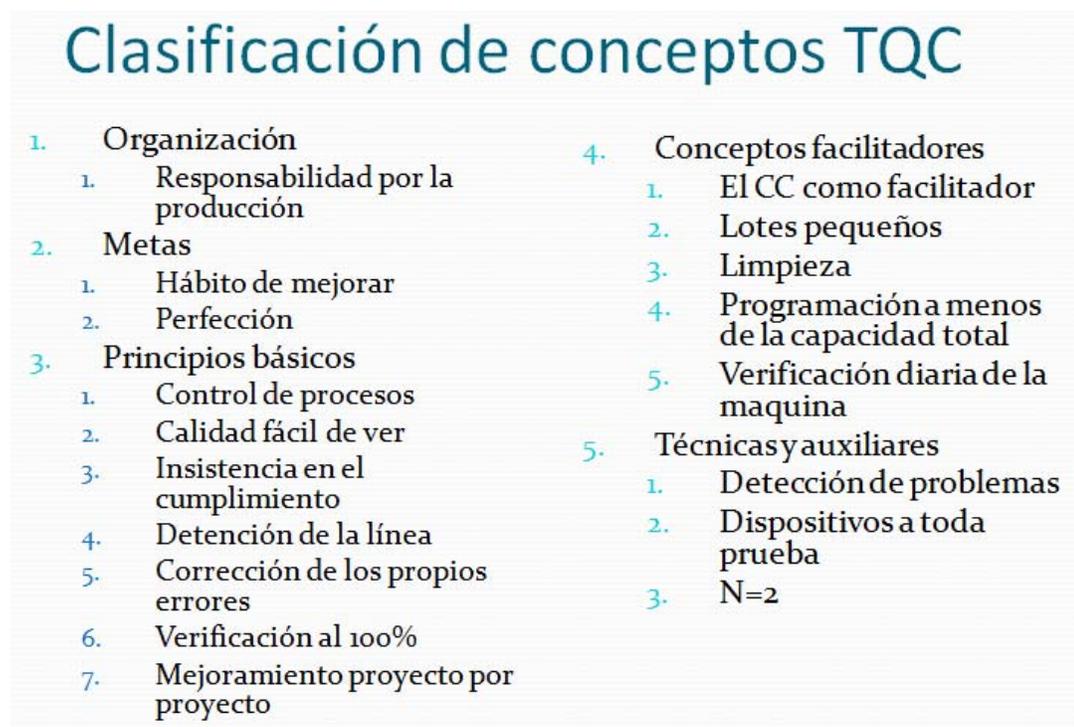


Ilustración 6: Clasificación de los conceptos TQC

(Fuente: “Técnicas japonesas de fabricación”, Richard J. Schonberger. Editorial Noriega-Limusa)

2.3.2.1 Organización

- Conceptos de Responsabilidad

El sistema TQC incentiva el reorganizar y reasignar la responsabilidad sobre algunos temas de gestión en la fábrica. En este caso, la responsabilidad de la calidad recae en el Departamento de Producción, para lo cual deberá establecer los correctos incentivos (como las mediciones de rendimiento u otros sistemas de medición de variables), y los mismos trabajadores encontrarán la manera de cumplir las expectativas establecidas e intentarán obtener resultados de tal forma de mejorar constantemente la calidad.

2.3.2.2 Metas

- Hábito de Mejorar

En el Sistema Occidental, las metas tienden a ser estáticas, definiéndolas al menos hasta el año fiscal siguiente, en el que se establecen otras nuevas. El control hace que las cosas se mantengan estables, pero en el caso de las Compañías Japonesas, se maneja el “hábito de mejorar” constantemente, y las metas van cambiando permanentemente en el año mientras se van analizando los resultados.

- La Perfección

Es la continuación del Hábito de Mejorar, que busca la perfección. La meta que se establece en el Departamento de Producción recae en el concepto de “cero defectos”. Además esto incentiva a persistir en los conceptos de mejoramiento continuo.

2.3.2.3 Principios Básicos

- Control de procesos

Este concepto, como se comentó al principio del capítulo, busca controlar el proceso de Producción verificando la calidad en el momento en que se está haciendo el trabajo. A cada momento, se verifica la calidad de los productos mientras se están elaborando en la misma línea de producción, recayendo el trabajo de verificación y responsabilidad de la calidad sobre los mismos trabajadores, la única forma factible de controlar la calidad en todos los procesos y sobre todos los productos.

- Calidad Fácil de Ver

El principio apunta a que cualquier persona que entre a una de las fabricas que practica este tipo de gestión, vean de manera fácil cómo se mide la calidad. Dentro de las Fábricas Japonesas hay pizarras de exhibición en todos los procesos. Indican al trabajador (lo mismo que a los jefes y público) cuales son los factores de calidad que se miden, cuáles fueron los resultados recientes, cuales son los proyectos actuales para mejorar la calidad, quienes han ganado premios por la calidad, etc. Se exige particularmente claros indicadores visuales de la calidad en cada proceso, y la información debe ser entregada de tal manera que a todo el mundo le pueda ser fácil de entender. Lo anterior también se combina con placas y premios a los trabajadores, lo cual hace ver el nivel de participación de los trabajadores en la gestión por la calidad.

- Insistencia del Cumplimiento

En el concepto TQC, se insiste en todos sus trabajadores, que la calidad está primero, incluso por sobre la producción. Esto les da facultades a los trabajadores para llegar a tomar medidas extremas, como tomar la decisión de parar la línea de producción por posibles problemas de calidad para corregirlos, lo que deja un mensaje fuerte sobre el concepto de la calidad.

- Corrección de los Propios Errores

Este concepto apunta a que el mismo trabajador que cometió un error en la fabricación o ensamblaje de alguna parte del producto, tenga que él mismo rectificarlo, cosa de corregir los errores en la misma fuente. En el caso Occidental, hay líneas de producción en paralelo que lidian con los productos defectuosos, lo que hace que el trabajador que puso la parte defectuosa, no tenga la oportunidad de internalizar los errores cometidos. Como en las fábricas con el concepto TQC la producción no es más importante que la calidad, la producción se puede interrumpir en cualquier momento para corregir los defectos.

Pero si bien, el ritmo de producción no es importante, el programa diario si lo es, lo que podría hacer que los mismos trabajadores tuvieran que quedarse hasta más tarde en ciertas ocasiones, para cumplir con los programas de producción propuestos.

- Verificación al 100%

Lo indicado, plantea el hecho de inspeccionar cada producto y no una muestra al azar únicamente. En vez de estar trabajando con lotes para después inspeccionar parte de ellos cuando ya están terminados, es preferible inspeccionar cada producto mientras se está elaborando.

- Mejoramiento Proyecto por Proyecto

Se puede desglosar como una combinación de distintos principios ya explicados, el concepto de “Mejoramiento Continuo”, si es que se puede subentender así, se puede manejar de mejor manera con los conceptos de la calidad fácil de ver, junto con los proyectos en el mejoramiento de la calidad hecha por los trabajadores ya en las áreas de trabajo. Lo anterior, al contrario de la mayoría de las gestiones Occidentales, como ya se ha dicho, en que se hacen gestiones para enfrentar los problemas con inventarios de protección, y establecer estrategias para

“resistir” los problemas de mejor forma. En general el concepto TQC busca encontrar los problemas, e incluso hacerse vulnerables a ellos, de tal forma que se puedan identificar fácil e inmediatamente y así poder eliminarlos definitivamente.

2.3.2.4 Conceptos Facilitadores

- El Control de Calidad como Facilitador

El Departamento de Control de Calidad en fábricas que trabajan con este tipo de estrategias se ocupa como un “facilitador” para las labores de calidad, y no necesariamente como un ente en el cual recae la responsabilidad de la evaluación y mejora de la calidad en los productos elaborados. El Departamento de Control de Calidad, reducido en tamaño, promueve la eliminación de las causas de defectos, lleva la cuenta de los logros en materia de calidad, vigila las operaciones para asegurar los procedimientos estándar, trabaja conjuntamente con el personal del Departamento de Adquisiciones para asegurar la calidad de los productos en las Empresas proveedoras, y coordina la capacitación en el control de la calidad.

Solo algunas características de los productos finales que no pueden ser evaluadas por los trabajadores de la planta (como análisis químicos o pruebas de estrés sobre los productos), serán de responsabilidad de este Departamento.

- Lotes Pequeños

Los lotes pequeños son indispensables para asegurarse de que las partes defectuosas se puedan identificar a tiempo. Además ayuda sustancialmente al concepto de la verificación al 100%.

- Limpieza

Esto no solo es un concepto que ayuda a la seguridad de los trabajadores, sino también ayuda como contribuyente a la calidad de los procesos e incentiva el orgullo como factor importante entre los trabajadores.

Además, son los mismos trabajadores los cuales tienen la responsabilidad de tener sus espacios y estaciones limpias, además de cuidar y verificar las máquinas con las cuales trabajan.

- Revisión Diaria de las Maquinarias.

Este concepto busca el no confiar demasiado en el Departamento de Mantenimiento. Los trabajadores Japoneses tratan constantemente de cuidar sus máquinas.

Antes de que cada trabajador empiece su jornada productiva, lo primero que debe hacer es recorrer una lista de ítems (Check List), para asegurarse que un determinado número de funciones de la máquina funcionen normalmente. Se aceitan, ajustan, arreglan, etc., antes de comenzar a trabajar.

2.3.2.5 *Técnicas y Auxiliares*

- Descubrimiento de Problemas

Al descubrir un problema en una Empresa con los conceptos TQC se manejan emociones encontradas, si bien existen remordimientos por el error cometido, al mismo tiempo se celebra el hecho de haber encontrado un problema más, el que puede ser resuelto. Lo anterior, sin desestimar que las causas de problemas también se pueden identificar antes de que ocurran.

La identificación o búsquedas de problemas se pueden hacer en los periodos de poca actividad, y otros miembros del personal, especialmente Ingenieros, pueden buscar problemas ocultos como parte de sus actividades cotidianas normales.

- Dispositivos a Toda Prueba

Si bien los trabajadores son vulnerables a errores humanos, los procesos de Trabajo se pueden diseñar de tal manera que muchos de estos errores se supriman. Existen también ciertos dispositivos, llamados Bakayoke, que se pueden integrar a las máquinas para detectar automáticamente las anomalías en el proceso.

- N = 2

En general, dentro de las Empresas Occidentales se ocupa el concepto del “muestreo representativo”. En el TQC Japonés, el muestreo representativo significa la primera y última pieza, y no un número considerable de elementos seleccionados al azar. La primera y última pieza constituyen una muestra de dos, y de ahí viene el concepto de “N=2”. Si la primera y última pieza son buenas se supone que el proceso ha permanecido estable, además, si es que se trabaja analizando la calidad de todos los productos a lo largo de la línea de trabajo no hay necesidad de reevaluarlos al final de la línea nuevamente.

2.4 Fines

Lo que se busca en estas tres estrategias de producción (JIT, TQC y TPM) es la eliminación o disminución de cualquier etapa o actividad que produzca desperdicios productivos en el proceso. El concepto de “desperdicio” tomándolo como “cualquier cosa mayor, o de más,

que la cantidad mínima de equipos, materiales, partes, espacio y tiempo de trabajadores, que sean absolutamente esenciales para agregar valor al producto” (Fujio Cho). En otras palabras, cualquier proceso o acción que no genera valor al producto en la cadena de producción, entonces se asume que es un “Desperdicio Productivo” el cual se tendría que eliminar.

Lo esencial que se busca, es trabajar en procesos flexibles, con trabajadores motivados y responsables de sus procesos, dando una especial prioridad a la calidad del producto y del proceso por sobre el volumen de producción, el cual haga que tanto costos directos como indirectos, causados por desperdicios en el sistema, sean eliminados permanentemente o al menos aminorados.

2.5 Herramientas Generales de la Producción sin Desperdicios

A continuación se da una descripción de las herramientas y conceptos más usados relacionados con el método de Producción sin Desperdicios, en el área manufacturera. El objetivo es después evaluar qué tan posible se podría extrapolar estas herramientas para la gestión minera. Las herramientas que se presentan para la “Producción sin Desperdicios”, corresponden a la propuesta de la consultora “InverChile”, en su Presentación del “Taller de Producción sin Desperdicios”, dirigida por el Ingeniero de Minas, Sr. Christian Moscoso W.

2.5.1 Los Siete Tipos de Desperdicios

Aunque los productos en las diferentes fábricas puedan ser distintos, los desperdicios típicos encontrados en las líneas de producción son bastante similares.

Para una mejor identificación de los desperdicios, se ha propuesto en la literatura una clasificación de 7 tipos de desperdicios dentro de los procesos Productivos. Ello busca obtener un mejor entendimiento de los distintos desperdicios en la producción para su posterior eliminación. A continuación se, en la Ilustración N°7, se detalla la clasificación de los distintos tipos de desperdicios, o de acuerdo a como los Japoneses se refieren al: “MUDA”.



Ilustración 7: Clasificación de los siete tipos de desperdicios
(Fuente: <http://www.ejaren.blogspot.com>)

- **Desperdicios por Sobreproducción**

Según Toyota, los desperdicios por sobreproducción son uno de los peores desperdicios comúnmente encontrados en las Empresas. Este desperdicio se crea al producir bienes por sobre la cantidad requerida por el mercado, debido a que se quiere tratar de anticipar al trabajo, o por producir “por si acaso”, debido a ello, la cantidad de desperdicios por sobreproducción puede ser importante o no, dependiendo generalmente de la variación en la demanda del mercado.

Los efectos de la sobreproducción generalmente llevan a otro tipo de desperdicio en la producción, como son los inventarios.

- Desperdicios en Tiempos de Espera

Este tipo de desperdicio generalmente, al contrario de los desperdicios de sobreproducción, son más fáciles de identificar.

El tiempo de espera indica el tiempo perdido que se genera entre operaciones, o en una operación debido al material olvidado, errores en la programación, producciones posteriores atrasadas, cuellos de botella en la producción, etc....

- Desperdicios de Transporte

Layouts mal planificados en las Empresas pueden llevar a transportar productos más de lo necesario. También el desperdicio por transporte se puede deber a planificaciones y diseños mal estimados, donde se tiende a un sobre manejo del producto a lo largo de la línea. Por ejemplo, insumos que llegan a la Empresa tienen que ser almacenados en bodegas antes de entrar a la línea, lo que hace que haya muchos movimientos de elementos o partes antes de que lleguen a la línea, los cuales no generan valor.

En orden de mejorar este tipo de desperdicio, debieran ser considerados el mejoramiento en el Layout de la planta, la coordinación en los procesos, los métodos de transporte, la limpieza, el orden y la organización del lugar de trabajo.

- Desperdicios de Transformación o procesos

El método de procesamiento puede ser una fuente de problemas, resultando en desperdicios innecesarios. Este tipo de desperdicios se generan cuando a un producto o servicio se le hace más trabajo del necesario, que no es parte normal del proceso, y que el cliente no está dispuesto a pagar. Los trabajadores, puede que tengan que hacer esfuerzos extras en fabricar los productos.

Esta forma de desperdicio es la más difícil de identificar y eliminar. Se tendrán que reducir elementos innecesarios del trabajo mismo de producción.

- Desperdicios por Inventarios

El exceso de inventario en las fábricas, aumenta el costo de un producto. Se requiere manejo extra del producto, espacio extra, costos de interés sobre el capital inmóvil, mayor cantidad de trabajadores, mayor gestión, etc.

Los niveles de inventario innecesario se pueden dar por:

- Una mala limpieza y orden en la planta, guardando material obsoleto
- Produciendo ítems no requeridos por el proceso siguiente en el momento
- Produciendo o pidiendo productos en lotes grandes

El exceso de inventario también ayuda a esconder problemas de producción en la planta. Lo que hace que estos problemas no se puedan eliminar de forma fácil.

- Desperdicios por Movimientos

Cualquier tiempo, el cual no se gasta en agregar valor a producto, debiera ser eliminado lo más posible. El hecho de que un producto sea movido, no necesariamente significa que le agregue valor al producto por sí mismo.

Desperdicios por movimientos se generan por cualquier movimiento, el cual, no es necesario para completar de manera adecuada una operación o actividad. Esto se extrapola a otros movimientos, como movimientos del producto, personal o maquinaria.

- Desperdicios por Producción de Bienes Defectuosos

Cuando ocurren defectos en alguna estación, operadores en estaciones siguientes gastan tiempo esperando, lo que hace agregar costos al producto y al “Lead Time” del producto. Al producirse un defecto en una estación, hay tiempos extras de re-trabajo, y correcciones del producto que son mayores a las planificadas.

Desperdicios por bienes defectuosos ocurren cuando se producen partes defectuosas, o se manejan de manera inadecuada. Esto también incluye el desperdicio de tener que volver a hacer un trabajo, y pérdidas de productividad asociadas a interrupciones en la continuidad del proceso.

2.5.2 Entrenamiento del Personal

Este tipo de actividad busca que sus trabajadores sean flexibles y se evita que ellos realicen tareas fijas en algún proceso en particular. Los trabajadores se pueden desempeñar en muchas áreas de la producción, pudiendo tener procesos que desembocan en la búsqueda del trabajo conjunto de los trabajadores para enfrentar los distintos problemas que se generan, y que no necesariamente son en los que se desempeñan cada uno de ellos. Esto permite que se puedan mover hacia donde se está desarrollando el trabajo y no necesariamente quedarse en sus posiciones, haciéndolos constantemente más productivos y evitando tener tiempos ociosos.

Los trabajadores, en una Producción sin Desperdicios, deberían tener una cantidad mayor de inducciones laborales y preparación técnica, y al mismo tiempo poder motivarlos en sus labores, por medio de la entrega de cierta autoridad sobre la gestión de sus actividades.

2.5.3 Organización del Lugar de Trabajo

Orientado a la organización y limpieza del entorno de trabajo, el concepto de “un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar” ayuda al orden y mejor desempeño del trabajador, además de dar una mejor visibilidad a la planta y prevenir desperdicios de tiempos y mal funcionamiento de maquinaria por falta de limpieza. Como se describió anteriormente, son los mismos trabajadores los que tienen que preocuparse del orden y la limpieza, y no un grupo de trabajadores externos que se encarguen de esta tarea.

2.5.4 Producción Uniforme

Producir uniformemente es el producir de manera más fluida y continua, que en otras palabras representa un intento de mejorar la calidad de la producción.

Hacer esfuerzos por sincronizar la producción para satisfacer la demanda, ayuda a evitar los desperdicios de la producción e incentiva el trabajo JIT con la meta de, si se vende diariamente, se produzca diariamente.

En vez de producir en grandes lotes de manera discontinua, mejor sería producir en pequeños lotes de manera más continua. Que el ritmo de producción se acerque lo más posible al ritmo de las ventas, y no a la velocidad de la maquinaria o a su capacidad productiva. Intentar evitar la producción “por si acaso”, es producir solamente cuando sea necesario y cuanto sea necesario.

2.5.5 Reducción del Set Up

Como se explicó anteriormente, la implementación JIT fue posible gracias a que los Japoneses pudieron reducir sus tiempos de preparación para producir de forma importante. Para ello generaron cambios de Set Up en sus máquinas con un solo movimiento. Esto gracias a la creatividad y al hecho de que se atrevieron a crear sus propias herramientas, modificaron sus máquinas e hicieron practicar a sus trabajadores para reducir estos tiempos a los mínimos posibles y hacer más flexibles sus operaciones.

2.5.6 Mantenimiento Productivo

Se denomina “Mantenimiento Productivo” al conjunto de medidas para volver a dejar el equipo que se utiliza en un proceso, completamente adaptado a las necesidades del trabajo nuevamente, produciendo de manera uniforme, en un tiempo de ciclo confiable y sin ninguna duda sobre calidad.

En el sistema JIT toda máquina es un potencial cuello de botella, dado que si una máquina falla, y no se manejan inventarios importantes de producción, toda la línea se puede detener. Por lo mismo, es importante tener una fuerte gestión en la parte de cuidado y mantenimiento preventivo de las máquinas, no solo de responsabilidad del Departamento de Mantenimiento, sino también de los mismos trabajadores del Departamento de Producción.

Como se comentó anteriormente, los mismos trabajadores llevan una parte de la responsabilidad del mantenimiento de las máquinas debiendo, antes de iniciar los turnos, revisar un conjunto de detalles mecánicos.

Las máquinas están revisándose constantemente mientras producen, sin tener que estar esperando que sucedan problemas para arreglarlas. Se repara para evitar los problemas, no para arreglarlos. Dentro de concepto JIT, la mantención es un trabajo de prevención y no de reacción.

2.5.7 Producir con Calidad

El “Costo de Calidad” es el costo de no producir bien la primera vez. Como ya se mencionara, a diferencia de las Empresas Occidentales, las Empresas Japonesas evalúan la calidad de cada producto a lo largo de la línea de producción, o sea, cuando el producto se está fabricando. Esta es la forma más efectiva de arreglar los problemas de calidad, pues al encontrarlos en productos ya terminados, los trabajadores no pueden internalizar los errores cometidos en la fabricación.

Además, son los trabajadores los responsables de mejorar la calidad en la producción, y no un Departamento o un grupo de administradores.

2.5.8 Sistema de Arrastre

La forma en cómo se realiza la producción en el concepto de producción JIT es por medio de arrastre. Esto se refiere a que la emisión de la orden de producción va en sentido contrario a la línea de producción.

El proceso siguiente en la producción manda al proceso anterior a fabricarle una unidad más. La instrucción puede ser por medio de distintas señales que el trabajador del proceso anterior puede recibir, y de esa manera, cuando el cliente quiere comprar una unidad más del producto, este inicia una cadena de señales hacia el inicio de la cadena de producción, y no al revés, donde el

incentivo de hacer una unidad más empieza desde el inicio de la cadena de producción, sin una información directa de la necesidad de la demanda.

3. INTRODUCCIÓN AL MAPEO DEL PROCESO MINERO E IDENTIFICACIÓN DE DESPERDICIOS PRODUCTIVOS

3.1 Alcances del Análisis

Trabajaremos el tema analizando una operación minera de cobre a Cielo Abierto, teniendo presente los conceptos mencionados en la parte de Operaciones Mina.

El análisis de los desperdicios productivos en el ámbito minero se hará en base al Tiempo de Ciclo del proceso, para Mineral (Lead Time), desde las faenas de perforación hasta la descarga del mineral fuera de la mina hacia la planta (salida del Chancador primario), como se muestra en la Ilustración N°8 a continuación. Se establecerán las actividades que se realizan en estos tiempos de ciclo y se clasificarán en tiempos que generan valor o costos dentro del proceso productivo.



Ilustración 8: Representación de los distintos procesos que están considerados bajo los alcances de este trabajo

Propuestos y caracterizados estos conceptos, se propondrá configuraciones de recursos o nuevas herramientas, para alcanzar la eliminación sistemática de los desperdicios productivos. Además, este trabajo ayudará a plantear las bases dentro de esta nueva área para análisis y mejoras futuras.

De acuerdo a lo mencionado, se identificarán y analizarán las distintas problemáticas, desde una perspectiva de la “Producción sin Desperdicios”, de acuerdo a lo siguiente.

- Caracterizando el valor en cada actividad del proceso, determinando si le da o quita valor, y dentro de las que quitan valor, analizar la factibilidad de su eliminación o mitigación.
- Analizando cuáles son las facilidades para que el producto “fluya” en cada proceso, viéndolo a través de los distintos conceptos que propone esta metodología de mejoramiento.
- Estableciendo qué tan flexible el proceso puede llegar a ser, para determinar sus oportunidades con las estrategias del JIT.

3.2 Descripción del Lead Time e Identificación de Desperdicios Productivos

Como se comentó en los capítulos anteriores, “toda actividad o situación que no genera valor al producto en la producción, es un desperdicio productivo”. El próximo análisis será el describir los distintos procesos productivos en el área de explotación de una Mina a Cielo Abierto de Cobre, en los cuales, se intentará identificar los distintos desperdicios que se producen en estos procesos.

Supongamos una mina a Cielo Abierto de cobre de tamaño promedio. Los procesos estándar asociados a estas labores son la perforación del banco a explotar, tronadura del banco, carguío del mineral y transporte del mismo.

Evaluaremos los distintos tiempos y actividades, desde la perspectiva de una roca que está programada a llegar a planta. Si pudiéramos caracterizar las distintas actividades que se emplean

desde el momento de la decisión de explotar y transportar ese mineral en particular, nos daremos cuenta que hay un número importante de actividades que son generadoras de desperdicios productivos, y que al mismo tiempo, estas actividades han estado dentro de la gestión minera por muchos años, y que en mayor o menor medida, las comparte la mayoría de las grandes faenas mineras a Cielo Abierto relacionadas con roca dura. Estos tiempos y actividades serán descritos en profundidad más adelante.

Hay que tomar en cuenta en todos los procesos que evaluaremos, si bien hay algunas actividades en las que se concluye, a grandes rasgos, que efectivamente generan valor al producto, eso no quiere decir que particularidades del mismo proceso no puedan ser optimizadas, teniendo presente que hay una necesidad, dentro del sistema de la “Producción sin Desperdicios”, de disminuir continuamente sus tiempos de Set Up.

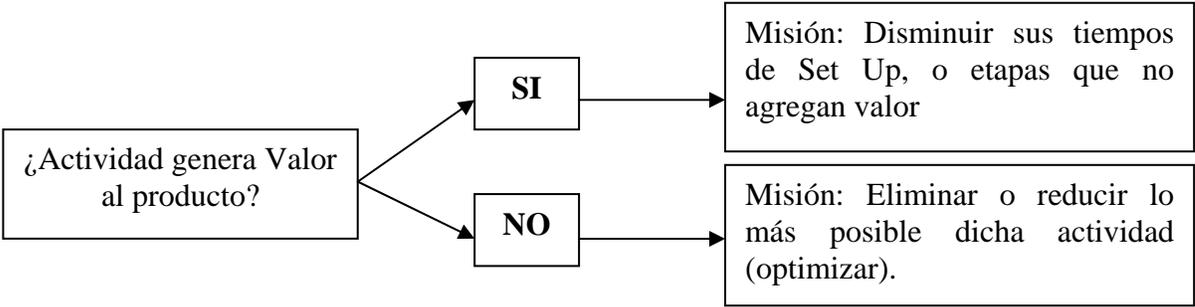


Ilustración 9: Acción sobre las distintas actividades en una Operación sin Desperdicios

3.3 Tabla para la Identificación y Clasificación de Desperdicios (TID)

Para poder describir de forma más simple y sistemática las actividades que generan desperdicio en los distintos procesos, se propone una tabla para clasificar los diferentes procesos y sus potenciales desperdicios asociados.

La tabla “TID” (Tabla para la Identificación de Desperdicios), se presenta como una forma sencilla propuesta por el autor, para facilitar la detección y clasificación de los distintos

desperdicios productivos dentro de los procesos, y que nos ayudará a identificar los desperdicios en este capítulo de forma más exacta. Se basa en los siete tipos de desperdicios caracterizados anteriormente en la sección llamado “Los Siete Tipos de Desperdicios” (Sobreproducción, Inventario, Tiempos, Defectos, Movimientos, procesos y Transportes).

La idea en esta tabla es desmenuzar todas las actividades o tiempos en un cierto proceso, para después evaluar si es que generan o no valor al producto, y si no se genera, que tipo de desperdicio está presente en esa actividad en particular.

Mostraremos como ejemplo para la presentación de la tabla, una actividad la cual consiste en la necesidad de un trabajador de mantenimiento de camiones, quien requiere de un repuesto para instalar en una máquina defectuosa.

Actividad / Tiempo/ Movimiento	Descripción	Genera valor al Proceso? S/N	Tipo de desperdicio	Comentarios
A	Petición del repuesto por trabajador a bodega	N	Procesos	Tiempo y personal, en el cual el cliente no esta dispuesto a pagar
A	Papeleo para sacar repuesto de bodega	N	Procesos	Gestión de más dentro del proceso
M	Transporte a camión defectuoso	N	Movimiento	Tiempo y gasto de recursos el cual no influye en la operación ni objetivo del insumo
A	Papeleo de recepción del repuesto por trabajador	N	Procesos	Gestión de más dentro del proceso
T	Tiempo de análisis sobre seguridad	S		Gestiones de seguridad agregan valor a la empresa
A	Instalación del insumo	S		

Tabla 1: Ejemplo de uso en la tabla TID

La primera columna clasifica el tipo de actividad dentro del proceso, lo que ayudaría a tener una mejor idea sobre la posibilidad de mejora de los potenciales desperdicios (si esta actividad se podría eliminar, si es de tiempo se podría reducir, al igual que si es por movimientos). Después se describe el proceso a analizar, indicando en la siguiente columna si es que la acción le genera o no valor a proceso o al producto. En la siguiente columna se describe el tipo de desperdicio que genera la actividad (dentro de los siete tipos de desperdicios descritos anteriormente), si es que lo genera, y por ultimo un comentario que ayude a entender mejor la identificación del desperdicio.

La tabla puede ser tan detallada o general como se requiera. Mientras más detallada las actividades presentadas en la tabla, más oportunidades de identificar desperdicios pueden haber, y en muchas ocasiones, los desperdicios más específicos son los que tienen mayor potencial para poder ser mejorados.

3.4 Evaluación de Actividades y Desperdicios en los procesos

3.4.1 Perforación

En el momento en que el Departamento de Planificación Corto Plazo ordena explotar el banco en donde está nuestro producto. El primer paso es perforar una malla de pozos, los cuales serán contenedores del explosivo al momento de tronar el banco. Como dijimos anteriormente, empezaremos a evaluar el tiempo y las actividades que ocurren sobre nuestra roca, desde el momento en que se empieza a perforar el primer pozo del banco evaluado.

Hay que tomar en cuenta, que generalmente en la gestión de estas faenas mineras, los procesos de perforación y tronadura se manejan, si bien conjuntamente sobre el objetivo de la planificación, pero de manera separada en la ejecución. La tendencia en algunas Faenas Mineras en Chile, es que el proceso de perforación de los bancos la ejecuta la misma Empresa, mientras que las labores de carguío del explosivo y de tronadura, las ejecutan Empresas externas. Esto hace generalmente, que la misión del Departamento de Perforación, sea dejar los bancos perforados de antemano, listos para que posteriormente, las Empresas Externas de tronadura entren al banco a cargar el explosivo.

Incluso más, los encargados de perforación, tratan de perforar la mayor cantidad de bancos considerados en la planificación lo antes posible, en otras palabras, hay una tendencia a pensar que lo mejor es “adelantar lo más posible el trabajo”, o dado que la misión del Equipo de Perforación es de que esté el banco perforado al momento de la decisión de tronar el mismo, “perforar de manera adelantada los futuros bancos me asegura el cumplimiento cuando los bancos efectivamente se necesiten tronar”. Gracias a esto, es fácil ver en muchas situaciones, más bancos perforados que los que se tiene planificado tronar en el momento. Perforo más para asegurar el plan futuro, “por si acaso”.

A continuación se presenta una tabla TID (Tabla N°2), para la identificación de cuales actividades pueden o no generar valor en el proceso de perforación, y si no, qué tipo de desperdicios generan. A continuación de ello, se harán comentarios más específicos en relaciona a las actividades más relevantes.

La caracterización de las actividades dentro del proceso de perforación, se obtuvo gracias a la asesoría a través de una entrevista, con el señor Héctor Roque, Ingeniero Civil de Minas, Consultor de Perforación y Tronadura para distintas faenas mineras.

Actividad / Tiempo/ Movimiento	Descripción	Genera valor al Proceso? S/N	Tipo de desperdicio	Comentarios
A	Orden planificación corto plazo sobre siguiente banco a perforar	N	Procesos	Ordenes no diarias, generalmente se presenta la planificación de modo semanal; limita la flexibilidad
A	Marcación de los pozos por parte de topografía	N	Procesos	Proceso extra, por el cual el cliente no esta dispuesto a pagar de mas
T	Tiempo entre marcación del banco por topografía y orden del perforador a ir al respectivo banco	N	Tiempo	Procesos de topografía y perforación no son simultáneos
M	Traslado de perforadora a banco	S		Procesos necesario
M	Posicionamiento en el pozo a perforar	N	Movimientos	Mas movimientos de lo necesario para posicionarse en el pozo
A	Perforación de los pozos	S		
A	Repaso de algunos pozos	N	Defectos	Desperdicios por falta de preocupación o atención, dependiente de la calidad de roca
A	Adición de barra	N	Procesos	En perforadoras multipass
A	Cambio de barras o bit	S		Proceso de prevención de problemas, mantenimiento preventivo
M	Traslado y perforación del banco siguiente	N	Sobreproducción	Bancos perforados, los cuales no son necesarios de perforar por el momento

Tabla 2: Tabla TID para proceso de perforación

- Orden de Planificación Corto Plazo sobre el siguiente Banco a Perforar

Más que la planificación en sí, es la “forma” de planificar y plantearse la estrategia de producción lo que puede hacer generar los problemas de desperdicios. La planificación corto plazo propone los bancos que se deben extraer a lo largo de la semana. Esto por sí solo no genera desperdicios, pero lleva a los trabajadores de la mina a adelantar trabajo, y se transforma en un proceso de empuje (push) y no de tirar (pull).

En la Producción sin Desperdicios JIT, el incentivo a producir lo marca la necesidad del cliente en el momento, y se “produce” lo que realmente se necesita en el “momento” que se necesita, y no sobre una estimación a lo largo de la semana. El planificador de corto plazo debería tener en cuenta los bancos disponibles, y ordenar la perforación de los bancos de manera más continua y fluida (de forma diaria por ejemplo y no semanal como comúnmente se hace), esto ayudaría a que el Departamento de Perforación no caiga en la sobreproducción y en la generación de inventario de pozos perforados en bancos futuros, ayudando a generar procesos con menos desperdicios dentro de la mina. En una Producción Minera sin Desperdicios, si la planta por algún motivo, en cierta ocasión, no pudiera producir, no debería haber bancos perforados esperando a ser cargados.

Como se comentó en las herramientas de la Producción sin Desperdicios, es necesaria una sincronización en el proceso para que este sea más uniforme y se pueda ejecutar una planificación diaria.

- Marcación de los Pozos por parte de Topografía

Este proceso si bien necesario, funciona de manera separada del proceso de Perforación (al igual que el proceso de Carguío de Explosivo y Tronadura). El Departamento de Topografía marca los puntos en el futuro banco a perforar, y días después (incluso semanas, algunas veces), la perforadora entra recién al banco para perforar los puntos. Esto no solo hace que haya desperdicios por procesos extras, relacionado a la marcación de los pozos a perforar, que además el cliente no está dispuesto a pagar y no genera valor al producto, sino también, genera desperdicios por tiempo entre los procesos de marcación de puntos y la perforación.

De alguna manera se deberían integrar estos procesos, ya sea a través de modificaciones en la maquinaria de perforación o a través de algún método en que se pueda marcar los puntos a perforar, al mismo tiempo que se perfora el banco (de esto se hablará en capítulos posteriores). Recordemos que disminuir los tiempos de preparación (Set Up), es la clave que hace posible una producción JIT.

- Posicionamiento de la Perforadora en el Pozo

Dentro de los distintos desperdicios que la perforadora generalmente produce, uno de los más importantes, es el de posicionamiento de la perforadora para perforar un pozo. Las perforadoras manuales necesitan avanzar y retroceder una cantidad considerable de veces para poder posicionarse en los pozos a perforar (Entrevista con el Ingeniero Sr. Héctor Roque, Consultor en Labores Mineras especializado en Perforación y Tronadura), generando cantidades considerables de desperdicios de tiempos, como también de movimientos.

Actualmente han salido nuevas tecnologías en perforadoras, que tienen relación con el mejoramiento del posicionamiento, en base a tecnología GPS de alta precisión (llegando a errores de posicionamiento cercanos a los 5 cm), que ayudarían en gran medida a una mejora en las actividades de perforación, y disminuciones importantes en los desperdicios, tanto de tiempos como de movimientos, en esta operación.

- Repaso de Algunos Pozos

Esta situación no necesariamente es parte del proceso, pero se puso en la tabla para resaltar que muchas veces hay necesidades de repasar los pozos por problemas de desprendimiento de la roca circundante o deformación del mismo pozo. Lo anterior ocurre generalmente cuando la roca es blanda, e impide que la forma o profundidad del pozo sea la debida.

Dentro de los principios TQC, se busca hacer las cosas la primera vez y bien, aunque las características de la roca no se pueden alterar a nuestro beneficio, puede haber un incentivo del trabajador de perforar con más cuidado (bajo rocas de poca dureza, perforar de forma más lenta por ejemplo, priorizando la calidad de la producción por sobre la rapidez de producción), para poder evitar este tipo de problemas. Pero como ya se ha comentado, es bastante difícil poder controlar este tipo de situaciones.

- Adición de Barras

Dentro de los tipos de perforadoras disponibles en el mercado para minería a Cielo Abierto, se han podido distinguir dos grupos; Singlepass y Multipass.

Las perforadoras Singlepass, generalmente perforan la cantidad de metros necesarios con una sola barra, y por consiguiente, tienen torres (en donde se transporta la barra) considerablemente altas. Transportan barras lo suficientemente grandes, para que no sea necesario un cambio de barra adicional al momento de perforar un pozo.

Las perforadoras Multipass consisten en perforadoras con torres no tan altas, y que para perforar cantidades importantes de metros, necesitan un sistema de adición de barras, las cuales se acoplan a la barra inicial. Esto produce actividades extras, las cuales generan desperdicios no solo por procesos, sino también por tiempos.

En la entrevista con el Ingeniero Sr. Héctor Roque, se comentó que el proceso de adición o extracción de la barra dura entre 1,5 a 2 minutos aproximadamente. Tiempo que se va acumulando cada vez que se hace el proceso de cambio. Por lo cual, debería ser recomendable para reducir los tiempos de preparación y cambio de barras, las perforadoras Singlepass por sobre las Multipass.

- Cambio de Barra o Bit por Desgastes

El mantenimiento productivo es una de las cosas que promueve la Producción sin Desperdicios, pero la responsabilidad de este tipo de mantenimientos, bajo una buena inducción, podría ser de responsabilidad del operador de la perforadora junto con sus compañeros. No hay que esperar a un grupo de mantenimiento que haga los procesos de cambio de barras o bit si es que los operadores, con la suficiente capacitación, lo pueden hacer de manera directa. Esto disminuiría los tiempos asociados al cambio de este tipo de implementos (disminución sobre

tiempos de Set Up), junto con reducir procesos innecesarios que generen desperdicios productivos.

La creación o modificación de algunas herramientas para orientarla a procesos específicos sobre cambio de partes, que posea el operador en su equipo, ayudaría a mejorar este tipo de actividades, y también, ayudaría al personal de producción a ejecutar labores en las cuales no son especialistas, pero con la debida preparación, perfectamente capaces.

- Traslado y Perforación al Banco Siguiete

Este concepto se incluyó para tomar en cuenta los conceptos que se comentaron al inicio de este capítulo. Lo que se busca es producir “lo que se requiere, cuando se requiera”.

El perforar más pozos de los planificados para asegurar el cumplimiento de la producción del día, lleva a desperdicios por sobreproducción e inventario. No solo produzco más de lo necesario, sino también, incentivo a la generación de Stock con respecto a los pozos.

El Departamento de Planificación debería de alguna manera ordenar diariamente los bancos a perforar, que son los próximos a tronar, teniendo presente, los necesarios en tamaño y cantidad. Muchas veces los bancos a tronar son de un tonelaje bastante mayor con respecto a la producción diaria planificada, y los cargadores demoran, en ocasiones, hasta semanas en cargar ciertos bancos, mientras que en la idea JIT, el objetivo de la perforación y tronadura, es presentar bancos tronados en el momento indicado, con la cantidad y tamaño de bancos, todo relacionado con el objetivo de lo que se perforará y tronará en un cierto período de tiempo, lo que será la capacidad planificada a cargar a lo largo del mismo período hasta la próxima tronadura (dependiendo de la mina se puede tronar cada dos días, diariamente o dos veces al día incluso); ni mas, ni menos.

3.4.2 Tronadura

En el proceso de Carguío de Explosivo y Tronadura, generalmente en las mineras chilenas, se usan servicios externos que se encargan del proceso mismo, debido a su alto riesgo y necesidad de especialización del personal.

Este tipo de procesos requiere grandes tiempos en donde, la mayoría de las veces, la producción se ve obligada a parar, contando además, con una gran cantidad de movimiento de equipos que no son necesarios desde el punto de vista de la producción. Lo anterior, genera una situación que se hace bastante compleja desde el punto de vista JIT, pues se forman muchos desperdicios que, al menos con la tecnología de hoy, se presentan como una forma necesaria para proteger los equipos en la mina de impactos por tronaduras, pues estos no pueden estar a menos de cierta distancia del banco objetivo en el proceso de tronadura.

La caracterización de las actividades dentro del proceso de perforación, fueron obtenidas gracias a la asesoría a través de una entrevista con el Sr. Héctor Roque, Ingeniero Civil de Minas, Consultor de Perforación y Tronadura para distintas Faenas Mineras.

A continuación, en la tabla N°3, se presenta una Tabla TID para el proceso de Tronadura.

Actividad / Tiempo/ Movimiento	Descripción	Genera valor al Proceso? S/N	Tipo de desperdicio	Comentarios
T	Tiempo de transición de perforación a carguío de explosivo	N	Tiempos Inventario	Tiempos innecesarios que no generan valor en el producto
M	Transporte camión mezclador	S		
A	Carguío de explosivo en pozo perforado	S		
A	Decisión de carguío de explosivos bajo problemas, relacionados a diferencias en los largos de perforación	N	Procesos	Necesidad de calcular nuevamente los kilos de explosivo a cargar con respecto a los kilos del diseño
M	Transporte de camión mezclador al próximo pozo	N	Movimientos	Oportunidades de mejora en tiempos de set up
M	Necesidad de el camión mezclador en ir a recargar explosivo	N	Transporte	La capacidad del camión mesclador no satisface la cantidad de explosivo requerida a cargar
T	Tiempo de transición fin de carguío de explosivo y proceso de tronadura	N	Tiempos	Tiempos innecesarios que no generan valor en el producto
A	Evacuación de equipos por tronadura	N	Tiempos Movimientos	Movimientos extras de los necesarios en la producción y necesario para proteger equipos
A	Proceso de tronadura	S		
A	Tronadura de grandes bancos (mas de lo necesario para la producción inmediata)	N	Inventario	Se tiende a tronar grandes bancos los cuales se necesitan muchos días para ser cargados

Tabla 3: Tabla TID para proceso de tronadura

- **Tiempos de Transición**

Como se había mencionado en la parte de Perforación, los tiempos de transición entre actividades son bastante comunes dentro de las faenas mineras a Cielo Abierto (marcación de pozos y perforación, perforación y carguío de explosivo, carguío de explosivo y tronadura).

Varios Departamentos hacen distintos procesos sobre el mismo lugar, lo cual hace que fomenten desperdicios por tiempos ociosos, desde el punto de vista del producto y el capital inmovilizado. En la cultura actual de gestión minera, no se muestra una preocupación real para reducir los tiempos de Set Up entre las distintas actividades de perforación y tronadura.

- Cambios de Criterio a Último Minuto en el Carguío de un Pozo

En ciertas ocasiones, al momento de cargar de explosivo las perforaciones, hay algunas que por distintos problemas o razones, no se perforaron del largo estimado en el diseño.

Bajo estas situaciones, el equipo de carguío de explosivo tiene que reconfigurar o re-pactar los kilos de explosivo para el pozo con problemas, y eso produce ciertas actividades extras que generan desperdicios de tiempo.

A esta actividad se le pueden asignar distintos tipos de desperdicio dadas las diferentes causas que generan el problema, como son:

- Desperdicios por defectos asignados al proceso de Perforación, debido a que no se perforó el largo planificado (o bien se perforó, pero el mismo pozo sufrió desprendimientos que acortaron el largo del mismo).
- Desperdicios por procesos, asignados a los distintos trabajos adicionales que se tienen que hacer para re-pactar la cantidad de kilos de explosivo a cargar en ese pozo
- Desperdicios por tiempos, debido a que se genera un tiempo ocioso mientras se soluciona el problema y se vuelve a estimar la cantidad de kilos de explosivo a cargar en el pozo afectado

La tecnología ha estado mostrando soluciones con respecto a este problema, como es el que camiones mezcladores ahora pueden poseer sistemas de GPS directamente conectados con la Oficina de Despacho, cosa que las decisiones con respecto a la cantidad de explosivo en cierto pozo con problemas, se puedan hacer de manera bastante más rápida y menos engorrosa.

- Transporte de Camión Mezclador entre Pozos

Este es un desperdicio debido a movimientos. El camión mezclador se debe trasladar entre pozo y pozo para cargarlos de explosivo, dejando tiempos de transporte adicionales que no ayudan a la generación de valor en el proceso.

¿Es posible encontrar soluciones técnicas, a través de las cuales se pueda cargar una malla de pozos con la menor cantidad de movimientos entre pozos posible? Alargar las mangueras de carguío en los camiones mezcladores podría ser una solución, si es que se puede contrarrestar los problemas técnicos que esto llevaría, debido a los problemas de presión y flujo del material a través de ellas, o diseñar camiones de menor tamaño y más flexibles que permitan cargas necesarias solo para el llenado de la malla de perforación del banco objetivo, cosa de no caer en la generación de desperdicios por inventario.

Estos son algunos ejemplos los cuales orientan al desarrollo tecnológico para lograr los objetivos de la eliminación de este tipo de problemas generadores de desperdicios.

- Necesidad del Camión Mezclador a Reabastecerse

Actualmente los camiones mezcladores tienen capacidades de carga cercanas a las 15 toneladas de explosivo, mientras que en muchas ocasiones, las necesidades de explosivo a cargar en grandes bancos con alrededor de cien perforaciones, pueden traducirse en una necesidad de 80 toneladas de explosivo para el banco respectivo.

Lo anterior produce necesidades del camión mezclador a que se reabastezca constantemente, lo que genera desperdicios por tiempos y movimientos innecesarios y que no generan valor al producto.

Estos desperdicios aumentan incluso más, cuando se tiene en consideración que el hecho de tronar grandes cantidades de toneladas de un banco (o por lo menos, más de la cantidad estimada a cargar en el corto plazo), genera también desperdicios por inventario y sobreproducción.

Tronaduras más chicas pero frecuentes, pueden disminuir estos desperdicios, no solo por el hecho de que se tiende a no sobre producir, sino que también ayuda al camión mezclador a no tener tantos desperdicios por movimientos, debido a la necesidad de reabastecimiento.

- Evacuación de Equipos por Tronadura

En los procesos de tronadura, hay una necesidad de evacuar no solo el personal sino también los equipos sobre un cierto radio de seguridad. Esto hace gastar tiempo que no está orientado a la producción del mineral, y por lo cual, genera una fuente de desperdicios.

Si bien es un gasto de tiempo y movimiento ajeno a la producción, hay una necesidad evidente en hacer este tipo de actividades, dado que el no hacerlo, puede generar daños en los equipos.

- Tronadura de Grandes Bancos

Usualmente en la minería se intenta tronar grandes cantidades de material, haciendo que los cargadores o palas que trabajen sobre ese material, se demoren una gran cantidad de días en cargar el banco completo.

Esta práctica, según el pensamiento JIT, genera desperdicios por inventario. Una gran cantidad de tonelaje que fue tronado en un cierto momento, no necesariamente será cargado el mismo día o en un corto plazo, debido a la cantidad de toneladas tronadas correspondientes al tamaño del banco que se cargó y tronó.

El tiempo en que el mineral ya tronado no está siendo cargado, su Lead Time aumenta considerablemente, y por consiguiente genera desperdicios por inventarios.

Prácticas orientadas a tronar bancos más pequeños, pero más regularmente, ayudaría a disminuir este tipo de desperdicios, sin tener necesariamente que sacrificar el ritmo de producción.

3.4.3 Carguío

El proceso de Carguío representa una de las actividades en la que no se produce una gran cantidad de desperdicios que puedan ser eliminados de manera sencilla, teniendo presente que los tiempos que generan desperdicios son relativamente bajos. Incluso más, la mayoría de los desperdicios generados en este proceso están más orientados a la interacción con los camiones a cargar.

Si lo vemos desde una perspectiva solamente orientada al cargador (y no a su interacción con el camión), el proceso se ajusta de manera bastante similar a un proceso JIT. El cargador, de cierta forma, produce cuando hay un camión vacío frente a él, de otro modo, no cargaría. Este tipo de proceso funciona, de algún modo, como un Sistema de Arrastre, pues el proceso siguiente es quien le da la orden de ejecutar su actividad en la producción, lo cual se acerca al objetivo en el sistema JIT.

En todo caso, lo anterior no significa que los procesos que sí generan valor al proceso no puedan ser mejorados. Conceptos como los carguíos con más de una baldada, generan una situación de desperdicios por procesos innecesarios.

Por lo tanto la manera más rápida y flexible para cargar, sería idealmente la mínima cantidad de baldadas posibles para cargar un camión.

Recordemos que dentro de las estrategias de producción, tanto para trabajar de manera flexible, como también para trabajar con un mejor control de la calidad, está el objetivo de trabajar con lotes pequeños de producción, idealmente la unidad.

La caracterización de las actividades dentro del proceso de carguío, fueron obtenidas gracias a la asesoría a través de una entrevista con el Sr. Hugo Díaz, Ingeniero Civil de Minas, Director Business Development de la Empresa “Jigsaw Technologies”. Además de la ayuda de Boris Herrera, Managing Director de “Jigsaw Technologies”.

A continuación, en la tabla N°4, se presenta una Tabla TID para el proceso de Carguío.

Actividad / Tiempo/ Movimiento	Descripción	Genera valor al Proceso? S/N	Tipo de desperdicio	Comentarios
M	Traslado de la pala al banco objetivo	N	Movimientos	Movimientos de transporte que no tienen que ver con el movimiento de material
A	Preparación del material para cargar	S		La pala o cargador intenta de preparar el material para hacer más efectiva la palada
A	Generación de la palada mineral	S		
A	Vaciamiento de la palada hacia el balde del camión	S		
A	Regreso de la pala hacia la siguiente palada	N	Procesos	Proceso extra que no pertenece al objetivo de llenar el camión
A	Retiro de camión y posicionamiento de siguiente camión	N	Movimientos	Necesidad del camión para posicionarse para ser cargado
A	Limpieza del suelo por derrames	N	Defectos	Desperdicios generados por malas prácticas o poca preocupación del operador

Tabla 4: Tabla TID para proceso de carguío

- Traslado de Pala a Banco Objetivo

Este desperdicio es más bien relativo, los desperdicios por movimientos se definen como los movimientos por sobre los necesarios. El ideal, sería tener un cargador en cada posible banco, o por zona, cosa que los movimientos por traslado sean los mínimos posibles. Esto evidentemente no es factible, pues en Minas a Cielo Abierto de gran magnitud, la cantidad de cargadores disponibles por sector sería excesiva.

La tecnología desarrollada en equipos de carguío más flexibles y rápidos, pueden ayudar a la disminución de este tipo de desperdicios.

- Preparación del Material para la Siguiente Palada

Palas o cargadores tienden a preparar el material del banco para la próxima palada, cosa de generar un mejor carguío en el próximo camión a ser cargado. Si bien se puede considerar que es una actividad que genera valor en el proceso, pues ayuda a mejorar la calidad de la próxima palada para cargar el camión, es importante analizar el tiempo que esto puede llevar. Recordemos que en la Producción sin Desperdicios, no solo es importante disminuir los procesos o actividades que no generan valor, sino también, que en los procesos donde sí generan valor, es igual de importante disminuir sus tiempos de preparación.

- Más de una Palada en Carguío de Camión

Después de la primera palada se producen desperdicios que son ajenos al objetivo de cargar el camión, como por ejemplo el tiempo para volver la pala al banco. Además, como se establece en la filosofía de la Producción sin Desperdicios, disminuir los tiempos de Set Up es esencial para la operación JIT.

Bajo las características actuales en el carguío, basados en cargadores y camiones, el proceso de Carguío del camión debería ser el menor posible y con la menor cantidad de movimientos.

El ideal en este proceso, sería diseñar los cargadores y camiones para que se carguen inmediatamente después de la primera palada, pues esa es la cantidad mínima de ejecuciones en dicha actividad, teniendo como objetivo la minimización del tiempo de carguío (y Tiempo de Preparación), lo más posible.

Esta propuesta genera otro tipo de problema, ya que a menores paladas (se producirían menores paladas teniendo mayor cantidad de camiones más chicos o necesidad de cargadores mas grandes), mayor debería ser el costo de capital para un proyecto minero, pero a cambio de una producción flexible, que puede responder a los cambios de la demanda en la planta y la disminución de desperdicios que indirectamente pueden representar costos innecesarios.

- Limpieza del Suelo por Derrames

La necesidad de limpiezas por equipos de servicio en los bancos objetivos, se deben hacer debido a derrames que ocurren a lo largo del proceso de Carguío. Palas o cargadores que llenan mucho sus cubetas, y la falta de preocupación o cuidado de los operarios que manejan estos equipos, pueden hacer necesario tiempos para limpieza del suelo, los cuales generan desperdicios productivos.

Usualmente se incentiva a los trabajadores a que tengan cuidado sobre estos temas, pero no se proponen soluciones definitivas, y si bien se conoce el problema relacionado con las posibles roturas de neumáticos debido a los derrames (el cual es un tema de bastante importancia en las faenas mineras a Cielo Abierto, debido a sus grandes costos), se debe tener presente que el tiempo de limpieza genera desperdicios productivos, y que no generan valor al producto, lo cual los hace totalmente innecesarios.

En este tipo de problemas toman protagonismo los principios JIT y TQC, los cuales proponen que son los mismos trabajadores los responsables de la calidad del proceso. El mismo operario

del cargador debería hacerse responsable y asumir los problemas en la calidad del carguío como propios, teniendo autoridad para gestionar sus propias actividades y proponer mejoras.

3.4.4 Transporte

El principal problema que se encuentra en las Minas de Cobre a Cielo Abierto es la situación de las colas de espera que estos camiones tienen que hacer a lo largo del turno. Si bien es un problema que las mineras tienen en consideración, se incorpora en la gestión minera como un problema que no se puede resolver. Además, hay una decisión relacionada con el cargador, donde se prefiere que el cargador en el banco a cargar no pare nunca y siempre este trabajando, a costa de generar colas de camiones que se asumen generalmente como un costo de oportunidad.

Se ha acostumbrado a diseñar los camiones con el principio de copar los equipos de carguío, y en distintas experiencias en prácticas profesionales que he hecho, he visto que los operarios e ingenieros se muestran constantemente preocupados de que el cargador esté copado de camiones, pero no así, de que se generen colas y tiempos muertos en los camiones.

En el pensamiento JIT, la situación de que el cargador esté con tiempos de ocio no sería un problema, mientras el cumplimiento diario se efectúe sin problemas. Recordemos que en el principio JIT, la idea es producir la cantidad requerida en el tiempo requerido y de la manera requerida. Ello significa que si la planta no necesita ser abastecida inmediatamente de mineral, los camiones y cargadores no tendrían por qué estar produciendo, pues se generan desperdicios de sobreproducción, y consecuentemente, desperdicios por generación de inventario. En el siguiente subcapítulo se comenta un poco más a fondo los problemas relacionados con la generación de áreas de Stock dentro de la mina, muy usuales en las labores mineras.

Si no hay una predisposición relacionada con sobre producir, la cantidad de camiones para un equipo de carguío se dispondría por el ritmo de producción necesario, y no por la capacidad del cargador en cargar la máxima cantidad de camiones.

La caracterización de las actividades dentro del proceso de transporte, fueron asesoradas gracias a una entrevista con el señor Hugo Díaz, Ingeniero Civil de Minas, Director Business Development de la Empresa “Jigsaw Technologies”. Junto con la ayuda de Boris Herrera, Managing Director de “Jigsaw Technologies”.

A continuación, en la tabla N°5, se presenta una Tabla TID para el proceso de Transporte.

Actividad / Tiempo/ Movimiento	Descripción	Genera valor al Proceso? S/N	Tipo de desperdicio	Comentarios
A	Orden del camión hacia donde ser cargado	S		
M	Movimiento del camión vacío	N	Movimientos	El camión, después de descargar, tiene que transportarse vacío a otro banco para ser cargado
M	Llegada a banco objetivo	S		
T	Espera del turno del camión a cargar	N	Tiempos	Tiempos de espera innecesarios para ser cargado
A	Posicionamiento del camión para ser cargado	N	Movimientos	Movimientos que no generan valor en el proceso
A	Carguío del camión	S		
M	Traslado del camión a descargar	S		
T	Espera del camión para descargar	N	Tiempos	Tiempos de espera innecesarios para descargar
M	Posicionamiento del camión para descargar	N	Movimientos	Movimientos innecesarios para descargar el material
A	Descarga del camión	S		

Tabla 5: Tabla TID para proceso de transporte

- Movimientos del Camión Vacío

Los tiempos de ciclo en un camión se pueden clasificar básicamente en seis tiempos distintos:

- Tiempo de carguío (**Tc**): Tiempo efectivo en que el camión está siendo cargado
- Tiempo de viaje cargado (**Tvc**): Tiempo en el cual el camión, ya cargado, se dirige al punto de descarga
- Tiempo de cola para vaciar (**Tcv**): Tiempo de espera que el camión tiene que hacer para tener su turno en descargar su carga.
- Tiempo de vaciado (**Tv**): Tiempo efectivo que se demora el camión en vaciar su carga
- Tiempo de viaje vacío (**Tvv**): Tiempo en el cual el camión se traslada al siguiente banco para ser cargado nuevamente
- Tiempo de cola para cargar (**Tcc**): Tiempo el cual el camión espera su turno para ser cargado.

En los distintos tiempos de ciclo que el camión realiza, alguno de ellos generan valor, pero en otros, el camión genera desperdicios. Los tiempos más evidentes donde el camión genera desperdicios productivos (más específicamente por tiempos), son en los tiempos de cola que el camión generalmente tiene que ejecutar, de los cuales hablaremos en el próximo punto. Pero hay que tomar en cuenta otra actividad que tampoco genera valor para el producto, que es cuando el camión se transporta vacío hacia algún lugar.

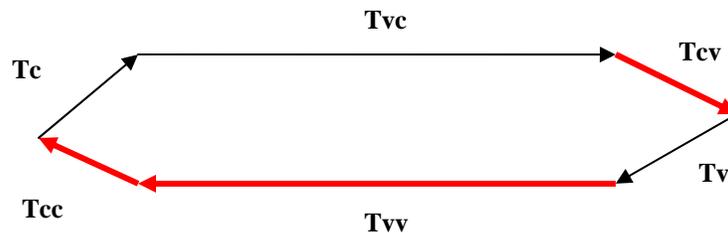


Ilustración 10: Gráfico del tiempo de ciclo de un camión minero, especificando en rojo, los tiempos que no generan valor para el producto

Según el Ingeniero Sr. Hugo Diaz, los tiempos de transporte vacío, se tratan de controlar minimizando en lo posible sus distancias, controlando los destinos de los camiones con respecto a los distintos bancos disponibles que están en la mina para cargar.

Otra posible solución para controlar, o más bien, eliminar estos tiempos de transporte, consistiría en otro sistema que las mineras usualmente ocupan, pero no en las áreas de la mina en este tipo de faenas; las correas. Una de las características de las correas es que no hay tiempo de viaje vacío para trasladar el mineral, pero bajo los grandes costos asociados a correas, debido a la cantidad de kilómetros que tendría que cubrir y el constante cambio que los rajes sufren a lo largo de su vida productiva, el concepto del uso de correas en las operaciones de una mina a Cielo Abierto, por lo menos a corto o medio plazo, se presentan como una solución poco factible.

- Espera del Turno del Camión a Cargar o Descargar (Tiempos de Cola)

Este es un tema ya conocido en las Operaciones Mineras actuales. Es común ver colas de camiones esperando su turno para ser cargados, o descargar en algún lugar.

Como ya se explicó anteriormente, si bien se acepta como un problema que genera costos, es bastante aceptado, y las mineras han aprendido a vivir con el problema a cambio de tener en todo momento equipos disponibles para que el equipo de carguío este activo permanentemente.

Si lo vemos dentro de la perspectiva de la Producción sin Desperdicios, la situación de espera de los camiones no solo es un problema en el sentido de que se generan costos mientras el camión esta ocioso (gasto de combustible por ejemplo), sino que tampoco se toman en consideración algunos temas extras que busca la Producción sin Desperdicios, como la flexibilidad y fluidez de la producción.

Las prioridades en las distintas decisiones sobre los equipos son diferentes de acuerdo a como se administra hoy, y como se gestiona sin desperdicios. Por lo mismo, en una gestión sin desperdicios, el hecho de que los equipos estén parados cuando no se necesita producir, es una acción que se tomaría como normal en la gestión JIT (recordemos que se busca producir en el

momento indicado, la cantidad necesaria y de la forma que se espera), mientras que en la administración actual minera, sería casi prohibitivo. En la minería actual, la prioridad en la gestión minera está orientada al volumen de producción, amparado por los grandes costos de capital y el principio relacionado con las economías de escala. La propuesta en la gestión sin desperdicios, es que la prioridad de gestión este orientada a la calidad de la producción y no a su volumen.

- Carguío del Camión

Si bien en la tabla se muestra como una actividad que genera valor al producto, en este caso, se orienta a la disminución de los tiempos y movimientos necesarios para lograr esta actividad.

Como se comentó en la sección anterior, el proceso de carguío del camión se puede extrapolar, en una pequeña medida, a los tiempos de Set Up que se manejan en las plantas manufactureras.

La Producción sin Desperdicio busca la minimización de los tiempos de Set Up como una necesidad para poder llevar a cabo la producción JIT y llegar al objetivo de trabajar con la menor cantidad de inventario posible. En este sentido, disminuir los movimientos en la actividad de carguío mejora la flexibilidad y fluidez de la producción, al mismo tiempo que reduce el tamaño del “lote producido o a transportar” como se busca en la Producción sin Desperdicios.

La menor cantidad posible de movimientos, cosa de disminuir los tiempos de preparación para cargar el camión, es de una “palada”, y eso es lo que se debería buscar al momento de dimensionar los camiones.

- Posicionamiento de los Camiones

Generalmente en la actividad de carguío el camión se demora un tiempo en posicionarse para el carguío. Estos tiempos son ajenos al objetivo de cargar, por lo cual dentro de la teoría JIT, el objetivo es disminuir estos movimientos lo más posible.

Los camiones generalmente se posicionan de cola al lado del cargador que lo espera con la pala ya levantada, pero las maniobras terminan siendo de más de un movimiento, siendo lo ideal, que se posicionara en la menor cantidad de movimientos posibles.

Lo mencionado también está relacionado con el tema sobre el número de movimientos para ejercer una actividad, y los desperdicios producidos por procesos que están ajenos al objetivo, en este caso, del carguío. Si hubiera alguna manera para que los camiones no se posicionaran en reversa, ayudaría al tiempo de Set Up en la actividad de carguío, en forma considerable.

Esto no es una solución tan fácil de implementar, pues hay temas relacionados con la seguridad, como por ejemplo, el posicionarse de cola contra el banco tronado está orientado a tener el equipo listo para partir por cualquier problema de derrumbes en el banco o relacionado a rocas importantes que puedan caer, además de proteger al conductor, y el hecho de que el camión se estacione al lado del cargador y no al frente de él (el cual haría el proceso bastante más rápido y sin excesos de movimiento), está pensado para que el cargador tenga siempre una vía libre para evacuar por las mismas razones. Lo anterior, de algún modo se debe tomar como una gestión orientada a la calidad de la producción al tener en consideración la seguridad de las personas y de los equipos, tan buscada por la gestión TQC (calidad primero antes que la producción).

Por lo tanto, la solución respecto a este tema tendría que ser tomada sin olvidar los temas de seguridad en la mina.

3.4.5 Factores Adicionales en el proceso de Extracción de Mineral

- Uso de Áreas de Stock

Generalmente en la gestión de rajo abierto se emplean estrategias operacionales relacionadas con la generación de Stock del mineral, por una necesidad de hacer mezclas de manera más sencillas y flexibles, junto con la justificación de generar pilas de Stock de mineral en la mina para responder a eventuales problemas que se pudieran presentar por incapacidad de cumplimiento, lo que hace que se generen “áreas de inventario de mineral”.

Al igual que los inventarios de emergencia ocupados en la Producción Manufacturera, este tipo de gestión ayuda a esconder los problemas relacionados con la producción, en vez de mostrarlos para poder solucionarlos. Genera costos indirectos en el producto, producidos por capital inmovilizado y administración de las áreas de Stock. Aumenta el costo operacional por tonelada de mineral, debido a que es necesario un re-manejo para llevar el mineral al chancador de la planta.

En la gestión de la Producción sin Desperdicios, el objetivo de las Empresas que manejan mucho inventario es deshacerse de él paulatinamente, mientras se van resolviendo los problemas por los cuales se hizo necesario tener estos Stock de emergencia.

Como se mencionó en el capítulo relacionado a las Herramientas Generales en la Producción sin Desperdicios (relacionado a los siete tipos de desperdicios), el peor tipo de desperdicio considerado es el de sobreproducción, que al mismo tiempo genera desperdicios de inventario.

- Sistema de Arrastre en la Producción Minera

Recordemos que la forma en cómo se produce en el concepto JIT es por medio de arrastre (Pull), esto se refiere a que la dirección de la orden de producir una unidad más va en sentido contrario a la línea de producción.

En minería, la orden de producir a un área en específico va en el mismo sentido que la producción. Esto significa que, dispuesto por el Departamento de Planificación, el Departamento de Perforación y Tronadura deja el banco disponible para que el cargador vaya a cargar en ese banco, y los camiones se orientan según donde está el cargador.

En una producción minera al estilo JIT, la necesidad de la planta es la que debería motivar la producción, la cual activaría los camiones, los cuales pedirían ser cargados por el cargador. Esto haría que el cargador pidiera al Departamento de Perforación y Tronadura que habilitaran un banco con las características necesarias para poder cargarse, o en otras palabras, que se perfore y trone porque el cargador necesita cargar, y que se cargue mineral, porque los camiones necesitan alimentar a la planta que está pidiendo dicho mineral.

Hay que tener en cuenta, que para ejecutar un estilo de producción de arrastre económicamente viable, se requiere una producción bastante flexible, y con tiempos de preparación pequeños.

En la Ilustración N°11, se muestra un esquema en donde se ven los sentidos de producción e información, sobre un Sistema de Arrastre y un sistema de empuje.

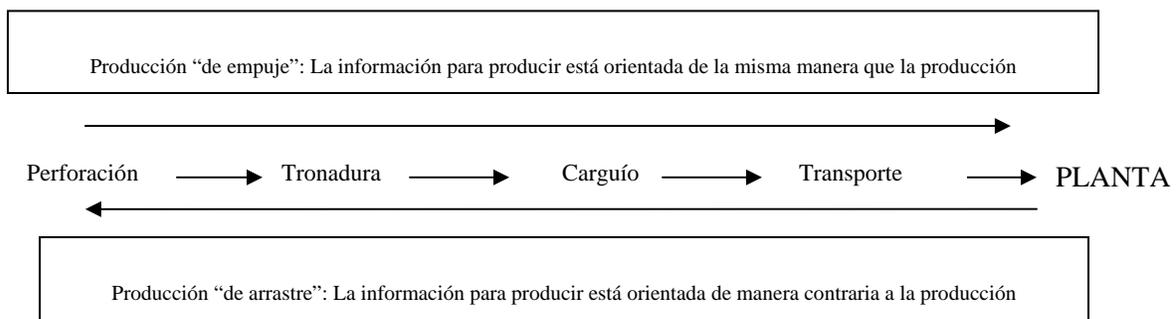


Ilustración 11: Diagrama de la orientación de la señal de información para producir al estilo "de empuje" y "de arrastre"

- Situaciones de Falla en los Equipos

Dentro de la experiencia personal, en faenas mineras en que he trabajado haciendo prácticas, la observación general que he tenido sobre la interacción entre el área de Producción Mina y el área de Mantenimiento, es que se genera comúnmente distintos conflictos de interés.

Hay una gran dependencia del Departamento de Producción con respecto al Departamento de Mantención, pues Operarios y Jefes de Turno se quejan de la poca disponibilidad de equipos, mientras los mantenedores se justifican con el poco cuidado que los operarios tienen sobre las máquinas debido a su prioridad sobre el volumen de producción.

Los tiempos ociosos por mantenimientos no planificados en las maquinarias son comunes de ver en los datos históricos de las mineras, y se asumen como un problema más del día a día.

Si bien las mineras promueven comportamientos respecto a operar cuidando la maquinaria, el desgaste de los neumáticos y evitar posibles problemas mecánicos, no hay una responsabilidad directa de los operadores o el Departamento de Producción mina relacionado con los problemas mecánicos de sus maquinarias.

Los operarios no asumen una responsabilidad directa sobre el desgaste excesivo de las maquinarias y sus partes, además de que generalmente, no internalizan las distintas fallas mecánicas que ocurren en sus equipos.

Al mismo tiempo, dada las características de los lugares donde el Departamento de Mantención tienen que operar, relacionado con las grandes distancias que una Mina a Cielo Abierto puede tener, o los necesarios cuidados y gestiones de seguridad que se deben emplear antes de intervenir un equipo minero que es grande y complejo de intervenir, la reacción para arreglar fallas de emergencia en terreno, no deja de ser un proceso engorroso y difícil, que termina consumiendo una gran cantidad de tiempo.

4. DISCUSIÓN Y RECOMENDACIONES EN EL ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD EN LA PRODUCCIÓN SIN DESPERDICIOS

4.1 Introducción al Objetivo de Comprimir el Lead Time y Reducir Desperdicios Productivos

El objetivo de la Minería sin Desperdicios estaría orientado principalmente a producir con la menor cantidad de tiempos o actividades que no agregan valor al producto. Por tal motivo se espera que los procesos sean relativamente flexibles en su producción, de tal forma que sean capaces de poder responder a cambios en la demanda de corto plazo, en una planta minera en el caso de este análisis, operando con la menor cantidad de Stock de emergencia posible y adecuando la organización productiva a los requerimientos del proceso siguiente (o cliente).

La señal para producir, debería ser mandada por la planta, de tal forma de producir en un Sistema de Arrastre, en el cual los camiones pidan ser cargados y el cargador pida un banco para cargar, y no al revés, como se muestra en las faenas actuales a Cielo Abierto.

Al mismo tiempo, serían los mismos operarios los principales actores en la gestión, en relación a la calidad de la producción.

En resumen, el desafío de fondo que se buscaría en la Minería sin Desperdicios, sería la eliminación sistemática del desperdicio, además de evitar la automatización de las partes que no agregan valor, obteniendo una minería flexible capaz de responder a los cambios propuesto por los procesos siguientes y con la menor cantidad de costos operacionales posibles, tanto directos, como indirectos.

4.2 Estudio Exploratorio sobre Posibles Soluciones y Comentarios relacionado a los procesos sin Desperdicios en la Minería a Cielo Abierto

Estas propuestas, si bien no pretenden entregar una solución definitiva al problema relacionado con los desperdicios productivos en la Minería Chilena a Cielo Abierto, entrega una idea hacia donde apuntar en la resolución de éstos, basados en los principios de la Producción sin Desperdicios. También se pretende, con estas propuestas, entregar una base en el estudio exploratorio, relacionado con las gestiones orientadas a disminuir los desperdicios, y fomentar la calidad y flexibilidad de producción como una prioridad dentro en la gestión minera.

4.2.1 Disminución de Desperdicios Productivos Orientados a la Perforación y Tronadura

En el capítulo pasado, donde se comentaron los desperdicios más relevantes en la gestión de Perforación y Tronadura, se mostró que uno de los desperdicios más relevantes en estos procesos son los tiempos muertos entre estas actividades.

El hecho de que el proceso de marcar los pozos, perforar y tronar se comporte como áreas distintas, hace que sus intervenciones en el banco objetivo tengan importantes tiempos ociosos entre ellas.

En primer lugar, llega el topógrafo a marcar la ubicación de los distintos pozos a perforar, terminada esa actividad, y un tiempo considerable después, llegan las perforadoras a perforar la malla de perforación, concluido aquello, el área de carguío de explosivo aísla el banco objetivo para cargar los pozos, a fin de dejar el banco disponible para tronar.

Estas distintas actividades generan grandes desperdicios por tiempos, debido al hecho de que las mismas actividades se hacen en forma separada, y el proceso siguiente tiene que esperar que el proceso anterior concluya su operación, para recién poder ingresar a operar.

¿Qué tan posible es poder hacer estas tres operaciones de manera conjunta en el banco? En el caso de la marcación de pozos por el Departamento de Topografía, se puede apelar a una de las herramientas que propone la Producción sin Desperdicios, la cual es el enfocarse en el entrenamiento del trabajador.

4.2.1.1 Marcación de Pozos a Perforar y proceso de Perforación del Banco

En la Producción sin Desperdicios se requiere que los trabajadores sean multifuncionales y flexibles, además de que abarquen un cierto nivel de conocimiento sobre distintas operaciones. Si el operador de la perforadora pudiera tener conocimientos básicos de topografía, o herramientas con las cuales pueda conocer la ubicación de los puntos a perforar sin que anteriormente se les tenga que marcar, se estaría disminuyendo considerablemente los tiempos ociosos entre una actividad y la otra. El operador de la perforadora, gracias a sistemas de GPS o asistido por un ayudante de perforación con conocimientos topográficos, si es que no se tienen los recursos, perfectamente podrían hacer estas actividades de manera simultánea, lo que significa que mientras se perfora un pozo, el siguiente automáticamente estaría siendo marcado.

En la entrevista hecha al Ingeniero Civil de Minas Sr. Héctor Roque, se dio a conocer que ya están disponibles tecnologías en las perforadoras orientadas a prescindir de la marcación de pozos. Con sistemas de GPS, las perforadoras automáticas pueden identificar la ubicación de los pozos con hasta cinco centímetros de error, y según el Ingeniero, se está trabajando en perforadoras autónomas, donde se espera que los movimientos para el posicionamiento en los distintos puntos a perforar, debieran reducirse considerablemente.

Pero hay que tener presente, que aunque la nueva tecnología de perforación se oriente hacia esos objetivos, la solución a los problemas de desperdicios por tiempos entre los procesos de Marcación y Perforación, con una gestión orientada a la flexibilidad de los operarios de perforación, y posibles asistentes de perforación si fuera necesario, serían posibles.

4.2.1.2 Perforar y Cargar Explosivo

El ideal en una Operación Minera sin Desperdicios, es que el proceso de Perforación y Tronadura se pueda hacer de manera conjunta. Esto es, que mientras se perfora un pozo, el pozo perforado anteriormente pueda estar siendo cargado de manera inmediata. Ello disminuiría los desperdicios por tiempos, incluyendo un menor Tiempo de Preparación, que apuntaría hacia uno de los pasos importantes para desarrollar una minería más flexible.

Dentro de los fundamentos JIT, se incentiva a desarrollar herramientas, o modificar equipos para disminuir los tiempos de preparación de los distintos procesos. Enfocado a este problema en específico, en términos de modificación de equipos, se podría adjuntar el contenedor de explosivo a la misma perforadora, con las debidas medidas de seguridad, o tener el camión mezclador cargando explosivo al mismo tiempo que se perfora el banco.

Implementar lo anterior de manera directa no es tan simple, temas relacionados a la seguridad y control de los explosivos pueden generar problemas en la implementación de ese tipo de soluciones. En la entrevista con el Ingeniero Sr. Héctor Roque, se me indicó, que si bien en Chile, no se puede tener equipos funcionando mientras se carga el explosivo (los equipos deben estar a alrededor de 50 metros de distancia mínimos), en Estados Unidos perforan y cargan al mismo tiempo los bancos sin mayores problemas, y esto terminaría siendo más un problemas legislativo que práctico.

Implementar actividades, acciones, o tecnologías que aseguren un cierto nivel de seguridad, de tal forma de poder hacer más trabajos u operaciones en un proceso, mientras se carga explosivo, ayudaría considerablemente a los desperdicios productivos en la minería. Cuidados extras, y la implementación de soluciones para manejar las vibraciones y la posible electricidad estática (que se pueden producir debido a procesos cercanos con la perforación de otros pozos del mismo banco objetivo), que puedan afectar los pozos cargados de explosivos, pueden generar un paso hacia la factibilidad de que se puedan hacer estas dos actividades de manera simultánea.

Otra posible solución, respecto a la factibilidad de poder manejar elementos de tronadura al mismo tiempo que se perfora, sería el uso de nuevos elementos no explosivos para la

fragmentación de roca, usado crecientemente en la minería actual cuando es necesaria una fragmentación especial de bancos o tronaduras secundarias. Productos como el Plasma o Navistar como elementos no explosivos para la fragmentación de roca pueden aparecer como posibles soluciones, a no solo los problemas de carguío simultáneo a la perforación, sino también a los desperdicios de movimientos y tiempos, generados por las evacuaciones de equipos y personal al momento de tronar.

Aunque hay que tener presente que la fragmentación de roca con este tipo de elementos son bastante más costosos que los tradicionales, y también es importante considerar, que por problemas de falta de esponjamiento en el resultado de estas fragmentaciones, las eficiencias de los equipos de carguío disminuyen considerablemente.

4.2.1.3 Perforación y Tronadura para la Producción Uniforme

La consultora InverChile, en su presentación sobre el taller de producción JIT, explica de buena manera como una de las estrategias JIT, considera el buscar la disminución de los lotes de producción, y al mismo tiempo, generar una producción uniforme (produciendo de manera más frecuente con menos cantidad del lote). Ello se puede extrapolar a la problemática de la generación de grandes cantidades de Stock, al momento de tronar más material del necesario.

La Ilustración N°12, muestra un ejemplo relacionado a como planificar y tronar distintos bancos a lo largo de diferentes períodos. El primero, tronando grandes cantidades de material y al mismo tiempo generando inventario, mientras que el segundo, trona de manera más continúa pero con menor cantidad de material por banco.

Producción típica: Genera lotes de producción. Incentiva a la generación de inventario						
	Período de carguío					
Banco a tronar	1	2	3	4	5	6
A	■					
B				■		

Producción uniforme JIT: Minimiza los lotes de producción. Incentiva a una producción más uniforme y frecuente.						
	Período de carguío					
Banco a tronar	1	2	3	4	5	6
A1	■					
A2		■				
A3			■			
B1				■		
B2					■	
B3						■

Ilustración 12: Comparación entre un sistema de tronadura y carguío típico v/s un sistema JIT

La búsqueda de la disminución del Set Up o Tiempo de Preparación, está enfocada justamente para que sea factible una producción más frecuente y con una menor cantidad de lote, lo que induce a una operación más flexible, que pueda responder de mejor manera a las variaciones de la demanda (en nuestro alcance sería referido a la planta).

Perforar y tronar bancos chicos, con sólo el tonelaje necesario con respecto a la próxima tronadura, se orienta a la idea de la Producción sin Desperdicios, más específicamente a la producción JIT.

La ejecución de este tipo de estrategias, relacionadas con realizar perforaciones y tronaduras más pequeñas y frecuentes, genera distintos puntos a considerar, tanto para la disminución de desperdicios, como para la generación de otros desperdicios.

Se disminuyen desperdicios en:

- La menor cantidad de inventario al ejecutar la tronadura
- El incentivo a la producción JIT, con lotes más pequeños para trabajar

- La menor necesidad del camión mezclador a re-cargar explosivo, debido a carguío de bancos más pequeños
- Los menores tiempos de Set Up en la perforación y carguío de explosivo, pues hay menos pozos que preparar

Se generan desperdicios en:

- La mayor frecuencia de tronaduras, que induce a más desperdicios por tiempos de evacuación y movimientos ajenos al objetivo productivo.

En la generación de desperdicios productivos, el cual se produce por los problemas anexos a la evacuación de equipos por tronaduras, nuevamente se vuelve al punto relacionado con los elementos de fragmentación de roca no explosivos.

El desarrollo a futuro de este tipo de tecnologías, haciéndolas más baratas y efectivas en la fragmentación de roca, pueden mejorar considerablemente los problemas de evacuación de la mina, pues las distancias de evacuación de estos elementos no superan los 50 metros, por lo cual, los desperdicios por tiempos y movimientos se reducirían en forma importante.

Al mismo tiempo, se considera totalmente recomendable ocupar este tipo de tecnologías para tronaduras secundarias, que de hecho, actualmente se están usando en algunas mineras en Chile, como minera “Soldado” y minera “Los bronce” de Anglo American.

4.2.2 Disminución de Desperdicios Productivos Orientados al Carguío y Transporte

Una de las soluciones en la disminución de desperdicios en estos procesos, es poder diseñar los equipos de carguío y transporte, tratando de que sus equipos de carguío ocupen la

menor cantidad de paladas posibles, permitiendo aminorar los movimientos en la actividad, y en definitiva, el Tiempo de Preparación. Ello, en la medida que sea factible, pues de alguna manera haría aumentar los costo de capital y costos operacionales directos, por la necesidad de palas mas grandes o una mayor cantidad de camiones de menor tonelaje. Pero al mismo tiempo, se debería obtener, consecuente con una producción más flexible y apuntando a menores desperdicios, una disminución importante de los costos por desperdicios productivos y una mayor flexibilidad en la operación, junto con menores fallas técnicas.

Se debe tener una operación donde la orden de producir venga dada desde la planta hacia el proceso de transporte, asesorado por medio de un sistema de despacho que designe las actividades a ejecutar. Tratando de alimentar la menor cantidad de Stock posible.

Junto con eso, los mismos operarios asumirían la responsabilidad de la calidad de la producción en la operación, y tendrían autoridad para gestionar sobre sus actividades bajo preconceptos establecidos (calidad antes que volumen, mantenimiento preventivo, cuidado de las maquinarias, etc....). Si un conductor de camión encuentra derrame de material en uno de los caminos hacia el chancador, el tendría la autoridad para informar al Departamento de Servicios sobre ese problema, relacionado con la calidad en la operación, y tendría la autoridad incluso para parar su viaje hasta que el derrame sea limpiado.

De esa manera, se asumiría una mayor internalización y cuidado acerca de los errores operacionales, y se formaría una mayor presión para no caer en ellos, teniendo que evitarlos para no afectar la producción, en vez de tener la alternativa de refugiarse en inventarios de emergencia. Al mismo tiempo, los operarios, con mayor autoridad y control sobre sus actividades, se sentirían más motivados en sus labores, incentivando también a que ellos mismos propongan oportunidades de mejora en la gestión de sus actividades, para la reducción de estos problemas.

4.2.3 Mantenimiento y Gestión Minera de los Operadores al estilo JIT

La Producción sin Desperdicios promueve las prácticas del Mantenimiento Productivo, o Mantenimiento “Preventivo Total”. Ello implica que en la operación, la Empresa y el Departamento de Producción promueven el concepto de cero fallas en sus maquinarias. La gran diferencia en este concepto relacionado con la Mantenimiento Productiva lo explica de buena manera Richard J. Schonberger, presidente de la firma Schonberger & Associates, diciendo “El único concepto realmente nuevo...es que el operario asume la responsabilidad, y por último, llega a sentir una sensación de propiedad de la maquinaria”.

Hay que tener en cuenta, como se comentó en el segundo capítulo de esta memoria, que la necesidad de cero fallas en las maquinarias es esencial para una producción JIT, pues al momento de intentar reducir los inventarios de emergencias en las líneas de producción (o en nuestro caso la Mina de Cielo Abierto), las complicaciones con respecto a las fallas de las maquinarias pueden complicar de mayor manera el ritmo de producción, o inclusive, al final del periodo, el cumplimiento de producción.

En el concepto de la Producción sin Desperdicios, se busca una mantención constante, donde el mismo operador sea el responsable del permanente cuidado de la maquinaria. Esto recae en uno de los principios para la ejecución de una Producción sin Desperdicios comentadas anteriormente en el capítulo 2, donde se intenta en este tipo de producción, que los trabajadores y operarios sean multifuncionales con respecto a sus labores.

En la operación JIT, los operarios de la mina deberían tener un número mayor de inducciones, no solamente relacionadas a sus labores específicas en la mina y sus conocimientos de seguridad como comúnmente se hace, sino que también, inducciones relacionadas a las mantenciones de los equipos, y limpieza de los mismos (conceptos de House Keeping).

Operarios con conocimientos, aunque sean básicos de mantención y mecánica, podrían ayudar sustancialmente al cuidado de las máquinas ejecutando distintas labores, como son:

- Revisando sus maquinarias antes de empezar sus labores. Podrían seguir una lista de revisión básica (Check List), que constantemente tengan que estar aplicándola a lo largo del día, y revisando parámetros, como niveles de aceite, niveles de neumáticos, frenos, inspección visual no solo fuera de la carrocería, sino incluso dentro de ella (con las adecuadas inducciones).
- Asistiendo a sus compañeros de mantención en problemas, o panas de maquinaria importantes. Y en el caso de problemas chicos y delimitados, incluso ellos mismos podrían tener las capacidades para arreglarlos, disminuyendo los desperdicios por tiempo que existen cuando se pide a mantención llegar a terreno para asistir una maquinaria.

La asesoría en la mantención, puede ayudar también al mismo operario a internalizar mejor los problemas mecánicos que pudo haber enfrentado. Por ejemplo, si el operario de un camión sobrecalienta su maquinaria y termina por fundir una de las partes del motor, el operador tendrá que llamar a mantención para resolver la falla. Si asumimos que estamos en una Operación sin Desperdicios, el operador tendrá las capacidades para que, al menos, pueda ayudar como un asistente al miembro del equipo de mantención que llegue a arreglar la maquinaria.

El hecho de que el mismo operador tenga que participar y “meter las manos” en la parte que fundió, hará que su internalización sobre el problema que causó, sea incluso mayor, y en el futuro tratará de manejar de tal forma de no calentar la maquinaria, debido a su mejor entendimiento respecto a las consecuencias que ello puede causar.

El operador no solo debería ser más flexible en sus labores, sino que también debería tener un mayor control y poder sobre su gestión. En la Operación sin Desperdicios, el operador incluso tiene la autoridad para parar la producción por problemas de calidad que pueda encontrar, consecuente al concepto TQC, donde la calidad es prioridad por sobre la producción.

4.2.4 Sistema de Arrastre en la Operación Minera

Dentro de las herramientas que se muestran en los talleres de InverChile, relacionado a la operación JIT, está el principio del Sistema de Arrastre en la Operación. En la Industria Manufacturera, existen herramientas como el sistema Kanban, el cual emplea señales (tarjetas o señales), que informa a la operación anterior para producir una unidad más, como se muestra en la Ilustración N° 13:

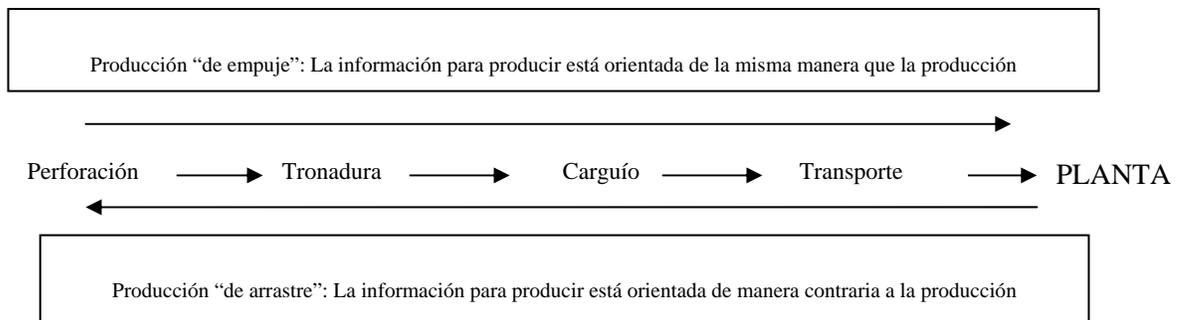


Ilustración 13: Diagrama sobre la orientación de la señal de producción

El concepto del Sistema de Arrastre, está directamente relacionado con el concepto JIT, el cual, como ya se comentó, busca producir “la cantidad que se necesita, cuando se necesita y cómo se necesita” motivado por las necesidades del cliente. Bajo los alcances de esta memoria, nuestro cliente vendría a ser la planta, por lo cual, es la planta la que debería incentivar, constantemente a los procesos anteriores para producir cierta cantidad de toneladas de mineral más. De esta forma, el área de Producción Mina estaría produciendo según las necesidades inmediatas de mineral que posee la planta, y no según la meta de alimentación estimadas en el diseño. En otras palabras, si la planta necesita más mineral para procesar, entonces la mina debe producir y alimentar la planta. Si la planta no está produciendo, o no necesita en el corto plazo mineral, entonces la mina no debería estar moviendo material.

En mis prácticas profesionales dentro de faenas, ha sido común ver, cómo responde el área de Operaciones Mina, con respecto a la demanda de la planta por la alimentación de mineral. Si la planta, por distintos problemas, no puede, o no necesita recibir más mineral por el momento, las operaciones de la mina aprovechan de mover mineral hacia Stock (generando desperdicios por inventario, junto con sobreproducción), o aprovechan de mover una mayor cantidad de estéril hacia los botaderos.

Hay que tener en cuenta, que muchas de las Minas a Cielo Abierto importantes en Chile, basan sus incentivos principales hacia la cantidad de material movido por los distintos turnos de trabajadores. En la Producción sin Desperdicios, la sobreproducción, o en el caso de la minería, “el sobre movimiento”, sería una de las formas de generar desperdicios productivos, incluso el estéril extra que se mueve mientras no se alimenta a planta, genera una producción “por si acaso”, o para adelantarse a las necesidades futuras.

Una gestión enfocada a la eliminación de desperdicios en la minería, produciría de acuerdo a las necesidades inmediatas de la planta, esto quiere decir, que incluso el hecho de mover estéril extra puede generar desperdicios de sobreproducción, con lo cual, se debería mover material estéril solo cuando se alimenta a planta, con las mismas proporciones de la relación estéril/mineral estimada, “no más, no menos”.

4.2.4.1 Reorientación del Incentivo para Producir

Como ya se explicó, en una Operación sin Desperdicios, el proceso siguiente debería ser el motivador, para que el proceso anterior genere una unidad más. En el caso de la minería, para fines de este estilo de producción, no debería ser distinto.

El incentivo para mover material en la mina, más que la cantidad de material a mover dada por el diseño, debería ser el nivel de cómo se satisface a la planta de mineral. Una forma, como propuesta, podría ser el de mantener constantemente el Stockpile de la planta (si es que existe), a un nivel definido. El hecho de que el Stockpile baje su nivel de tonelaje, puede servir como una

señal para producir una “baldada” más, de la misma manera como se trabaja según señales en el sistema Kanban.

Si el Stockpile está en su nivel óptimo, no se debería producir, ocupando el tiempo de los trabajadores en otras actividades que puedan generar valor, como la revisión y mantención de sus maquinarias, y la limpieza de las mismas.

En este caso hay que tomar en cuenta el tema del chancador primario que normalmente esta antes que el Stockpile de planta, debiendo éste, operar con los mismos conceptos relacionados a la Producción sin Desperdicios comentados anteriormente.

Una vez que se percibe que el Stockpile necesita ser alimentado, los camiones de transporte deberían ser informados (por la oficina de despacho generalmente), para ir a algún lugar de carguío y ser cargados.

El cargador, solo cargará un camión si esta posicionado frente a él, y eso se puede tomar como otra señal al estilo Kanban, pero teniendo en claro, que el camión solo se debería posicionar en el banco objetivo, solo si hay una necesidad inmediata de alimentar a planta.

Si bien, la Planificación Corto Plazo puede dar la orden de cuales bancos se deben tronar, el incentivo y momento a tronar, dependería del momento en que los bancos, donde están los cargadores, muestran señales de que el material está cercano a terminarse. Y no por un incentivo del diseño o la planificación.

De este modo, se generaría un Sistema de Arrastre, dependiente de las variaciones sobre las necesidades del “cliente”. Al mismo tiempo, como se estaría trabajando en un sistema JIT, los Tiempos de Preparación en los distintos procesos no deberían ser muy largos, y junto con la flexibilidad de operación, ayudaría a hacer factible este tipo de Sistema de Producción.

4.3 Experiencias o Intentos de Aplicación en Minería dentro de este Enfoque de Producción

La información y estudios relacionados con la Minería sin Desperdicios, son bastante vagos y poco desarrollados. No se ha encontrado en la literatura, mineras que hayan implementado este tipo de Sistemas de Gestión, orientados al menos, a ese objetivo (menor desperdicio para operaciones más flexibles y con una prioridad hacia la calidad).

Existe una consultora Australiana llamada “Element CMC”, donde ofrecen en su página web (“www.elementcmc.com/element_mine_products.html”), una serie de herramientas que sirven como facilitadores para la gestión minera enfocada a la Producción sin Desperdicios, pero no necesariamente enfocada a los procesos de extracción de mineral, sino mas bien, hacia las áreas de Mantenimiento Mina o Servicios.

En la experiencia dentro de algunas faenas mineras, he visto implementaciones que se asemejan a muchas de las herramientas que propone la Producción sin Desperdicios. La diferencia está más relacionada con el objetivo hacia donde está orientada la ejecución de estas herramientas. Por ejemplo, una de las herramientas que propone la Producción sin Desperdicio, como habíamos mencionado, está orientada hacia el concepto de House Keeping (5S), que me ha tocado ver intentos de implementación en mineras como “Cerro Colorado” (Chile) o “Nickel West” (Australia), las dos mineras de BHPbilliton, pero el objetivo con el que se ocupan estas herramientas en las operaciones mineras (enfocadas al cuidado, orden y limpieza, y realizado por los mismos operarios en sus áreas de trabajo), está orientado a una mayor eficiencia y cuidado de los trabajadores, cosa de hacer las cosas de mejor manera y responsabilidad, pero no como un facilitador para aminorar los desperdicios productivos.

Temas relacionados a la “Calidad Fácil de Ver”, me tocó presenciar en la minera “El Soldado” de Angloamerican, en donde conocí distintos intentos para la ejecución de este tipo de herramientas, pero no necesariamente como un facilitador hacia el mayor empoderamiento de los trabajadores, y una prioridad hacia la calidad, sino que estaba más relacionado a una mayor concientización sobre la producción.

Conceptos como los six-sigma, relacionados con la calidad, están ampliamente implementados en muchas faenas mineras, pero no enfocados como una herramienta para los conceptos de la Minería sin Desperdicios (TQC y JIT implementados a la minería) propiamente tal, sino que se orienta más hacia una búsqueda de la mejora en la Calidad de Producción.

Si bien hay herramientas que son parte de la Producción sin Desperdicios, las cuales efectivamente se implementan en la Minería a Cielo Abierto, no apuntan como facilitadores para alcanzar los principios de la Minería sin Desperdicios, y tampoco a sus objetivos.

5. CONCLUSIONES

Este estudio presenta distintos procesos en Faenas Mineras a Cielo Abierto, con una gran cantidad de actividades que no generan valor al producto, incluso son más abundantes con respecto a las que si las generan.

Las operaciones de perforación y tronadura, son las actividades con mayores tiempos de preparación, además de una gran cantidad de actividades de larga duración que no generan valor, pero que se muestran bastante difíciles de eliminar en el corto plazo, como son las evacuaciones en el momento de tronar, o la incapacidad de poder perforar y cargar explosivo en el mismo banco.

La generación de grandes cantidades de Stock, es uno de los mayores problemas generadores de desperdicios productivos, aumentando los costos operacionales de manera indirecta y ayudando a esconder problemas operacionales no resueltos en la mina.

Las mayores recomendaciones en la Operación Minera sin Desperdicios, van orientadas a la disminución de los tiempos de preparación, junto con una mayor preocupación con respecto al Mantenimiento Productivo, en estos casos, los operarios tienen que ser los protagonistas en la gestión de la producción, cuidando la calidad en sus respectivas labores. Ello requiere operarios con una preparación distinta a la actual, más flexibles, con mayores conocimientos y autoridad sobre sus gestiones, de igual manera que en las actividades anexas a él.

5.1 Factibilidad de la Producción sin Desperdicios en la Minería a Cielo Abierto.

Los principios presentados en esta memoria, relacionados a la Producción sin Desperdicios, se muestran como una alternativa viable a la gestión de operaciones en una mina de cobre a Cielo

Abierto. Muchas de sus características incluso se pueden implementar en el corto o mediano plazo, eso sí, bajo ciertos parámetros limitados por la operación.

Junto con eso, se ha visto de muchas maneras, que la orientación de la tecnología en varios procesos Productivos en la minería, apunta a equipos más autónomos, que ayudarían considerablemente a la disminución de los tiempos de preparación, como los equipos de perforación y camiones mezcladores asesorados con GPS comentados anteriormente. De la misma forma, los sistemas de despacho, ampliamente usados en las operaciones de minería a Cielo Abierto, continuamente está proponiendo mejoras para minimizar la variabilidad en los tiempos de carguío y transporte, ayudando a sincronías de distintos procesos junto con una producción más uniforme, que es uno de los objetivos de la Producción sin Desperdicios.

Esto no quiere decir que este tipo de producción se pueda implementar de una forma directa y simple. Hay que romper muchos conceptos bastante arraigados en la minería, relacionados con la forma de producción y su intento en mover la mayor cantidad de material posible aunque se tenga que asumir en muchas ocasiones, costos operacionales un poco mayores.

Alguna de las posibles soluciones presentadas en los subcapítulos anteriores, son muy difíciles de implementar en un plazo inmediato, pero ello no significa que no se deberían plantear conceptos y soluciones para poder aminorar sus tiempos de preparación, sin tener que ceder en las exigencias de los aspectos de la seguridad y legislación laboral.

Además, este tipo de administración, no solo necesitaría de costumbres distintas para operar, sino también, una importante necesidad de cambiar la cultura y comportamiento en la producción minera, tanto en los operarios mina, como en la administración.

El apoyo de gerencia en este tipo de cambios tan radicales es esencial, y se necesita imponer una voluntad real y comprometida por parte de la administración para ejecutar estos cambios.

No es fácil proponerle a la gerencia de una mina, que para implementar este tipo de actividades, imponiendo la calidad por sobre la producción, que quizás sea necesario disminuir el ritmo de producción, de tal forma de dar un mayor tiempo a las Mantenciones Productivas y ayudar a los trabajadores a producir con mejor calidad.

Además, hay que tener en cuenta que la producción en un rajo difiere en muchos casos de una operación manufacturera, con lo cual, existen herramientas y soluciones que podrían ser implementadas solo en la industria manufacturera pero no en la minería a rajo abierto. Por ejemplo, una de las propuestas que la Producción sin Desperdicios promueve, es la reorganización de las líneas de producción, de tal forma que los distintos procesos estén más cerca entre ellos (líneas en U por ejemplo, o células productivas para ejecutar más de una actividad en un mismo lugar de la línea), cosa que evidentemente, por las características naturales que presenta la producción minera, sería altamente complicado o costoso implementar.

Pero para ver una solución a la implementación de este tipo de producción, se tienen que recibir los principios generales y fines que propone, más allá de las herramientas específicas que la actual industria está implementando. Y con esos conceptos internalizados, moldearlos a las necesidades de la Minería a Cielo Abierto.

Aunque las actividades mineras tienen grandes diferencias productivas con las Empresas manufactureras, aun así, se comportan de manera similar a un sistema MRP (Manufacturing Resource Planning), buscando un lote óptimo de producción y resguardándose de inventario para satisfacer los largos tiempos de preparación y problemáticas de fallas no esperadas en sus distintos procesos. Por lo mismo, los principios implementados en la gestión sin desperdicios, para disminuir estos problemas, deberían también mostrarse como una ayuda a la problemática presente dentro de los procesos mineros.

Si bien es difícil pensar en una minería flexible, al menos en el corto o mediano plazo, que pueda responder a los cambios en la demanda de manera inmediata dado sus largos tiempos de Set Up. Este tipo de gestión ayudaría al menos a apuntar hacia ese objetivo en el largo plazo, y presentar soluciones simples y prácticas a problemáticas operativas en el mediano o corto plazo.

También, esta manera de administrar, asumiendo el concepto de “calidad primero” en la Producción sin Desperdicios (TQC), presenta principios prácticos en la operación con calidad. Esto no solo significa producir de manera correcta y sin contratiempos, sino también, se ofrece como una forma viable y atractiva, relacionado a cómo gestionar los temas relacionados a la

salud, seguridad y medio ambiente dentro de la producción, que en esta última década han sido esenciales en la forma de producir en minería.

6. REFERENCIAS

- Schonberger, Richard. “Técnicas japonesas de fabricación”. Noriega Limusa, 1990. pp.7-108.
- Moscoso, Christian. Presentación “*Taller de Producción sin Desperdicios*”. InvertChile.
- Browne, Jimmie. “*Production Management Systems, a CIM Perspective*”. Addison-Wesley. 1988. pp. 57-159
- Suzaki, Kiyoshi. “*Techniques for Continuous Improvement*”. The free press. 1987. pp. 7-18
- Topp, Vernon, y otros. “*Productivity in the Mining Industry*”. Australian Productivity Commission, 2008.
- Bank Of Boston, Federal Reserve. “*What is Productivity?*”. (En línea)
<http://www.bos.frb.org/education/ledger/ledger04/winter/whatisprod.htm>