



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

**ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO PARA EVITAR QUIEBRES DE
STOCK DE REPUESTOS CRITICOS, POR DIFERENCIAS DE INVENTARIO FÍSICO
VS ERP, EN EL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE PLANTAS
CONCENTRADORAS DE COBRE**

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

HANSEL ERNESTO SEPÚLVEDA HUERTA

**PROFESOR GUÍA:
JULIO ENRIQUE MORALES OLIVARES**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
ENRIQUE JOFRÉ ROJAS
IVÁN BRAGA CALDERÓN**

**SANTIAGO DE CHILE
2022**

RESUMEN DE LA TESIS PARA OPTAR AL GRADO
DE: Magister en Gestión y Dirección de Empresas
POR: Hansel Ernesto Sepúlveda Huerta
FECHA: 2022
PROFESOR GUIA: Julio Enrique Morales Olivares

ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO PARA EVITAR QUIEBRES DE STOCK DE REPUESTOS CRITICOS, POR DIFERENCIAS DE INVENTARIO FÍSICO VS ERP, EN EL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE PLANTAS CONCENTRADORAS DE COBRE

La presente tesis muestra en detalle cual es la importancia de la exactitud de inventario para las áreas de abastecimiento y mantenimiento, además de mostrar con ejemplos reales las pérdidas que se pueden ocasionar cuando los sistemas no pueden ser mantenidos por no contar con los repuestos, como consecuencia de un stock de bodega poco confiable.

Las diferencias de inventario ERP vs físico en bodega se producen cuando el material, al consultar el sistema se encuentra disponible, pero no se encuentra en su ubicación física de bodega cuando se va a retirar. Estas diferencias muchas veces pasan desapercibidas y son tratadas como ajuste de inventario, no quedan registros, no son trazables, ni tampoco se generan planes de acción a nivel compañía para tratarlas. En determinadas condiciones estas diferencias pueden generar grandes impactos al proceso productivo, por ejemplo: si una actividad de mantenimiento se programa y no puede ser ejecutada por que el repuesto no se encontró, implica postergar la mantención del equipo y por ende extender la frecuencia de mantenimiento, lo que produce de inmediato un aumento en la probabilidad de falla.

Dado que las diferencias entre stock ERP y real no son siempre evidentes, se debe validar si efectivamente existe el problema y para esto se aplican las siguientes líneas de acción; encuesta a los usuarios, búsqueda de antecedentes que evidencien la problemática (por ejemplo, correos electrónicos) y data en el sistema ERP que pueda confirmar que existen estas diferencias.

Mediante el análisis del proceso, la generación de KPI y la utilización de algunas herramientas lean, se puede hacer evidente la falla, cuantificarla y generar planes de acción. Este trabajo tiene como **propuesta de valor**, al mejorar la exactitud de inventario, mantener un sistema confiable, evitar los reprocesos, contar con los repuestos cuando se requieren, realizar las reposiciones de manera oportuna y evitar las detenciones de producción por equipo critico detenido por espera repuestos.

Tabla de Contenido

| | |
|---|-----------|
| 1. Introducción..... | 1 |
| 2. Objetivo General..... | 3 |
| 3. Objetivo Especifico..... | 3 |
| 4. Gestión De Materiales en Mantenimiento. | 4 |
| 5. Inexactitud de Inventario y El Impacto En la Organización. | 7 |
| 5.1. Encuesta Compañía Minera A: | 8 |
| 5.2. Encuesta Compañía Minera B: | 10 |
| 6. Exactitud de Inventario Un Riesgo Para La Continuidad Operacional. | 12 |
| 7. La exactitud de inventarios en las bodegas. | 15 |
| 8. Conceptos importantes para la exactitud de inventarios. | 18 |
| 8.1. Criterio ABC..... | 19 |
| 8.1.1. Exactitud De Inventario Recomendada..... | 20 |
| 8.2. WOPIFOT..... | 22 |
| 8.3. Metodología Lean y Su Aplicación En Minería. | 23 |
| 8.3.1. Selección del problema:..... | 24 |
| 8.3.2. Descripción del problema: | 24 |
| 8.3.3. Definición de objetivos:..... | 24 |
| 8.3.4. Identificación de la causa del problema:..... | 24 |
| 8.3.5. Generación de Plan de acción: | 25 |
| 8.3.6. Verificación de Soluciones: | 25 |
| 8.3.7. Normalización del Problema:..... | 25 |
| 8.3.8. Comunicar resultados: | 25 |
| 8.4. Factores Claves | 27 |
| 9. Determinar Las Causas De La Inexactitud De Inventario..... | 28 |
| 9.1. Diagrama Ishikawa..... | 29 |
| 9.2. Análisis De Los 5 ¿Por Qué?:..... | 31 |
| 10. Recomendaciones y Posibles Soluciones. | 34 |
| 11. Evaluación Del Impacto De la Implementación..... | 37 |
| 12. Inversión Estimada y Captura De Valor. | 39 |
| 12.1. Captura De Valor Económica..... | 41 |
| 12.2. Captura De Valor Adicional. | 43 |
| 13. Conclusión. | 44 |
| 14. Bibliografía..... | 47 |

| | |
|--|-----------|
| Anexos..... | 48 |
| Anexo A: Extracto listados de ordenes reprogramadas..... | 48 |
| Anexo B: Extracto de un listado de repuestos y su criticidad..... | 51 |
| Anexo C: Resultado pregunta abierta encuesta | 52 |
| Anexo D: Sistema para control de repuestos en bodega | 54 |

1. Introducción.

En la industria minera el mantenimiento es una de las actividades claves, representa entre un 20% y 35% del presupuesto total [1] y permite el cumplimiento de las metas de producción ya que asegura la disponibilidad. De igual forma cuando la gestión de mantenimiento no es la adecuada genera pérdidas de producción ya sea por indisponibilidad de equipos, sobre gasto por reprocesos o improductividad.

Importante dentro del proceso de mantenimiento es la gestión de materiales tanto por los costos directos, donde representan un 30%, como por el impacto en la producción que produce la falta de ellos [2].

Cuando existe una diferencia entre el inventario en sistema y el inventario físico, esto se conoce como inexactitud de inventario, el cual puede ser producido por diferentes causas, por ejemplo, robos de materiales, error humano de conteo, ingreso de los datos al sistema o ubicaciones incorrectas [3]. Estas diferencias de stock tienen como resultado la falta del material para realizar la mantención del equipo, lo que significa reprogramar la actividad hasta que se cuente con los materiales disponibles. Durante el tiempo que demore la reposición del inventario y el equipo no pueda ser mantenido, existe la probabilidad de falla y en el caso de los equipos críticos la falla significa pérdida de producción.

Un ejemplo que puede resaltar el valor de este análisis es el siguiente, si algunos de los revestimientos de un molino SAG no son cambiados durante la mantención programada debido a que no se encuentran en bodega, aun cuando si estaban disponibles en el sistema, esto implica que se deben incorporar detenciones no programadas para inspección, reparación y una vez que se reponga el stock, se debe detener el equipo nuevamente para realizar el cambio. Dependiendo del tiempo que se demore abastecimiento en reponer el inventario la pérdida es acumulativa. Si suponemos 48 horas totales de detención (12 hrs para inspección/reparación y 36 hrs para cambio) el resultado es el siguiente

| | tph | hrs | Mineral (t) | Cu (t) |
|-----|------|-----|-------------|--------|
| SAG | 2200 | 48 | 105.000 | 504 |

Tabla 1: de elaboración Propia (80% recuperación y 0,6% de ley cu)

En el ejemplo anterior la inexactitud del inventario generó la pérdida de oportunidad de producir 504 t de cobre fino. Lo que equivale a aproximadamente **4.000.000 USD, con un precio de 3,5 (usd/Lb).**

El ejemplo anterior está específicamente relacionado con equipos extremadamente críticos y el impacto es directamente cuantificable. Pero las inconsistencias de inventario no solo están relacionadas con equipos críticos, también se dan en repuestos asociados a equipos altamente críticos, de baja criticidad y también en materiales de alta rotación como por ejemplo pernos, tuercas, soldadura, etc.

Otro ejemplo para describir el impacto en la organización: El área de mantenimiento necesita realizar la mantención de un espesador de relaves, para lo cual solicita al área de planificación de la producción que incluya este mantenimiento en el presupuesto, lo cual es realizado, reflejado en el plan de producción, presentado a la alta gerencia y aprobado.

Con el plan aprobado, mantenimiento revisa los repuestos que se encuentran en bodega utilizando el ERP y comprueba que todos los repuestos están con stock necesario, paso siguiente genera los contratos con los especialistas, arrienda las grúas que son requeridas, programa la supervisión y genera el plan.

El día de la mantención llega, el espesador fue vaciado 5 días antes y se encuentra disponible para la intervención, todos los servicios están en el punto como fue planificado y el área ejecutora comienzan a llevar los repuestos desde la bodega al lugar de trabajo, durante este proceso se detecta que uno de los repuestos aun cuando está con stock disponible en el sistema ERP no se encuentra físicamente y consultando al proveedor este indica que tiene un plazo de entrega de 4 meses. No se puede hacer la mantención sin ese repuesto por lo cual se debe desmovilizar los servicios, devolver el equipo a operaciones y generar planes de acción para mantener el equipo operativo hasta que se cuente con el repuesto.

Es un ejemplo de un caso probable, ¿Cuál es la consecuencia de esta inconsistencia de inventario?; El equipo se detuvo y no se agregó valor en esta detención, existen pagos asociados a las empresas que asistieron al mantenimiento, pérdida de credibilidad con la alta gerencia, pérdida de credibilidad con el sistema de bodega y un largo etc.

En el ejemplo anterior la falla es visible por la cantidad de coordinaciones que fueron realizadas. Pero en el día a día, en mantenciones pequeñas y rutinarias es aún más probable que se generen pérdidas que se diluyen y finalmente pasan desapercibidas

El trabajo que se explica a continuación busca mostrar el origen estas fallas para generar un plan consistente que permita anticiparse y disminuir el impacto.

2. Objetivo General.

El objetivo de este estudio/análisis es proponer mejoras en la gestión de materiales que permitan mejorar la exactitud de inventarios y así eliminar las potenciales pérdidas de producción asociada. El enfoque en este análisis son las plantas concentradoras de cobre, siendo aplicable también a otras operaciones o industrias donde se hayan detectado problemas de exactitud de inventario.

3. Objetivo Específico.

Identificar los factores que generan diferencias de inventarios y priorizarlos de acuerdo con su ocurrencia e impacto económico. La línea base del estudio es cualquier sistema de logística-bodega, donde se hayan detectado diferencias de inventario en repuestos asociados a equipos que pueden ser críticos o que demuestren reprocesos, pérdida de productividad o afectación al clima laboral por la falta de exactitud y confianza en los registros del ERP.

Proponer mejoras de procesos y procedimientos de acuerdo con lo indicado en la literatura y el benchmark.

Lograr una exactitud de inventario para equipos críticos igual o mayor al 98% en un tiempo estimado de 12 meses, que pueda ser evidenciado mediante un indicador específico de exactitud de inventario.

Utilizar una inversión de aproximada de 930 KUSD y evidenciar que la ganancia económica es superior a la inversión, si se realizan los cambios en la gestión de inventarios para aumentar la exactitud y disponer de un sistema confiable y medible en el tiempo.

Dado que se incorporarán mejoras al proceso se debe realizar un análisis de los riesgos e impactos de la implementación y generar un plan de acción que permita abordarlos en la medida que surjan y que involucren a todos los stakeholders.

4. Gestión De Materiales en Mantenimiento.

En el caso del mantenimiento el proceso de gestión de materiales nace de la solicitud de trabajos los cuales pueden tener los siguientes orígenes:

- Estrategia de mantenimiento (plan Matriz)
- Trabajo a condición proveniente del monitoreo de condiciones.
- Solicitudes operacionales ya sean estas panificables o urgentes.

La forma en que son tratadas estas solicitudes para transformarse en una orden de trabajo, ser ejecutada y luego ser cerrada para que forme parte del historial de cada equipo, dependen en particular de la política de mantenimiento de cada empresa, pero un flujo resumido y comúnmente visto en la industria es el indicado en la figura 1.

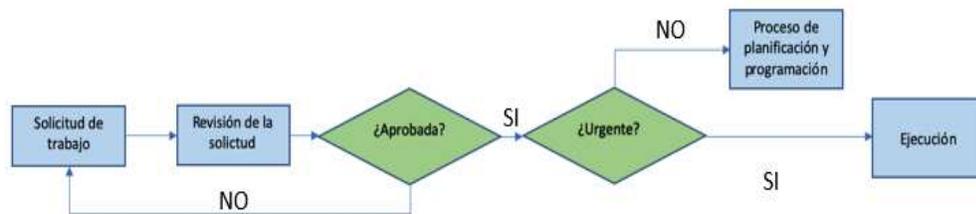


Figura 1: flujo del aviso (elaboración propia)

Cuando la orden de trabajo proviene de un plan matriz, previamente se definió la pauta de mantención correspondiente y con esto; el tiempo, la dotación, los materiales y los equipos de apoyo que son requeridos. Al momento de generarse la orden de trabajo, lo que corresponde es asegurar lo necesario para que pueda ser ejecutada dado que lo anterior implica compras y asignación de recursos que pueden tomar un tiempo, por regla general la orden de trabajo debe ser programada para una fecha donde se cuente con lo necesario para poder ejecutarla.

Cuando la solicitud de trabajo (aviso) proviene de un requerimiento de terreno ya sea por un análisis sintomático o por una inspección, se requiere que la orden sea creada con la mejor descripción, definiendo la ubicación del trabajo, una estimación de dotaciones (HH), repuestos que serán necesarios y equipos de apoyo (grúas, luminarias, andamios, etc).

Las solicitudes son definidas con prioridades (esta prioridad ya debe venir del criterio experto del supervisor de terreno), esto indicará si el trabajo se debe realizar de

inmediato (P1), en los próximos días (P2), en las próximas semanas (P3) o se debe esperar la mejor oportunidad alineado con el plan de producción (P4).

Si la solicitud se debe ejecutar de inmediato o en los próximos días, se debe ejecutar con los recursos disponibles y si es necesario activar los protocolos de urgencia definidos por la empresa; derivando recursos, asignando compras urgentes, revisando disponibilidad de repuestos en otras faenas, etc. ya que el objetivo es resolver el problema y con esto asegurar continuidad de marcha.

Si la solicitud permite planificar el trabajo, ya sea porque la condición permite que se pueda realizar en las próximas semanas o alinearlo al plan de producción, este entrará en el flujo indicado en la figura 2.

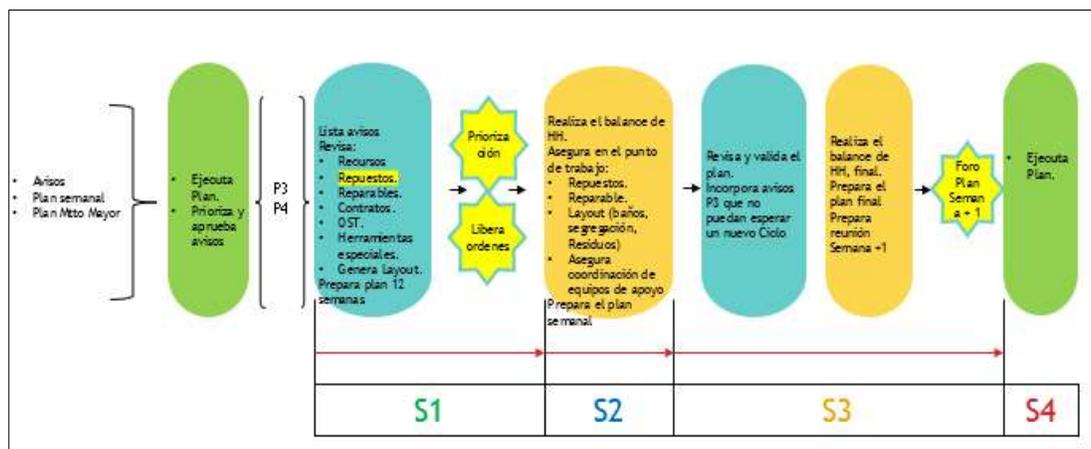


Figura 2: flujo de la orden P3 y P4 (elaboración propia)

El aviso prioridad 3 o 4 (P3-P4) es tomado por el planificador, quien verificara si cuenta con los repuestos necesarios, las dotaciones, los equipos de apoyo y todo lo que es requerido para ejecutar. En el caso de que el aviso cuente con todo para ser ejecutado el planificador definirá una fecha de ejecución y transformará ese aviso en una orden de trabajo que luego validará con las áreas interesadas, una vez validada la orden de trabajo pasa al flujo de programación donde el programador valida una fecha y hora de ejecución, asigna la HH necesaria y asegura que los repuestos sean retirados de bodega y puestos en los puntos de mantención. Es así como la orden de trabajo queda programada para ser ejecutada, un grupo de ordenes de trabajo ordenadas por día dentro de la semana se llama comúnmente **plan de mantenimiento semanal**.

El planificador trabaja con un horizonte mínimo de 12 semanas, esto quiere decir que está visualizando los trabajos que se realizaran en las próximas 12 semanas (ciclo móvil) ya que hasta ahí cuenta con la confirmación de repuestos, recursos, etc.

El programador trabaja con un horizonte de 3 semanas: semana 1 recibe las órdenes y las comienza a procesar, realizando la solicitud de equipos y la solicitud de repuestos, Semana 2 confirma equipos, repuestos, cierra el plan y lo entrega a ejecución, Semana 3 el plan inicia su ejecución. Nótese que el proceso del programador el tiempo es acotado y en caso de que no confirme los recursos (repuestos, equipos, HH, etc), la actividad no podría ingresar al plan debiendo ser pospuesta para una fecha posterior ingresando como un reproceso al ciclo del planificador (también conocido como Backlog).

En general el proceso antes descrito es realizado en la industria minera con la ayuda de sistemas ERP, por la cantidad de equipos y la intensidad del mantenimiento es la forma más eficiente de realizarlo. Por lo tanto, la confirmación de repuestos es realizada por el planificador desde el módulo de materiales de ERP que a su vez está conectado con el área de abastecimiento (compras y bodega). Cada vez que el planificador verifica que el repuesto tiene existencia en bodega confirma el trabajo y si por el contrario no tiene existencia en bodega, solicita la gestión de compra y con el lead time entregado proyecta la ejecución de trabajo a futuro.

Cuando la orden de trabajo llega al ciclo de programación se da por hecho que el material se encuentra disponible en bodega, el trabajo se programa, se envía buscar el repuesto a bodega para disponerlo en los puntos de ejecución del trabajo. Si el repuesto no es encontrado en bodega esto es conocido como quiebre de stock y es el resultado de que el módulo de materiales del ERP tenga una inconsistencia con el inventario en bodega (exactitud de inventario).

La diferencia entre el inventario en ERP y el inventario en físico, de aquí en adelante denominado exactitud de inventario, genera una serie de reprocesos internos para el personal que fue a buscar un material, para el planificador y programador que cerraron un plan que no se puede ejecutar y posteriormente con el área de compra que tendrá que “correr” para reponer el inventario. Lo anterior genera pérdidas de productividad, afecta al clima laboral y hace perder confianza en el sistema ERP.

Existen otros motivos por los que el material no esté disponible para realizar los trabajos, como por ejemplo; demora en la gestión de compra, por lead time indicados en el ERP y no confirmados por el proveedor, Incumplimiento del proveedor y vencimiento de los contratos de consignación, por mencionar los más frecuentes. Estos modos de falla no son el objetivo de este trabajo ya que tienen una mayor visibilidad y por lo general en las compañías mineras se encuentran abordados y monitoreados.

5. Inexactitud de Inventario y El Impacto En la Organización.

La inexactitud de inventarios es una problemática que existe en la industria minera principalmente asociada a repuestos de baja criticidad. Cuando se identifican, para evitar impactos, las áreas de planificación reprograman las actividades por lo que pasan desapercibidas para la gerencia y provocan perdidas ocultas que no son medidas ni controladas y con el tiempo se “normalizan” aun cuando son una pérdida de eficiencia sistemática.

El hecho de que pasen desapercibidas y luego se normalicen, hace que poco se hable en la industria minera sobre estas inconsistencias y por lo tanto no se generan planes de acción solidos para abordarlas, emergen cuando afectan a equipos críticos y las pérdidas son cuantiosas, en esos casos se generan planes de acciones puntuales para corregir el evento y luego vuelven a pasar a un segundo plano. Dado lo anterior es importante confirmar con los usuarios si efectivamente estas inconsistencias existen y si tienen o no un impacto que haga necesario generar acciones para controlarlas.

Para obtener la opinión de los usuarios con respecto a la inconsistencia de inventarios se realizó una encuesta en las áreas de planificación de dos compañías mineras distintas e independientes entre sí (designadas para efectos de este trabajo como compañía minera A y B). La encuesta consiste en 4 preguntas, dirigidas a los usuarios del sistema, elaboradas para que puedan ser respondidas de manera rápida y simple en base a sus experiencias en el trabajo diario:

Las preguntas son:

- ¿Dentro de los últimos 6 meses ¿en cuantas ocasiones has detectado diferencias de inventario entre el sistema vs el real?
- ¿Cuántas horas al mes inviertes reprogramando actividades por diferencias entre el stock físico y real?
- ¿Cuánto impactan estas diferencias de inventario en la calidad de tu trabajo?
- ¿Qué tanto impactan estas diferencias de inventario en el clima laboral?

A continuación, se adjuntan los gráficos que resumen el resultado de las encuestas para cada una de las compañías mineras.

5.1. Encuesta Compañía Minera A:

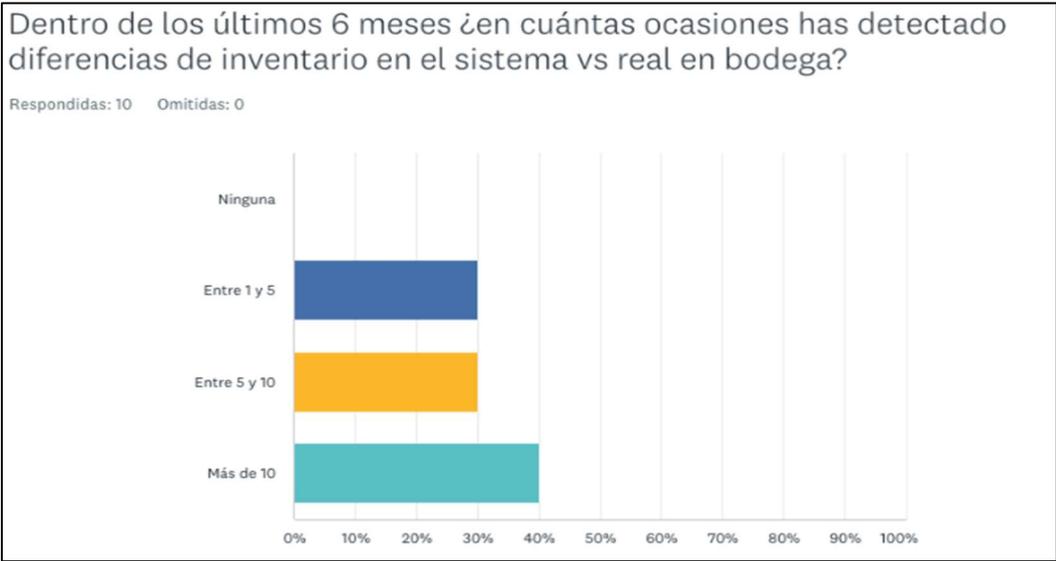


Gráfico 1

Observando el gráfico 1 se puede comentar que todos los usuarios encuestados han detectado diferencias de inventario y el 70 % de ellos respondieron que más de 5 veces en los últimos 6 meses.

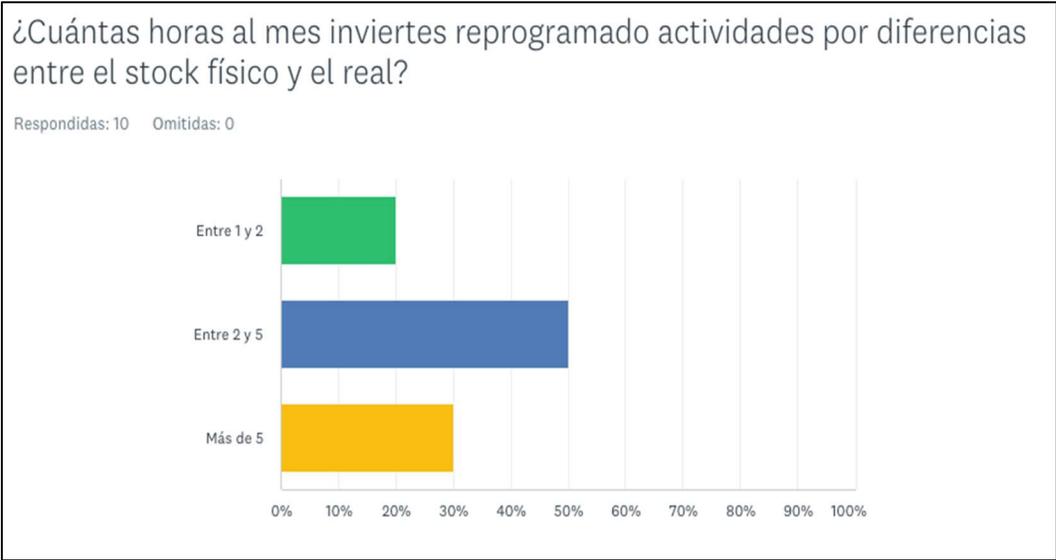


Gráfico 2

Observando el gráfico 2 se puede comentar que todos los usuarios encuestados han invertido tiempo extra para reprogramar (rehacer) el trabajo debido a diferencia de inventario. El 50 % invierte entre 2 y 5 horas al mes y el 30% invierte más de 5 horas.

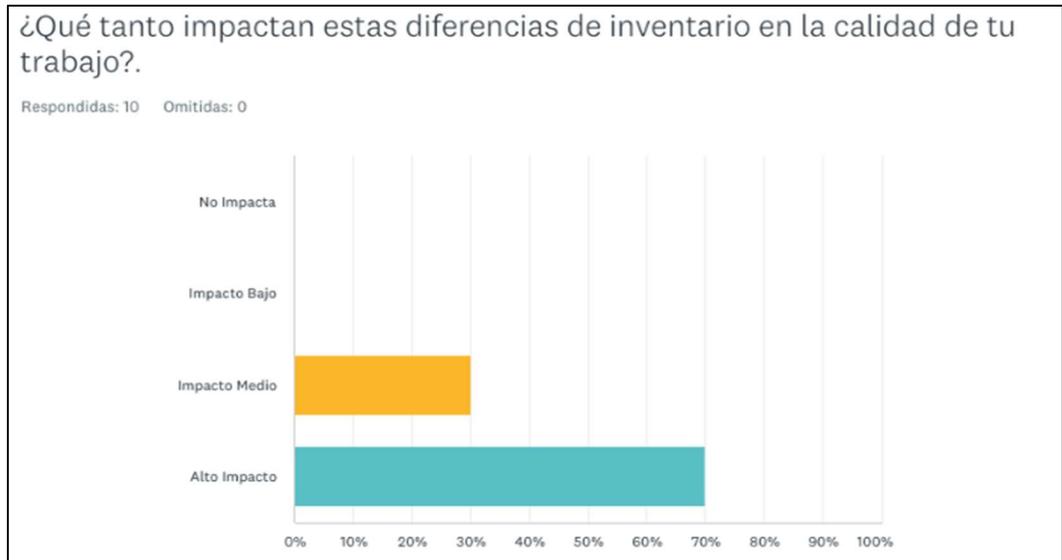


Gráfico 3

Observando el grafico 3 se puede comentar que todos los usuarios encuestados manifiestan que existe un impacto en la calidad del trabajo y el 70% le asigna una valoración de alto impacto.

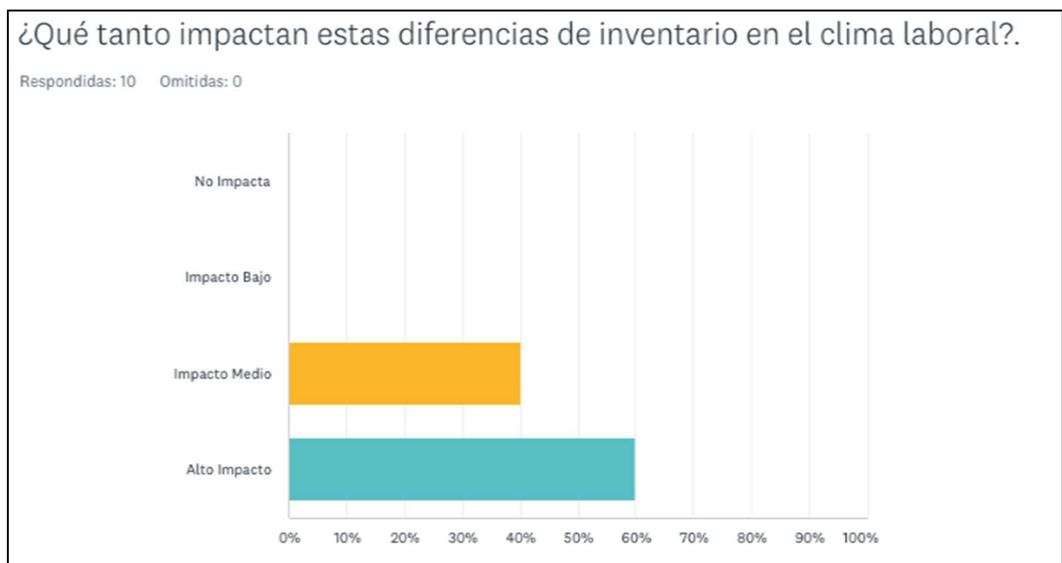


Gráfico 4

Observando el grafico 4 se puede comentar que todos los usuarios encuestados manifiestan que existe un impacto en el clima laboral y el 70% le asigna una valoración de alto impacto.

5.2. Encuesta Compañía Minera B:

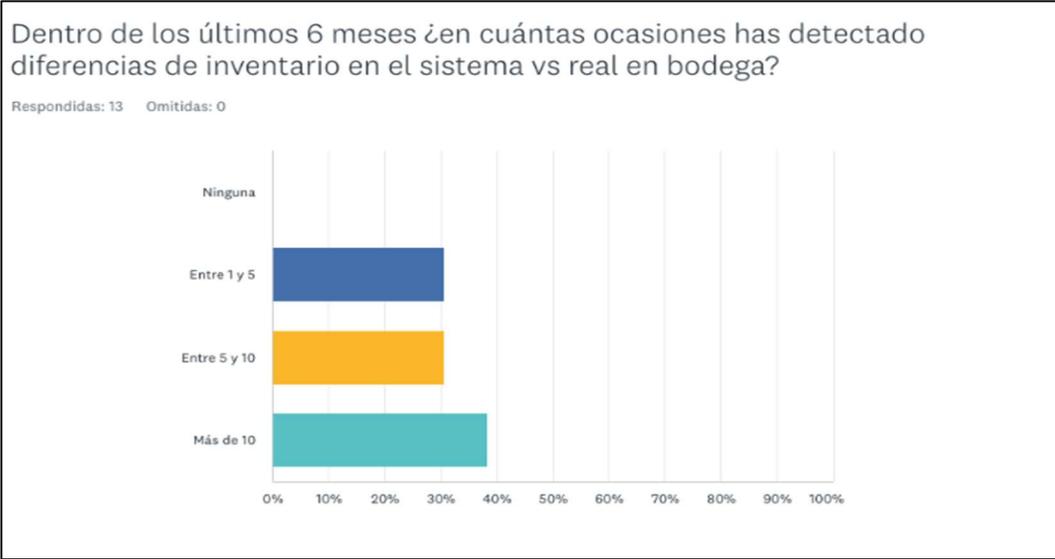


Gráfico 5

Observando el grafico 5 se puede comentar que todos los usuarios encuestados han detectado diferencias de inventario y el 70 % de ellos respondieron que más de 5 veces en los últimos 6 meses.



Gráfico 6

Observando el grafico 6 se puede comentar que todos los usuarios encuestados han invertido tiempo extra para reprogramar (rehacer) el trabajo debido a diferencia de

inventario. El 45 % invierte entre 1 y 2 horas al mes y el 20% indica que invierte más de 5 horas mensuales.

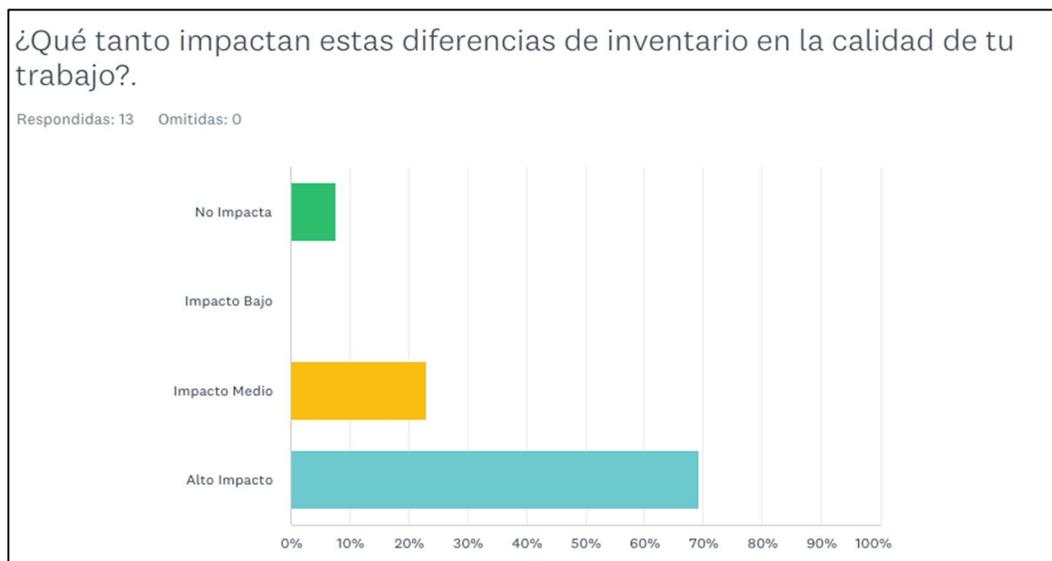


Gráfico 7

Observando el grafico 7 se puede comentar que un 10% indica que no tiene impacto en la calidad del trabajo y el 70% le asigna una valoración de alto impacto.

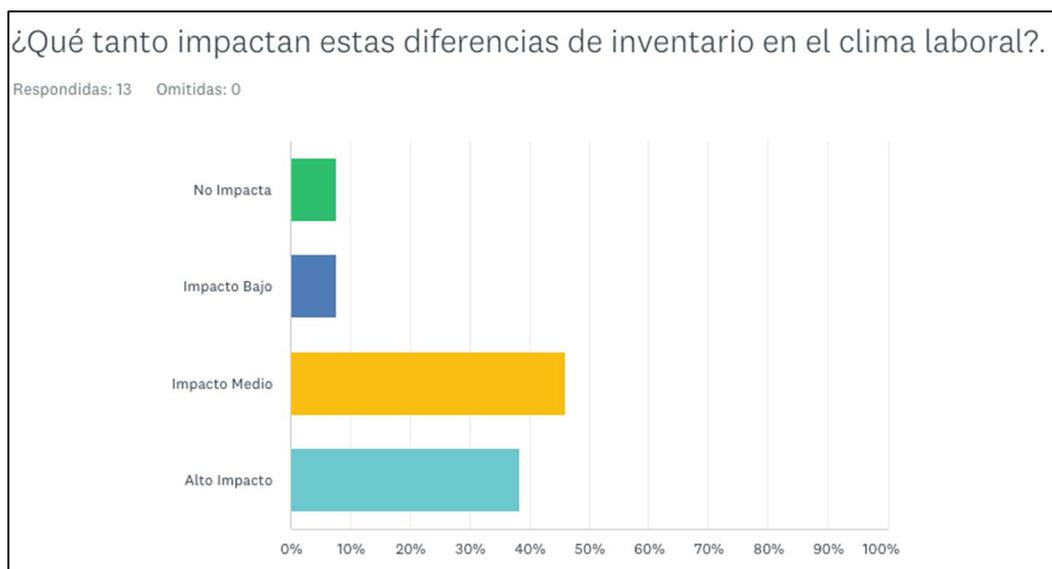


Gráfico 8

Observando el gráfico 8 se puede comentar que aproximadamente un 5% indica que no impacta. Todos los usuarios encuestados manifiestan que existe un impacto en el clima laboral y el 90% le asigna una valoración de medio o alto impacto.

En resumen, la encuesta nos permite inferir que, aun cuando son compañías mineras distintas e independientes entre sí, el resultado en ambas es similar y evidencia que la diferencia de inventarios es una problemática recurrente. También se puede interpretar que los usuarios sienten que esto impacta en la productividad, calidad y clima laboral. Con el resultado de las encuestas se confirma que existe razón suficiente para buscar oportunidad de mejoras y proponer solución a este problema.

Analizando las repuestas de los usuarios se puede concluir que si se disminuye la inexactitud de inventario no solo se producirá un impacto económico, también se producirá **un impacto positivo en la productividad, calidad del trabajo y el clima laboral**. Con lo anterior se refuerza el potencial de agregación de valor que existe en este trabajo.

6. Exactitud de Inventario Un Riesgo Para La Continuidad Operacional.

En un análisis realizado en base a información disponible en sistema ERP (en este caso SAP), se analizan un total de 8.825 órdenes de trabajo, de las cuales 63 tienen dentro de la orden una indicación de reprogramación por falta de stock de repuestos. Las ordenes cuentan con la clasificación para determinar el impacto en el proceso. Entonces los equipos B son equipos de baja criticidad, los equipos M son equipos de criticidad Media, los equipos A son equipos de alta criticidad y los equipos E son equipos extremadamente críticos. Estos últimos, cuando se encuentran indisponibles, impactan de manera directa la seguridad o la producción.

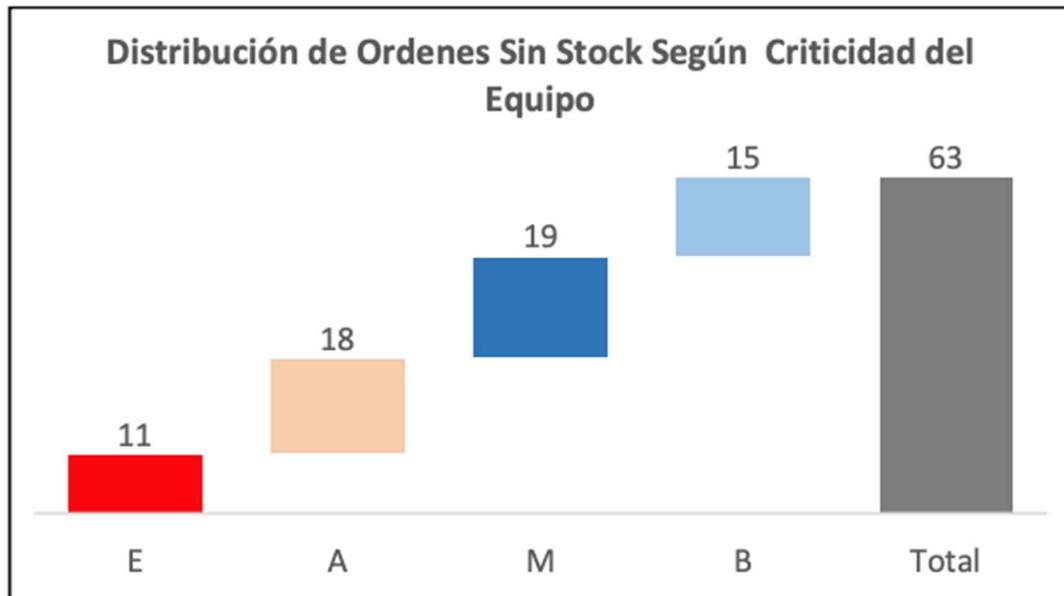


Gráfico 9: Distribución de OTs sin Stock (elaboración propia)

En el gráfico 9, se puede observar las 63 órdenes que no fueron ejecutadas por falta de repuestos y como están distribuidas por criticidad de equipos. El análisis nos indica que 11 órdenes correspondientes a equipos **extremadamente críticos** no fueron ejecutadas de acuerdo con la programación por falta de algún repuesto. Esto indica que existe la posibilidad de falla de un equipo extremadamente crítico lo cual implica un impacto en la producción.

Considerar que el análisis de los datos aquí presentados corresponde a una compañía minera, pero el mismo proceso se puede realizar en cualquier industria que cuente con registros basados en las transacciones usando ERP.

Al revisar por primera vez los resultados, se podría concluir, de manera equivocada que el porcentaje menor de actividades informadas sin repuesto (0,7%), no es relevante para generar una falla en el proceso. Es aquí donde se debe considerar que las 63 órdenes son aquellas donde se pudo encontrar información. Existen una cantidad de eventos que **no quedaron registrados** en la OT pero que sí existieron esto podemos ejemplificarlo como el “efecto Iceberg” que se grafica en la figura.

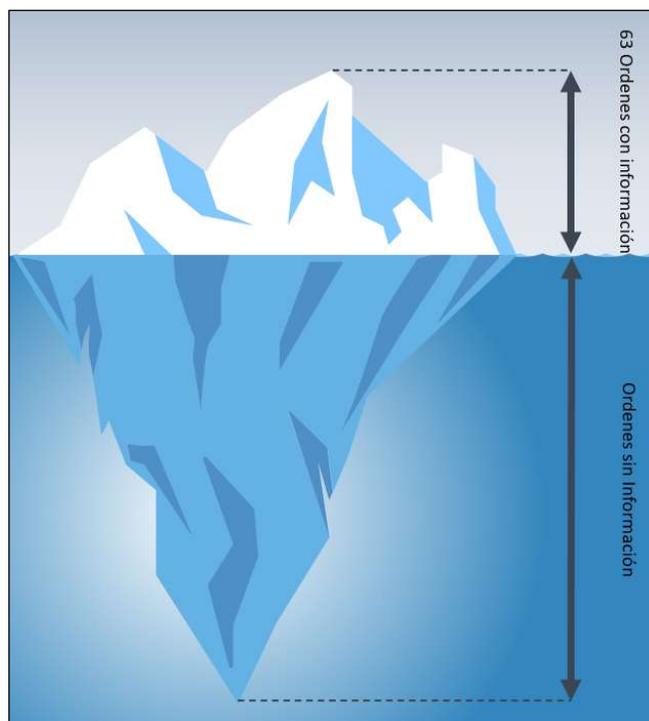


Figura 3: Efecto Iceberg

En la práctica las diferencias de stock son normalmente tratados entre el planificador y el encargado de bodega, telefónicamente o por intermedio de correo electrónico, este tipo de comunicación no deja un registro sistémico que pueda ser utilizado para gestionar mejoras o planes de acción.

Adicionalmente a lo indicado en el punto anterior, normalmente el sistema ERP no tiene generado y/o activado por defecto los campos que permiten indicar en la orden de trabajo cuando el repuesto no se encontró, lo cual tampoco aporta a cuantificar la cantidad de eventos reales que se registran en determinado periodo de tiempo.

Aun cuando no todos los eventos son visibles en SAP, por los motivos ya indicados, las 63 órdenes que representan un 0,7% demuestran que existe un riesgo latente. Para ejemplificar el tipo de eventos que podría generar este 0,7%, en la figura 4 se muestra un caso ocurrido en una compañía minera donde los repuestos no fueron encontrados en bodega lo que obligo a reprogramar la actividad.

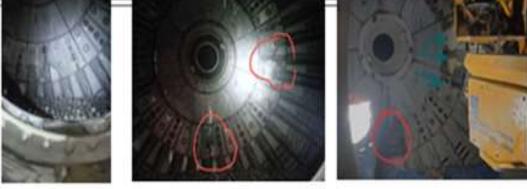
| Área o Proceso | Líder de la resolución de problemas | Fecha del Evento | Turno del Evento |
|--|-------------------------------------|--|------------------|
| Molienda | | 08-10-2020 | GRUPO 4 TA |
| 1 Definición del Problema : Definir el problema e identificar estándares disponibles | | | |
| Definición del Problema <ul style="list-style-type: none"> En mantención de Septiembre 2020, no se cambian los cajones Pulp Lifter del SAG 1 por no encontrar repuestos disponibles en sistema, esto genera rotura de los cajones durante la operación. | | Estándares disponibles <ul style="list-style-type: none"> Plan matriz de cambio de revestimientos | |
| 2 Desglose del Problema: Mostrar hechos específicos para detallar más el problema a resolver | | | |
| Hechos/Observaciones <ul style="list-style-type: none"> Mantención de Septiembre 2020 corresponde por plan el cambio de los 9 Pulp Lifter. SAG1 El cambio no se realiza ya que en SAP el stock es 0, se solicita gestión de compra. El 8 de Octubre se produce la rotura del los Pulp Lifter en operación del SAG 1 lo que implica realizar reparación provisoria ya que en SAP stock continua en 0. 11 de Octubre bodega informa que los repuestos se encuentran físicamente en el patio 10 | | Fotos o documentos de apoyo  | |
| Tiempo estimado F/S 70,5 hrs : 22,5 8/10; 12 hrs inspección; 36 hrs cambio | | Impacto en producción/costos No cumplimiento disponibilidad y CM 2020. 197.000 ton no procesadas. Aprox. | |
| 3 Objetivo de la Resolución de Problemas: Definir el objetivo en términos específicos y medibles | | | |
| Objetivo (SMART) <ul style="list-style-type: none"> Asegurar que stock en SAP represente lo que realmente existe en bodega. | | | |

Figura 4: Caso real de falla ocurrido en una compañía minera

En el caso indicado en la figura 4, solo un evento generó una pérdida equivalente a 500 ton de cobre fino. Con lo anterior tenemos razones que justifican la realización de este trabajo para cuantificar las fallas, causa raíz y generar las acciones de control correspondientes.

7. La exactitud de inventarios en las bodegas.

Para tener ejemplos cuantitativos se obtuvo información del nivel de exactitud de inventario en 2 compañías mineras, las cuales tienen la característica de medir esta exactitud utilizando el mismo procedimiento, lo que permite poder compararlas y facilita las conclusiones.

En resumen, el procedimiento consiste en un programa de conteo anual donde el encargado u operador de bodega imprime un listado aleatorio de códigos a contabilizar, este listado aleatorio es suministrado por ERP. Luego con el listado impreso el operario va a las ubicaciones físicas indicadas y verifica que la cantidad de materiales ingresados con determinado código (SKU) al ERP coincide con lo que se encuentra en la ubicación física. Cuando se cumple hay 100% de exactitud, cuando no se cumple se debe hacer un procedimiento de ajuste para que el ERP refleje nuevamente la realidad del inventario.

Además de lo ya resumido, el procedimiento que se utiliza tiene las siguientes características destacadas para este análisis:

- 1) **El conteo es manual y aleatorio:** El operario imprime un listado de códigos aleatorios que obtiene de una transacción en el ERP y con ese listado realiza la revisión en terreno.
- 2) **No prioriza conteo de equipos críticos:** El listado es aleatorio independiente de la criticidad del equipo, esto quiere decir que no necesariamente se están contando los códigos que impactan más la continuidad operacional.
- 3) **Tiempo definido para realizar el conteo completo es de 2 años:** El procedimiento indica que en un periodo de 2 años se debe realizar el conteo completo de todos los códigos. Esto no debería ser una regla general y debe estar vinculado a la criticidad.
- 4) **Diferencia de criterios:** La criticidad de los componentes en el ERP se define mediante la clasificación ABC que asigna criticidad por costo y rotación del material. En cambio, para el mantenimiento un repuesto es crítico cuando impacta en la continuidad operacional independiente de la rotación y también del costo. Más adelante se profundizará en esto.

Hay que considerar que aun cuando la información corresponde a una muestra de 2 compañías mineras, el procedimiento es muy similar al utilizado en la mayoría de la industria.

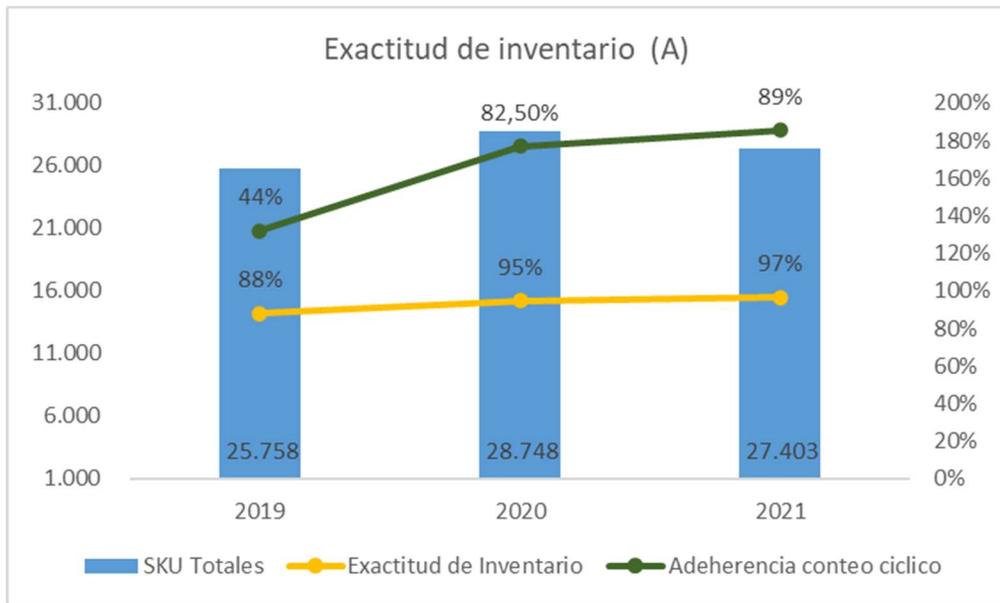


Gráfico 10: Exactitud de inventario Compañía A

En el gráfico 10 se muestra el resultado que ha tenido la compañía A en la realización del programa de conteo cíclico desde el 2019 al 2021, si bien es cierto existe una tendencia positiva en cuanto al cumplimiento del programa y la exactitud de inventario, se evidencian diferencias de inventario en cada uno de los años revisados.

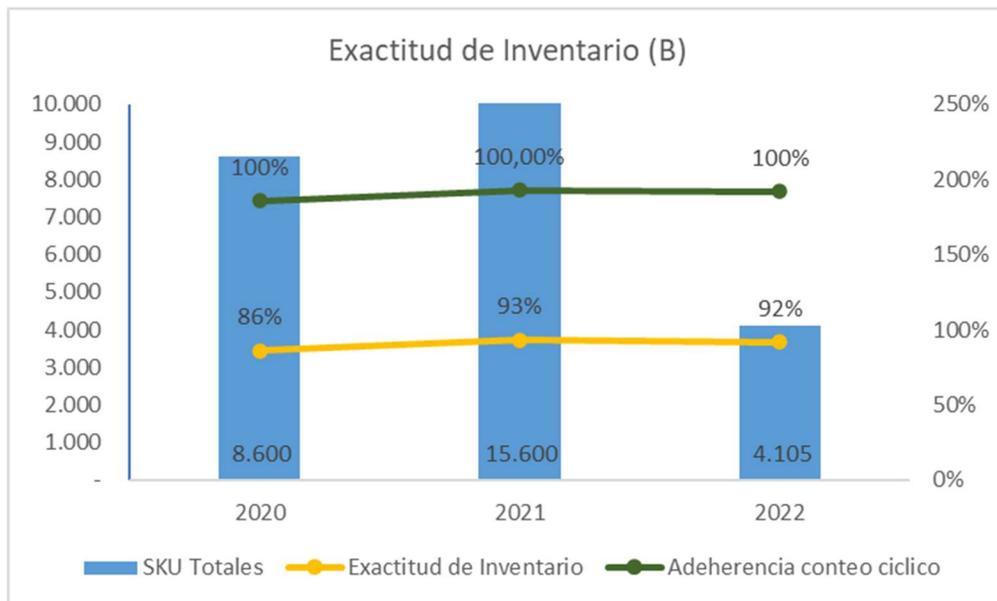


Gráfico 11: Exactitud de inventario Compañía B

En el gráfico 11 se muestra el resultado de la compañía B, se destaca que existe un buen cumplimiento del programa, pero existen diferencias de inventario en cada uno de los años analizados.

Realizando un análisis comparativo y como se puede apreciar en las gráficas, la compañía A llegó en el 2021 a una exactitud de inventario del 96,5%. Por otro lado, la compañía B llegó en el mismo año a una exactitud de inventario del 93%. Considerar para efectos de comprender la brecha que **la meta definida por las compañías en ambos casos es 99,7%**

Notar que, hasta antes de presentar los indicadores de exactitud de inventario, solo teníamos una percepción que fue capturada a través de las encuestas de manera cualitativa y ahora esta brecha se confirma cuantitativamente. También es importante recordar que uno de los objetivos específicos planteado al inicio de este trabajo es llegar a una exactitud de inventario igual o mayor que 98%.

Lo descrito en el párrafo anterior respalda el potencial de entrega de valor que tiene el presente trabajo. Si consideramos que una compañía minera tiene un inventario aproximado de 55 MMUSD, por cada 1% que se aumente la precisión del inventario el error en la estimación financiera disminuye en 550.000 USD. A lo anterior podemos agregar los enormes beneficios ya mencionados en la confiabilidad del mantenimiento y la continuidad operacional.

8. Conceptos importantes para la exactitud de inventarios.

En los capítulos anteriores hemos demostrado a través de las encuestas y con el análisis de los datos, la existencia de una problemática relacionada a la inconsistencia de inventario y que además esta problemática no solo tiene una repercusión económica, sino que además genera impactos en otras dimensiones dentro de la organización, tales como clima laboral y productividad.

Entonces, antes de buscar una solución, necesitamos conocer cuáles son las herramientas y conceptos que tenemos disponibles en la industria y que son utilizadas para definir una adecuada política para el conteo de inventarios, para realizar seguimiento y control de la adherencia a la demanda y también las herramientas que nos permitirán dirigir adecuadamente las sesiones de trabajo en conjunto con los stakeholders con el propósito de obtener una solución a la problemática. Estas herramientas son; el criterio ABC, el indicador WOPIFOT y la metodología Lean. Conocer un marco teórico resumido de estas herramientas y también su aplicación correcta nos proporcionará una guía para la búsqueda de la solución.

Además, al final de este capítulo se proporcionará una recomendación de factores claves para generar las condiciones organizacionales propicias que facilitarán la mejora en la exactitud de inventarios.

8.1. Criterio ABC.

No todos los repuestos que se encuentran en bodega tienen la misma importancia desde el punto de vista de la continuidad operacional o de la gestión de abastecimiento. Es por esto que se deben clasificar para poner la mayor atención donde corresponda. El criterio ABC es ampliamente utilizado en las áreas de abastecimiento, tiene su base en el principio de Pareto y en resumen se puede interpretar de la siguiente manera “20% de los materiales tiene el 80% de importancia para él la gestión de una compañía”. Bajo este criterio se agrupan los materiales por cantidad de existencias, valores en inventario, volumen de ventas o rotación de los artículos: Lo más usual es que defina la clasificación ABC basado en las ventas [5].

De acuerdo con lo anterior, podemos clasificar los materiales de acuerdo al siguiente criterio [5].

Tipo A: Son los materiales más importantes ya que suman entre el 60% y el 80% del volumen de ventas (o rotación) y forman aproximadamente el 20% de los códigos.

Tipo B: Son existencias con un valor entre el 10% y el 20% del volumen de ventas (o rotación) y conforman aproximadamente 30% de los códigos.

Tipo C: Son existencias con un valor entre el 5% y el 10% del volumen de ventas (o rotación) y conforman aproximadamente el 50% de los códigos.

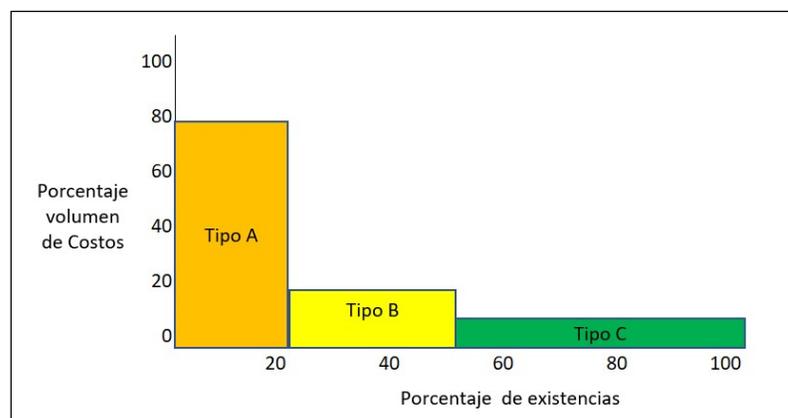


Gráfico 12: Criterio ABC [6]

El grafico 12 representa la clasificación ABC según porcentaje de volumen de costos, de esta forma podemos representar cuanto impacta en el costo de la compañía cada uno de los tipos de inventario, por ejemplo, en los materiales tipo C, es donde se concentra la mayor cantidad de códigos pero su nivel de ventas acumulado tiene una incidencia en el costo que es aproximadamente de un 10%. Importante considerar que el costo unitario de la pieza no tiene ninguna relación con su clasificación, una pieza A puede tener un volumen de costo alto mediante una combinación de bajo costo unitario y alto uso o alto costo unitario y bajo uso. De manera similar las piezas del tipo C pueden tener un volumen de costo bajo porque tienen una demanda o un costo bajos [6].

Una definición aún más aclaratoria es la siguiente: La clasificación ABC divide las piezas de un inventario en tres grupos: volumen de dinero alto (A), volumen de dinero moderado (B) y volumen de dinero bajo (C). El volumen en dinero es una medida de la importancia; una pieza de bajo costo pero de alto volumen de rotación puede ser más importante que una pieza de alto costo pero de bajo volumen de rotación [6].

Para efectos del mantenimiento y la continuidad operacional, esta clasificación no necesariamente representa la criticidad de los repuestos ya que en la clasificación ABC los costos están representados por volúmenes. Por ejemplo, un polín que es un repuesto de baja criticidad puede tener clasificación tipo A debido a que las cantidades que se mueven al año representan un mayor porcentaje de volúmenes de costo, comparado con un motor que no tenga movimiento en un tiempo prolongado por lo cual porcentualmente su volumen de costo es menor y será clasificado como tipo C.

Importante tener presente que adicionalmente un material puede ser considerado crítico para una empresa si su ausencia provoca una pérdida significativa. Por lo que es muy importante detectar estos materiales ya que, sin importar la clasificación, es necesario mantener stock suficientemente para evitar que se agote. **Se recomienda asignar a estas piezas una clasificación A o una B, aun cuando por su volumen de costo no les corresponda [6].**

8.1.1. Exactitud De Inventario Recomendada.

Es común que en las bodegas se encuentren diferencias de inventarios cuando se compara el stock físico con el stock en el ERP, en minería la gran cantidad de materiales almacenados en bodega, la ubicación geográfica de los lugares de almacenaje y la optimización de la HH para ordenamiento y control de bodega, hacen aún más complicado llegar a una exactitud del 100%. Por otro lado, una exactitud del 100% es difícil de encontrar en la industria ya que siempre existen mermas, Por ejemplo, un patio de bodega abierto permite que las piezas puedan ser robadas, pueden existir errores en el ingresos de los materiales, problemas con contratos de consignación que impidan que se rebaje oportunamente el material, errores de ubicación que termina con un material

extraviado y encontrado después de meses, materiales con más de una ubicación que facilita el extravío, por nombrar algunos. [6].

La pregunta clave que se debe hacer al revisar la exactitud de inventario es ¿Cuál es el nivel de exactitud aceptable? Y la respuesta a la pregunta depende del tipo de material, como revisamos en el criterio ABC, no todos los inventarios tienen el mismo peso para la empresa, ya que dependerá de cuan crítico es para el proceso, ya sea en términos de impacto en la seguridad de las personas, impacto en el medio ambiente, impacto en la producción o impacto en los costos, nótese que el impacto en seguridad y medio ambiente son para las compañías mineras pilares fundamentales en su estrategia de negocios, por sobre la producción y los costos. Dado lo anterior es de gran importancia que cada compañía realice, una priorización de los inventarios a modo de identificar cuáles son los que requieren un mayor nivel de exactitud y cuales un menor nivel, en otras palabras, cual es la tolerancia que estamos dispuesto a aceptar para cada código del inventario.

Para entender mejor el concepto de tolerancia revisemos el siguiente ejemplo: Una compañía minera desea medir su exactitud de inventario y para esto define 5 códigos para verificar, tabla n°2 representa el resultado del conteo de inventario.

| SKU | Conteo físico | Conteo en ERP | Cumple no cumple |
|-----|---------------|---------------|------------------|
| 1 | 100 | 100 | si |
| 2 | 99 | 100 | no |
| 3 | 98 | 59 | no |
| 4 | 50 | 52 | no |
| 5 | 70 | 69 | no |

Tabla 2: Conteo

La fórmula para calcular la exactitud de inventario es la siguiente:

$$\text{Exactitud de inventario} = \frac{\text{Registros Precisos Totales}}{\text{Registros Totales Verificados}} \times 100\%$$

Formula 1: Formula exactitud de inventario

Aplicando la fórmula 1 en el ejemplo anterior, la exactitud de inventario corresponde a un 20%, valor que difícilmente cumpliría las expectativas de cualquier sistema de abastecimiento. Ahora si en el ejemplo anterior aplicamos tolerancia a cada código, en el entendido que no es lo mismo que falten 2 pernos en un lote 100 a que falte 1 motor en un lote de 2, obtenemos los resultados que se muestran en la tabla 3.

| SKU | Conteo físico | Conteo en ERP | Tolerancia | Cumple no cumple |
|-----|---------------|---------------|------------|------------------|
| 1 | 100 | 100 | 0 | si |
| 2 | 99 | 100 | +2 | si |
| 3 | 98 | 59 | 0 | no |
| 4 | 50 | 52 | +2 | si |
| 5 | 70 | 69 | +2 | si |

Tabla 3: Conteo con tolerancia

Para este caso la exactitud de inventario es de un 80%, **claramente mejor**. Los ejemplos demuestran que el conteo de el mismo almacén cuando existe una tolerancia definida puede entregar valores de exactitud que realmente demuestran las diferencias que son importantes para la empresa.

El análisis de Pareto que mencionamos en el criterio ABC, es una forma de definir la tolerancia [4]. Una vez definida la tolerancia Podemos definir cuál es la exactitud de inventario que esperamos para cada uno de nuestros materiales.

Considerar que el nivel de precisión que los expertos recomiendan con frecuencia es $\pm 0.2\%$ para los materiales tipo A, $\pm 1\%$ para las materiales tipo B y $\pm 5\%$ para los materiales tipo C [6]. Y adicionalmente para nuestro caso (Planta concentradora de cobre) definiremos que para los materiales clasificados críticos en el proceso (seguridad, Medio Ambiente, producción) la tolerancia será 0%. Estos materiales lo denominaremos A*.

8.2. WOPIFOT.

WOPIFOT son las siglas de “**Work Order Provisiones In Full On Time**”, este es un indicador que se está midiendo en la industria minera y que permite determinar si abastecimiento está cumpliendo oportunamente con los materiales que se le solicitan y por otro lado si el área que realizó la solicitud retiró el material que solicitó de manera oportuna. Es decir, busca evitar los desperdicios en la gestión de materiales “**compramos lo que se nos pide porque es importante y retiramos lo que pedimos porque lo necesitamos**”. En términos técnicos busca que no se realicen compras inútiles que no lleguen oportunamente o que no sean retiradas aumentando el inventario inmovilizado y generando gestión improductiva.

La fórmula para el cálculo del Indicador WOPIFOT es la siguiente.

$$\text{WOPIFOT} = \% \text{ Cobertura} * \% \text{ Adherencia a la demanda}$$

Formula 2: Cálculo WOPIFOT

Ahora la definición técnica para el proceso de administración del trabajo con uso de ERP sería la siguiente.

“WOPIFOT mide el número de reservas planeadas/no planeadas incluyendo compras directas que provienen de una Orden de Trabajo y que fueron satisfechas a tiempo en todos sus ítems y en donde las Ordenes de Trabajo hayan sido cerradas técnicamente durante el período que se emite el reporte. El indicador WOPIFOT mide el número total de reservas con stock/no-stock entregadas a tiempo, es decir rebajar las reservas antes de cumplir con la fecha y hora de requerimiento que se indica en la reserva que proviene de la WO y en todos sus ítems para la OT” [7].

La inexactitud de inventario está relacionada directamente con este indicador, si el sistema no refleja el inventario real, la gestión de compra no se realizará ya que el ERP indica stock suficiente para cubrir la demanda pero al momento de acudir a bodega para retirar el material este no será encontrado y esto afectará el % de Adherencia.

8.3. Metodología Lean y Su Aplicación En Minería.

Lean manufacturing nació en la industria automotriz, en la fábrica Toyota, como resultado de la necesidad de producir automóviles de bajo costo. En transcurso del tiempo ha tomado gran relevancia en la industria y se ha usado como ejemplo de la mejora continua. La industria minera no es ajena a esta tendencia y ha incorporado en sus procesos las herramientas del lean, aun cuando en su esencia fue diseñada para un proceso distinto al minero, la filosofía que utiliza es completamente aplicable a la industria minera.

Para la minería el método lea se describe como un sistema integrado de **principios, prácticas operacionales y métodos** enfocado en **hacer las cosas de manera correcta**, en el **tiempo necesario** y en la **cantidad necesaria**, minimizando los desperdicios y siendo flexible y abierto a los cambios manteniendo el foco en el cliente [8].

Dentro de las herramientas destacadas y que son importantes para este trabajo está la filosofía Kaizen que es utilizada para la resolución de problemas (RDP) y también para generar la mejora continua, normalmente se aplica en los 8 pasos que se detalla a continuación.

8.3.1. Selección del problema:

El primer paso es identificar adecuadamente el problema, normalmente se identifican las dificultades que pueda tener la empresa para el cumplimiento de sus objetivos, pudiendo ser estos en términos de seguridad, productividad, clima laboral o continuidad operacional, por nombrar los más relevantes. Se pueden identificar varios problemas por lo cual es importante jerarquizarlos, en el entendido que si aplicamos el concepto de Pareto el 20% de los problemas genera el 80% del impacto. Es en este 20% donde debemos enfocarnos.

8.3.2. Descripción del problema:

Cuando ya se tienen los problemas jerarquizados, se debe proceder a detallarlos, en este paso es importante mostrar a través de datos cual es la brecha, cuáles son los impactos que está produciendo y cuál es la oportunidad de mejora o el potencial que perderemos si mantenemos esta brecha.

8.3.3. Definición de objetivos:

Entendiendo los datos, debemos definir cuál es el objetivo respondiendo las siguientes preguntas ¿Qué?, ¿Cuánto?, ¿Cuándo? Y tener un formato SMART (Específico, Medible, Acordados, Realistas, Acotados en el tiempo) [9]. Por Ejemplo, en el caso específico de esta tesis; Aumentar la exactitud de inventario de repuestos críticos y llegar al 100% en marzo del 2023.

8.3.4. Identificación de la causa del problema:

En esta etapa se busca llegar a las causas básicas del problema y se utiliza herramientas tales como los 5 porque o diagrama Ishikawa. Lo importante es ir haciendo preguntas para profundizar desde la causa más general a la más básica del problema. En esta sesión deben participar las personas que están involucradas directamente y que tienen los antecedentes que nos permitan responder las preguntas.

8.3.5. Generación de Plan de acción:

Con la causa básica o raíz identificada, se deben generar los planes de acción para resolverlas, estas acciones deben ser propuestas por el equipo y se pueden aplicar herramientas como la “tormenta de ideas” para incentivar al equipo en la búsqueda de estas soluciones, luego priorizar y expresar la acción de una forma concreta, con un responsable y con una fecha de cumplimiento. Acordar fechas intermedias de chequeo para monitorear la evolución de estas soluciones.

8.3.6. Verificación de Soluciones:

Las soluciones deben ser verificadas para determinar si están generando el impacto deseado, si son suficientes o requieren ser reformuladas, es importante generar etapas de control para realizar estos chequeos de manera oportuna. Es importante que los resultados sean compartidos con un equipo distinto al que realizó la mejora, se debe evitar que se produzcan sesgos ya que lo que se busca es una solución real y efectiva. En algunas ocasiones cuando son los mismos equipos resolutores son los que evalúan las mejoras, estos tienden a resaltar lo mejor de la acción dejando de lado aspectos no tan buenos o que se pierden del foco inicial. Generar confirmaciones con equipos externos darán más sustento a las soluciones.

8.3.7. Normalización del Problema:

Cuando las soluciones consiguen el efecto deseado estas deben ser estandarizadas como prácticas permanentes, de esta forma aseguramos que el problema no se vuelva a producir y que la mejora sea sustentable. Considerar que este punto es de gran importancia para obtener resultados en el largo plazo, si no existe la modificación de los procedimientos, instructivos, políticas o indicadores, lo más probable es que el problema se vuelva a repetir. Se debe asegurar que durante los primeros meses una vez implementada la mejora, el equipo realice auditorías internas para verificar que las soluciones se han convertido en parte de la cultura, de las prácticas y de los estándares y luego estas auditorías se deben repetir con una frecuencia recomendada de 2 veces en el año, esto permitirá alertar oportunamente la necesidad de reforzar los estándares.

8.3.8. Comunicar resultados:

El paso final es comunicar a todas las personas involucradas en el desarrollo del trabajo y también a la organización las soluciones implementadas y las mejoras conseguidas. Esta es la oportunidad de incentivar al equipo, demostrando que el uso de las herramientas lean es eficaz y que finalmente permite mejorar los resultados, se debe involucrar en esta etapa a los líderes de proyecto, ejecutivos y departamento de

comunicaciones internas, que las personas del equipo que realizaron el trabajo sean protagonistas explicando al resto de la organización su experiencia, para esto se deben preparar entrevistas que permitan formar capsulas de video que pueden ser compartidas en las distintas plataformas o redes sociales que la compañía maneje, se deben preparar afiches que puedan ser compartidos por correo o dejados en los murales de cada área.

La comunicación de los resultados debe contener por lo menos los siguientes campos:

- Breve descripción del Hito/ Valor que agrega
- Equipos/ personas involucradas
- En qué áreas se está aplicado
- Donde conseguir más información. Link o datos de contacto del responsable

La figura 5 es un tablero que ejemplifica de manera más grafica el flujo de proceso de los pasos anteriormente señalados.

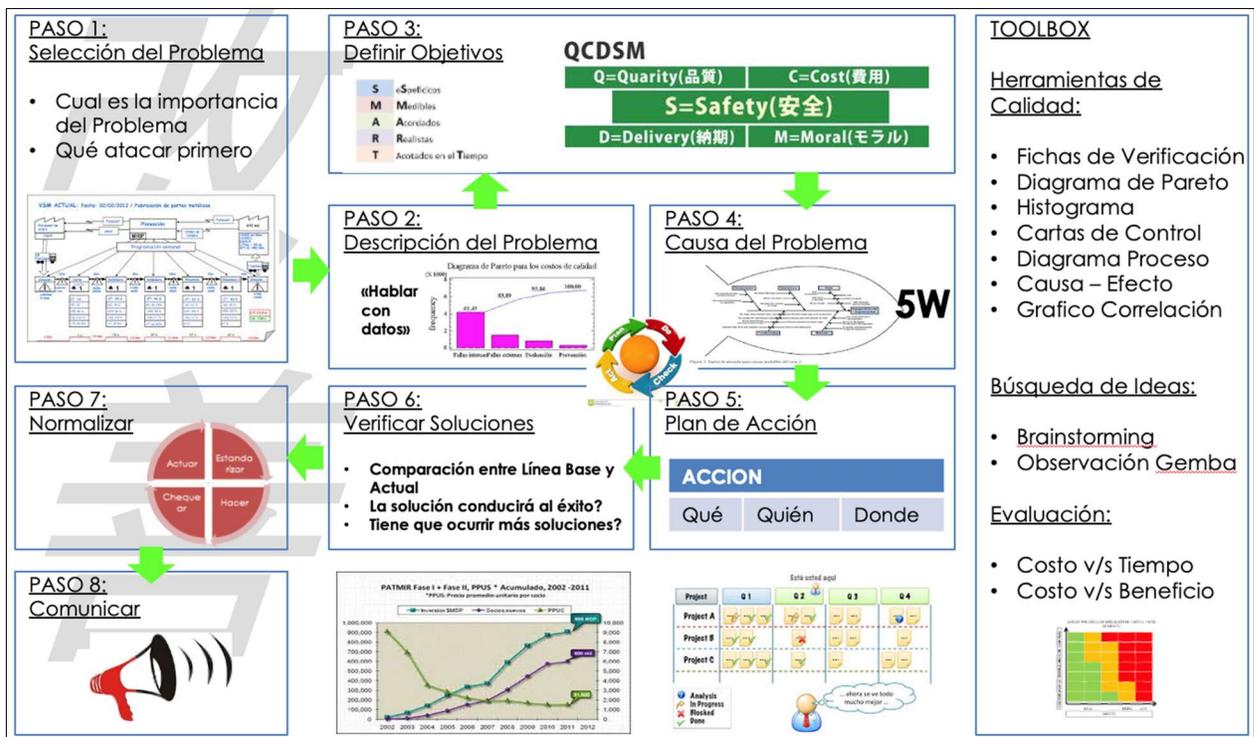


Figura 5: Lean Board fuente: Capacitación metodología Kaizen Lean, Codelco DRT enero 2015

8.4. Factores Claves

Existen factores que son claves para que la organización sea impulsada rápidamente hacia una mejora en la exactitud de inventario. Al momento de generar un diagnóstico, estos factores se deben identificar y evaluar su estado de implementación, entre mayor sea el nivel de implementación más fácil será identificar la problemática e implementar las acciones de mejora.

En la figura 6 se realiza una representación gráfica en forma de flecha, es una recomendación lógica del orden en que se pueden abordar cada uno de estos factores. Considerar que pueden ser abordados en otro orden el cual dependerá de los recursos disponibles y de la autoevaluación de la compañía que arrojará indicaciones de cuáles son los factores que requieren una mayor profundización.

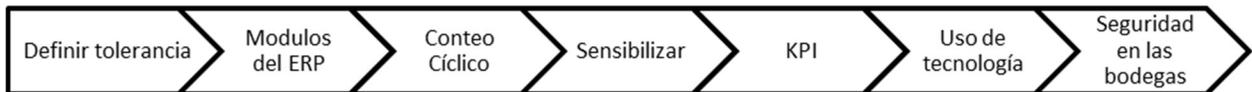


Figura 6: Factores claves

A continuación, se describen cada uno de los factores:

- a) **Definir niveles de tolerancia:** De acuerdo con la clasificación ABC, definir los niveles de tolerancia. De esta forma aseguraremos mayor exactitud de inventario en los repuestos importantes.
- b) **Módulos del ERP:** Actualizar el Sistema ERP para asegurar que cuente con los módulos necesarios para realizar conteo cíclico y diferenciar múltiples ubicaciones en las instalaciones de bodega
- c) **Conteos cíclicos:** Implementar el conteo cíclico, con frecuencia basada en el criterio ABC. Por Ejemplo; el Material crítico debe ser contado completo 2 veces en el año.
- d) **Sensibilizar:** La organización y especialmente el personal de bodega deben entender la importancia de mantener una adecuada exactitud de inventarios, se les debe capacitar y reforzar periódicamente con el objetivo de asegurar el compromiso cada vez que deban realizar un ingreso de material o declarar alguna merma.

- e) **KPI:** Definir a nivel compañía un indicador de exactitud de inventario que se revise en las reuniones de gestión, permitirá hacer visible las brechas y generar planes de acción para corregirlas. También es recomendable vincular este KPI con la gestión de desempeño del personal de bodega, así existirá un incentivo para el cumplimiento de la meta.

- f) **Uso de tecnología:** Se puede implementar tecnología que apoye la gestión de bodega, permita identificar la ubicación de los materiales y por lo tanto disminuya la probabilidad de que se pierdan. Hoy existen tecnologías como la RFDI que permite a través de radio frecuencia enviar una señal de la ubicación exacta del repuesto.

- g) **Seguridad en las bodegas:** implementar sistemas que permitan tener una mejor vigilancia para evitar las mermas por robo. Cámaras, cierres perimetrales y restricciones de acceso son buenas alternativas para resguardar los materiales más críticos o de alto valor.

En el capítulo 8 revisamos los conceptos y factores que nos permitirán buscar una solución para mejorar la exactitud de inventarios. El capítulo 9 y el capítulo 10 estarán enfocados en describir como se interrelacionaron estos factores en la práctica, para converger hacia un plan de acción robusto y específico que permita generar una mejora sostenible en los niveles de exactitud de inventario

9. Determinar Las Causas De La Inexactitud De Inventario.

Como punto de partida para obtener información valiosa y además para llegar a un plan que se haga cargo de la inexactitud de inventario, se utilizará el análisis realizado en un grupo minero y que tiene un objetivo más amplio, ya que busca entender las causas de la falta de adherencia al retiro de materiales que se solicita comprar a abastecimiento, dicho en otras palabras, determinar las causas y corregir el bajo cumplimiento del WOPIFOT.

De acuerdo con lo indicado en el capítulo 8.2, el WOPIFOT está definido por el porcentaje de materiales que abastecimiento proporciono en la fecha requerida y también por el porcentaje de materiales que fueron retirados en la fecha para la cual fueron solicitados (ver formula 2), en la tabla 4 se indican las principales causas que fueron identificadas como responsables de un bajo porcentaje de cobertura y adherencia (bajo WOPIFOT).

| Cobertura | Adherencia |
|---|--|
| No cumplimiento del lead time | Utilización de repuestos existentes en pañoles propios |
| Hojas de ruta asociadas a la estrategia de mantenimiento con listas de materiales incompletas o desactualizadas | Esperas de atención en bodega |
| Incorrecta parametrización | Material requerido dañado en bodega |
| Liberación de ordenes de trabajo sin confirmación de material | Material disponible en sistema, pero no en bodega |
| Contratos de consignación de material expirados | |

Tabla 4: Principales causas no cumplimiento WOPIFOT según análisis RDP

Nótese que dentro de los factores que afectan la adherencia a la demanda se encuentra “materiales disponibles en sistema, pero no en bodega”, o dicho de otra manera la exactitud de inventario.

En los puntos siguientes se explicarán de manera general las herramientas que se utilizaron para realizar el análisis, para finalmente profundizar en la inexactitud de inventario, no profundizaremos en el resto de las causas que explican el no cumplimiento del WOPIFOT ya que no son el foco de este trabajo.

De acuerdo con lo revisado en los puntos anteriores, para determinar el bajo cumplimiento del WOPIFOT, se realizó un análisis utilizando una de las herramientas de Lean Management llamada Resolución de Problemas (RDP). Para utilizar esta herramienta fueron necesarias 4 sesiones de trabajo de una hora cada una, con la participación de las personas directamente involucradas en la problemática y con mayor criterio experto para encontrar la solución, donde se identificaron las causas probables utilizando el Ishikawa y luego se profundizo en cada una de ellas con el uso de los 5 ¿Por qué?

9.1. Diagrama Ishikawa.

Antes de explicar al resultado obtenido con el uso del diagrama Ishikawa, es conveniente resumir la base teórica de esta herramienta y como es utilizada dentro de la sesión de trabajo.

El diagrama Ishikawa también conocido por su forma como espina de pescado, es una herramienta visual y simple donde la espina central representa el problema que se quiere resolver, las espinas laterales representan las posibles causas principales y pueden ser clasificadas según área o el proceso en la cual se está realizando el análisis, por ejemplo; si estamos revisando un problema de fabricación de una pieza que pasa por una línea de proceso compuesta por las etapas de maquinado, pulido y terminado, en cada una de

ellas es posible que se pueda haber producido la falla, entonces estas serán las espinas laterales. También existen las espinas menores que apuntan a las laterales como posibles fallas de estas.

Entonces en nuestro caso, la espina central corresponde al bajo cumplimiento del WOPIFOT, las espinas laterales corresponden a los procesos donde se pueden producir las fallas, en este caso adherencia a la demanda y cobertura de la demanda y las espinas menores son todas las causas identificadas en cada uno de estos procesos que puedan contribuir a la falla. Para determinar el problema y subdividirlo en proceso, un equipo experto revisa y propone alternativas que son validadas por todos los participantes del análisis, luego para definir las causas menores (espinas menores) se realiza una tormenta de idea donde todos plantean cuales son a su juicio las causas de falla en cada uno de los procesos. Cuando se realiza la tormenta de idea cada participante tiene la opción de plantear un sinnúmero de propuestas y al revisar todas las propuestas del grupo normalmente algunas de ellas apuntan al mismo concepto por lo tanto se deben agrupar bajo ese concepto, una vez agrupadas se deben priorizar ya que no todas las ideas necesariamente aportan de manera considerable a la solución del problema, para priorizarlas lo usual es votar y es el equipo el que decide cuales son las que tienen un mayor impacto en la búsqueda de la solución. Todas estas ideas se reflejan en el diagrama Ishikawa obteniendo como resultado final una representación gráfica y sencilla del problema y sus posibles causas.

El resultado de la sesión de trabajo se muestra a continuación en la Figura 6.

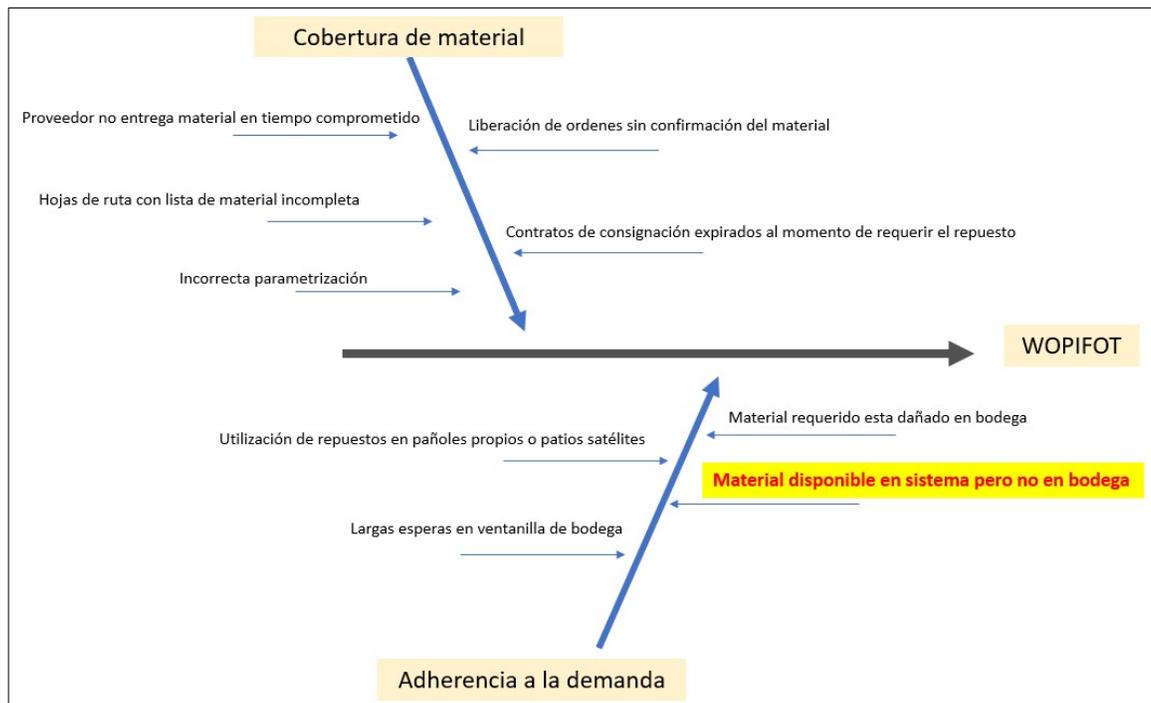


Figura 7: Diagrama Ishikawa

Como se puede observar en el diagrama de Ishikawa de la figura 7, fueron identificadas 6 causas por las cuales existe un bajo cumplimiento del indicador WOPIFOT. Cada una de estas causas tubo un análisis a profundidad, pero en el desarrollo de este trabajo el foco lo tendremos sobre una de las espinas laterales que en este caso corresponde a “material disponible en sistema pero no en bodega” o dicho de otra forma es inexactitud de inventario.

Con el uso del diagrama Ishikawa el equipo identifico las causas del problema esto permite dar foco sobre estas causas para buscar las posibles soluciones. Conocer las causas no es suficiente para tener un plan de acción específico, se requiere profundizar en cada una de ellas para conocer y entender cuales son las causas más básicas y para esto utilizaremos otra herramienta llamada los 5 ¿Por qué?

9.2. Análisis De Los 5 ¿Por Qué?:

Cada una de las causas que fueron descritas en las espinas menores del diagrama Ishikawa, corresponde a un problema o falla que requiere solución, entonces para llegar a la causa más básica nos preguntaremos ¿Por qué ocurre este problema?.

En el caso de este trabajo el análisis es directo sobre la inexactitud de inventario y por lo tanto nos preguntaremos ¿Por qué ocurre la inexactitud de inventarios?, a todas las respuestas que encontremos a esta pregunta les llamaremos nivel 1 de los ¿por qué?, luego para cada una de estas respuestas al nivel 1 nuevamente formularemos la pregunta ¿Por qué? Con esto conformaremos el nivel 2 de los ¿Por qué? Y así sucesivamente hasta que llegará un momento en que ya no se podrá seguir respondiendo la pregunta y habremos encontrado la causa básica.

Para desarrollar este análisis se requiere de la participación del equipo directamente involucrado en la problemática, asegurando que tengan el conocimiento técnico y del proceso, además es recomendable contar con un rol de facilitador que conozca la herramienta y pueda guiar al equipo en la búsqueda de las soluciones. El facilitado debe ser el responsable de preparar la sesión, debe estar apoyado por los líderes del proceso quienes deberán recomendar a los participantes.

Durante el desarrollo de este trabajo y para aplicar la herramienta de los 5 ¿Por qué? a la problemática de la inexactitud de inventario, se realizaron 6 sesiones de 1 a 1,5 hrs cada una, estas sesiones se concentraron en grupos reducidos de no más 6 personas, las sesiones iniciales convocaron a especialistas de las distintas áreas, planificación del mantenimiento, ejecución del mantenimiento, confiabilidad del mantenimiento y el área de abastecimiento. En la medida que se fue avanzando, las sesiones se debieron concentrar en los especializadas de cada proceso, según la naturaleza del ¿por qué?. Lo anterior permitió que la herramienta se pudiera utilizar de manera fluida. Dado que en los distintos niveles van apareciendo repuestas que son responsabilidad de las distintas

áreas, es de suma importancia comunicar los resultados y dar la oportunidad en sesiones de revisión para que todos los involucrados comenten su parecer o propongan mejoras a la estructura de los ¿Por qué?, el éxito final de esta herramienta está dada por el nivel de convencimiento e involucramiento que tengan los participantes en el resultado final del trabajo.

En este caso y como indica la tabla 5, se encontraron cinco niveles de ¿Por qué?, siendo el cuarto nivel el que concentro la mayor cantidad de respuestas finales. Se analizaron causas que tienen relación con todas las especialidades y finalmente después de sesiones de conciliación y revisiones generales se llegó al diagrama de los 5 ¿por qué? que se muestra en la tabla.

Importante reforzar que cada uno de los ¿Por qué? finales expuestos en la tabla, independiente del nivel en que terminó esa línea debe tener asociado un plan de acción ya que es una causa básica que debe ser corregida para la evitar la ocurrencia del problema principal.

| Problema | Nivel 1 - ¿Por qué? | Nivel 2 - ¿Por qué? | Nivel 3 - ¿Por qué? | Nivel 4 - ¿Por qué? | Nivel 5 - ¿Por qué? |
|---|--|--|---|---|---|
| EXACTITUD DE INVENTARIO | Material disponible en sistema pero no en bodega (o viceversa) | Se ingresa cantidad de material de forma errónea (a favor o en contra) | No se cumple procedimiento ingreso de material | Desconocer procedimiento o no aplicarlo | |
| | | | Desconcentración /descuido | | |
| | | | Conteo deficiente | Desconocimiento de los repuestos afecta la capacidad de reconocimiento del operador | |
| | | deficiencia del proceso/Procedimiento de Inventarios cíclicos | Procedimiento de control físico de inventarios desactualizado. | | |
| | | | conteo aleatorio y manual no asegura que se cubran los repuestos críticos. | Procedimiento sin actualización o incorporación de procesos automatizados, no especifica el criterio para priorizar equipos críticos y el proceso se realiza de manera aleatoria | |
| | | | El procedimiento indica que en 2 años se debe contar todo el inventario. Este periodo es demasiado extenso. | Método de conteo manual y aleatorio | |
| | | | Meta de adherencia y exactitud indicada en el procedimiento no se cumple. | KPI no es visible en las reuniones mtto-abastecimiento | no es considerado un indicador clave para el mtto |
| | | Entrega de materiales con vale manual no conciliado posteriormente | Falla de sistema | Sistémicamente el material está bloqueado en SAP (Ej. Orden de compra de proveedor sin saldo, error de precio, contrato vencido) | |
| | | Contratos de consignación no cuentan con precios en registro info | Deficiencia en actualización de registros info / vigencia de contrato | <ul style="list-style-type: none"> •Códigos de Contratos vencidos sin cierre. •Códigos de Contratos vigentes sin saldo. •Contratos stockless (antiguos) donde la incorporación de materiales no pasa por el CATMAN, se ocupa previamente el material y al momento de rebajar lo levantan como un error, esto es claramente un desconocimiento del proceso. •Inconveniente con roles de bodega, igual lo levantan a contratos. •Validación de cambio de condición en registro info (ZMM 086), | |
| | | Material extraviado | Material mal almacenado | No encontrar espacio físico en la ubicación que indica en sistema, almacenándose en otro lugar | Falta de espacio en bodega |
| Material con ubicación física incorrecta (otra ubicación no declarada en sistema) | Sistema no permite multi ubicación | | | | |
| Toma de inventario verifica cantidad y no ubicación | Estrategia actual de toma de inventario no lo considera | | | | |

Tabla 5: Análisis de los 5 ¿Por qué? Exactitud de Inventarios

10. Recomendaciones y Posibles Soluciones.

De acuerdo con lo indicado previamente, una vez que ha sido terminado el análisis de los 5 ¿Por qué?, corresponde definir acciones que se hagan cargo de cada uno de ellos, en el caso expuesto surgieron doce acciones que se hacen cargo de resolver las causas básicas detectadas en cada nivel.

Es muy importante que las acciones sean concretas y ejecutables, el facilitador y los líderes de proceso deben estar atentos para identificar aquellas acciones que escapan del ámbito de control o son demasiado genéricas lo que hace casi imposible implementarlas. Lo que se busca son acciones que puedan ser desarrollada por los niveles involucrados en el análisis para que de esta forma la solución sea oportuna. Para el problema que estamos analizando, la tabla 6 detalla cada una de las acciones y el entregable que se espera para evidenciar que la causa raíz fue resuelta.

Una vez que se han Agrupado las acciones y definido los entregables, se debe asignar un responsable y una fecha de termino, tanto la fecha como el responsable deben ser adecuadamente validados y comunicados con los líderes del proceso. Una falla común es que no se comuniquen los responsables y las fechas, lo que se traduce en un incumplimiento que incluso puede terminar en una desmotivación o falta de credibilidad en el proceso completo de resolución de problemas

La tabla 7 especifica y detalla como deben ser presentados los planes. En esta tabla ya se encuentra mejorada la redacción de las acciones y ordenadas para que este formato de presentación pueda ser utilizado como herramienta para informar a todos los niveles dentro de la organización y permite identificar cual es la brecha, el objetivo de control, la acción que debe ser implementada, así como el responsable y la fecha acordadas para entregar la evidencia. Este formato también se recomienda para ser utilizado en las sesiones de seguimiento donde cada responsable o líder de proceso informe el estado de avances de la implementación.

Reforzando lo indicado en el capítulo 8.3.8, los resultados que se van obteniendo al implementar las acciones, principalmente los relacionados a la disminución de la brecha, son los que se deben comunicar a la organización y asegurar que se prolonguen en el tiempo

| Problema | Nivel 1 - ¿Por qué? | Nivel 2 - ¿Por qué? | Nivel 3 - ¿Por qué? | Nivel 4 - ¿Por qué? | Nivel 5 - ¿Por qué? | Acción | Entregable |
|---|--|--|---|---|---|--|---|
| EXACTITUD DE INVENTARIO | Material disponible en sistema pero no en bodega (o viceversa) | | No se cumple procedimiento ingreso de material | Desconocer procedimiento o no aplicarlo | | Corto plazo: Reforzamiento y muestreo por parte de la supervisión de los procesos de recepción y despacho | Plan de control de proceso para la supervisión de bodega |
| | | Se ingresa cantidad de material de forma errónea (a favor o en contra) | Desconcentración /descuido | | | Mediano plazo: Implementar sistema de portales o lectores automáticos de materiales que identifique ubicación del repuesto | Evaluar pilotos de sistemas en faenas ya implementados o explorar mejores prácticas (como por ejemplo: Proyecto de innovación en MLP con el uso de Beacon) |
| | | | Conteo deficiente | Desconocimiento de los repuestos afecta la capacidad de reconocimiento del operador | | Incluir en el proceso de inducción y capacitación de los tipos de repuesto que se almacenan, forma, tamaño, etc. Que permita mejorar la identificación | Plan de capacitación personal de bodega actualizado que incluya módulos técnicos de identificación de repuestos. |
| | | | Procedimiento de control físico de inventarios | Procedimiento sin actualización o incorporación procesos automatizados, especifica el criterio para contar equipos críticos y el proceso se realiza de manera | | Actualizar el procedimiento | Procedimiento actualizado que incorpore instancia de revisión de KPIs, que sea estandarizado para todas las compañías, priorizando el tratamiento de los equipos críticos y consignaciones. |
| | | deficiencia del proceso/procedimiento de inventarios cíclicos | El procedimiento en 2 años se actualiza o es demasiado | Método de conteo manual y aleatorio | | Acortar periodos de conteo del 100% de los inventarios, utilizar tecnología disponible | Procedimiento actualizado con plazos menores para contar el 100% del inventario |
| | | | Muestreo y validación en el momento no se cumple. | KPI no es visible en las reuniones mtto-abastecimiento | no es considerado un indicador clave para el mtto | Revisión semestral del KPI de exactitud de inventario, difundir con las áreas de mantenimiento | KPI de exactitud de inventario actualizado cada 6 meses y revisado en los foros MTTO - Abastecimiento |
| | | Entrega de material manual no concilia posteriormente | Falta de sistema | Sistémicamente el material está bloqueado en SAP (Ej. Orden de compra de proveedor sin saldo, error de precio, contrato vencido) | | Implementar un sistema de rebaja de reservas pendientes sin afectar el kpi de la OT (por ej re-abrir OT para carga de material) | Evaluar - Transacción SAP que permita consumo de reserva autorizada por usuario sin abrir OT |
| | | Contratos de consignación no cuentan con precios en registro info | Deficiencia en actualización de registros info / vigencia de contrato | *Códigos de Contratos vencidos sin cierre. *Códigos de Contratos vigentes sin saldo. *Contratos stockless (antiguos) donde la incorporación de materiales no pasa por el CATMAN, se ocupa previamente el material | | Generar instructivo para el manejo de las consignaciones | Instructivo generado y difundido |
| | | Material extraviado | Material mal almacenado | No encontrar espacio físico en la ubicación que indica en sistema, almacenándose en otro lugar | Falta de espacio en bodega | Realizar revisión de las ubicaciones y ordenamiento para liberar espacio | Plan de ordenamiento y estandarización de áreas de almacenamiento |
| | | | | Material con ubicación física incorrecta (otra ubicación no declarada en sistema) | Sistema no permite multi ubicación | Implementar SAP/WMS que permite múltiples ubicaciones | Implementar SAP modulo WMS |
| Toma de inventario verifica cantidad y no ubicación | Estrategia actual de toma de inventario no lo considera | | | Incluir en alcance de contrato de toma de inventario recursos para ordenamiento de materiales | Modificación de alcance a contrato de toma de inventario para que incorpore la verificación de las ubicaciones en físico y en sistema | | |

Detallado en Tabla 5

Tabla 6: Acciones propuestas y entregables

| | Brecha | Objetivo | Acción | Responsable | Fecha |
|-------------------------|---|---|--|------------------------------|-----------|
| EXACTITUD DE INVENTARIO | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Procedimiento desactualizado. ➤ No se incorpora tecnología. ➤ Conteo Aleatorio. ➤ Conteo No prioriza Criticidad. ➤ Se cuenta el 100% del inventario en 2 años | <p>Dependiendo de la clasificación del material, mantener los siguientes indicadores de exactitud del inventario:</p> <p>Tipo A*: 100% Tipo A: 99,8% Tipo B: 99% Tipo C: 95%</p> | Revisar indicador exactitud de inv. Mensualmente con mantenimiento. | Gerente corp. Abastecimiento | A definir |
| | | | Capacitar al personal de bodega en identificación de repuestos e importancia de la exactitud de los registros | Superintendente de bodega. | A definir |
| | | | Incorporar como medida de desempeño la exactitud de inventario | Gerencia corporativa de RRHH | A definir |
| | | | Actualizar procedimiento corporativo para conteo de inventario y aplicarlo en todas las compañías. Esta actualización debe incluir el concepto de tolerancia. | Gerente corp. Abastecimiento | A definir |
| | | | Realizar conteo cíclico diario con foco en Rep. Críticos tipo A*/A para asegurar revisión Completa 3 veces al año. Para el resto del inventario (B-C). conteo completo 1 vez al año. | Gerente corp. Abastecimiento | A definir |
| | | | Incorporar tecnología RFID | Gerente Corporativo TICA | A definir |
| | | | Implementar Modulo SAP WMS u Otro dependiendo del ERP Particular | Gerente Corporativo TICA | A definir |
| | | | Realizar ajuste de diferencia semanalmente. | Superintendente de bodega. | A definir |

Tabla 7: Plan a Implementar

11. Evaluación Del Impacto De la Implementación.

Es muy probable que el implementar las acciones genere cambios en los procesos y en la forma de desarrollar determinadas tareas. Lo anterior requiere realizar una evaluación de posibles impactos con el objetivo de identificarlos y posteriormente gestionarlos con la implementación de medidas de control o mitigatorias.

Existen varias herramientas para gestionar los impactos, en este trabajo utilizaremos una matriz de impacto donde listaremos las acciones, el cambio que generará, quienes estarán afectados, el tipo de impactos, la criticidad del impacto acciones de mitigación, responsable y Fecha. Este desarrollo puede ser realizado por el equipo interno o apoyados por una empresa externa, en cualquier caso, al análisis requiere adecuado conocimiento del proceso.

Para confeccionar la matriz que se presenta en la tabla 8, fueron necesarias 3 sesiones de 1 hora, además de revisiones con especialistas en el proceso. Se conto con el apoyo de una empresa de asesoría externa y fue corregida hasta conseguir un resultado consensuado por el equipo, también se consultó al área de riesgo quienes hicieron comentarios relevantes que fueron incorporados en la matriz. Lo anterior es solo una recomendación y el método que defina la compañía para realizar esta matriz, dependerá de los recursos disponibles. Lo que siempre se debe asegurar es la participación de los líderes de proceso y personal con el conocimiento de la problemática.

La tabla 8 que se muestra a continuación es el resultado final del trabajo de evaluación de impactos de la implementación, en este caso solo se definió un impacto alto y la mayoría están concentrados en impactos de mediana criticidad. Al igual como se ha mencionado en capítulos anteriores, se debe asegurar que la acción de mitigación acordada sea concreta y ejecutable, tenga un responsable y una fecha de ejecución. El formato que se presenta en la tabla 8 puede ser utilizado para llevar control y seguimiento en las reuniones con los líderes de proceso y con los integrantes del equipo. Asegurar que las acciones sean implementadas es clave para el éxito del proyecto.

| Nombre de la Acción | Descripción del Cambio (As-Is vs To-Be IMPACTO) | Grupos Impactados Cargo(s) / Grupo(s) Impactado(s) | Tipo de Impacto | | | Grado de Criticidad del Impacto | | | Plan de Acción | | | |
|--|--|---|-----------------|----------|----------|---------------------------------|-------|--|---|-------------------|--|-----------------------|
| | | | Tecnología | Personas | Procesos | Bajo | Medio | Alto | Acción de Mitigación | Responsable | ¿Las acciones de mitigación se encuentran dentro de un Plan? | Fecha de cumplimiento |
| Revisar indicador exactitud de inv. mensualmente con mantenimiento. | Se incorpora el indicador de exactitud de inventario en los foros de integración mantenimiento/Abastecimiento | Supervisor ejecución del Mantenimiento | | | | | | | 1.- Difundir el indicador de exactitud de inventario una vez al mes | Gerente de bodega | Si | A Definir |
| | | Mantenedores | | | x | | x | | 2. Difundir/ Comunicar a los impactados el nuevo proceso | Gerente de bodega | Si | A Definir |
| | | Logística-Bodega Planificador-Programador | | | | | | | 3.- Monitoreas durante 2 meses la ejecución de esta tarea | Gerente de bodega | Si | A Definir |
| Capacitar al personal de bodega en identificación de repuestos e importancia de la exactitud de los registros | Se realiza una capacitación para personal de logística y bodega con el objetivo de ayudarlos a identificar repuestos críticos y la implicancia de la exactitud de inventario en su trabajo y | Logística-Bodega | | | x | x | | 1.- preparar la capacitación y difusión con empresa consultora especializada 2.- Incluir en la matriz de capacitación este curso para el personal nuevo | Gerente de bodega Gerente de bodega | Si Si | A Definir A Definir | |
| Incorporar como medida de desempeño la exactitud de inventario | Se incorpora la exactitud de inventario dentro del sistema de gestión del desempeño, con esto tendrá un impacto en la remuneración generando un incentivo | Logística-Bodega-Ing de Materiales | x | x | | | | 1.- Explicar el objetivo de la medida a trabajadores y sindicatos (si corresponde) 2.- Definir adecuadamente las bandas del incentivo. Cual es la meta, cuando se esta bajo la meta o por sobre y en que porcentaje impactará la noa final de desempeño | Si de Bodega/ RRHH | Si | A Definir | |
| Actualizar procedimiento corporativo para conteo de inventario y aplicarlo en todas las compañías. | Nuevo procedimiento de gestión de inventario, generará cambios en los procesos de conteo de inventarios. | Bodega | x | x | | | x | 1.- Difundir el nuevo procedimiento. 2.- Monitoreo de los cambios y el cumplimiento de las directrices | Gerente de bodega Gerente de bodega | Si Si | A Definir A Definir | |
| Realizar conteo cíclico diario con foco en Rep. críticos tipo A*/A para asegurar revisión Completa 3 veces al año. Para el resto del inventario (B-C). conteo completo 1 vez al año. | Cambio en la rutina de conteo | Bodega | x | x | | | x | 1.- Explicar previamente el cambio 2.- Monitorear la rutina para determinar si es necesario la incorporación de más HH | Gerente de bodega Si de Bodega | Si Si | A Definir A Definir | |
| Incorporar tecnología RFID | Nueva tecnología implica generación de nuevas formas de mantener actualizados los registros | Bodega | x | x | x | | x | 1.- Explicar a los trabajadores de bodega la nueva tecnología | Si Planificación Jefe de Planificación Abastecimiento | Si | A Definir | |
| | | | | | | | | 2.- generar un proceso de puesta en marcha y marcha Blanca | Si Bodega | Si | A Definir | |
| | | | | | | | | 3.- Monitorear resultados y comunicar. | Si Bodega | Si | A Definir | |
| Implementar Modulo SAP WMS u Otro dependiendo del ERP Particular | Cambio en las transacciones del ERP | Bodega | | | | | x | 1.- Difundir las ventajas del nuevo modulo | Si Bodega | Si | A Definir | |
| | | | | | | | | 2.- Capacitar al personal que utilizará el nuevo modulo | Si Bodega | Si | A Definir | |
| | | | | | | | | 3.- Plan de implementación, march blanca. | Si Bodega | Si | A Definir | |
| Realizar ajuste de diferencia semanalmente. | Cambio en la frecuencia de ajuste | Bodega | | | | | x | 1.- Difundir sobre la nueva rutina | Si Bodega | Si | A Definir | |
| | | | | | | | | 2.- Evaluar impacto en la carga laboral por eventual requerimiento de ajuste de dotaciones | Si Bodega | Si | A Definir | |

Tabla 8: Análisis de Impactos

12. Inversión Estimada y Captura De Valor.

Ya identificadas las soluciones y elaborado un plan de implementación y gestión del cambio, podemos centrarnos a detallar cual es la valorización final de la implementación y la captura de valor estimada.

En la tabla 9 se encuentran detallados cuales son los valores estimados para la implementación de cada una de las mejoras. Fueron identificadas las tareas que son factibles de hacer con recurso interno donde el costo se encuentra hundido en el presupuesto operacional (por ejemplo HH de personal propio) y también fueron identificados los recursos que es necesario externalizar, ya sea por el nivel de especialización o por la dedicación de HH que requiere el desarrollo de esta acción en particular, se consideran también los suministros que serán necesarios para la incorporación de tecnología en los patios de bodega.

| Acción | Recurso necesario | Actividad previa necesaria | Actividad específica | Tiempo estimados de implementación | Inversión estimada KUSD |
|--|-----------------------------------|---|---|------------------------------------|-------------------------|
| Revisar indicador exactitud de inv. mensualmente con mantenimiento. | Recurso existente | Incluir en modelo operativo y comunicar lineamiento | Incorporar el indicador entregado por encargado de bodega en las reuniones abastecimiento/Mantenimiento, si no existe la reunión se debe implementar | 2 meses | 0 |
| Capacitar al personal de bodega en identificación de repuestos e importancia de la exactitud de los registros | Consultora externa especializada | Cotizar y licitar el servicio | Capacitación técnica en identificación de repuestos y exactitud de inventario | 2 meses | 30 |
| Incorporar como medida de desempeño la exactitud de inventario | Recurso existente | Lineamiento gerencial y formal | Incorporar en el sistema de evaluación de desempeño para las áreas de bodega el indicador de exactitud de inventario | 1 mes | 0 |
| Actualizar procedimiento corporativo para conteo de inventario y aplicarlo en todas las compañías. | Consultora externa especializada | Generación de Base Técnica, | Se debe actualizar el procedimiento corporativo para que incluya, nivel de tolerancia y clasificación ABC adecuada para la industria minera. Además de frecuencia de conteo diferenciada por criticidad | 4 meses | 60 |
| Realizar conteo cíclico diario con foco en Rep. críticos tipo A*/A para asegurar revisión Completa 3 veces al año. Para el resto del inventario (B-C), conteo completo 1 vez al año. | Consultora externa especializada. | Desarrollar procedimiento y ruta óptima de conteo de inventario | Desarrollar el conteo de inventario de acuerdo a la acción de la manera más eficiente que sea posible. | 6 Meses | 90 |
| | Recurso existente | Reorganizar las tareas | Implementar rutina de conteo de inventario con la dotación existente | 2 Meses | 0 |
| Realizar ajuste de diferencia semanalmente. | Recurso existente | Asegurar la disciplina en la realización de la actividad | Mantener el sistema actualizado y con registros confiables | 1 Mes | 0 |
| Incorporar tecnología RFID | Servicio y suministro | Implementar tecnología RFID. | Comparar de sensores, lectores y software que permita iluminar la bodega mediante dispositivos de radio frecuencia | 12 Meses | 450 |
| Implementar Modulo SAP WMS u Otro dependiendo del ERP Particular | Consultora externa especializada | Actualización de ERP | En caso de no estar habilitado, implementar modulo para control de inventario en bodega | 6 Meses | 300 |
| | | Capacitación | | 2 Meses | |
| Total Inversión (KUSD) | | | | | 930 |

Tabla 9: Inversión estimada en USD.

En resumen, la implementación considera una inversión de 930 KUSD y tiempo de ejecución de 12 meses.

Importante considerar que lo que esta detallado en la tabla 9 es solo una evaluación económica de referencia y que dependiendo de cada organización algunas actividades pueden ser internalizadas o externalizadas. La mayoría de las actividades podrían ser realizadas con recursos propios, pero requiere de una reorganización de las tareas habituales y posiblemente un aumento de los plazos para poder cumplir con los entregables del proyecto y las tareas del proceso normal.

Más allá de la inversión necesaria, Implementar las acciones que salieron como resultado de este informe generan beneficios directos en la compañía ya que principalmente busca visibilizar un indicador que normalmente se encuentra hundido y que al gestionarlo aporta en la cadena de valor.

Para ejemplificar el aporte en la cadena de valor que tiene el porcentaje de exactitud de inventario, en la figura 9 se muestra el árbol de valor y en él se puede apreciar como desde la gestión de la exactitud de inventario (destacado en color verde) es posible impactar para que se cumpla la disponibilidad de los equipos y el presupuesto de producción de la compañía.

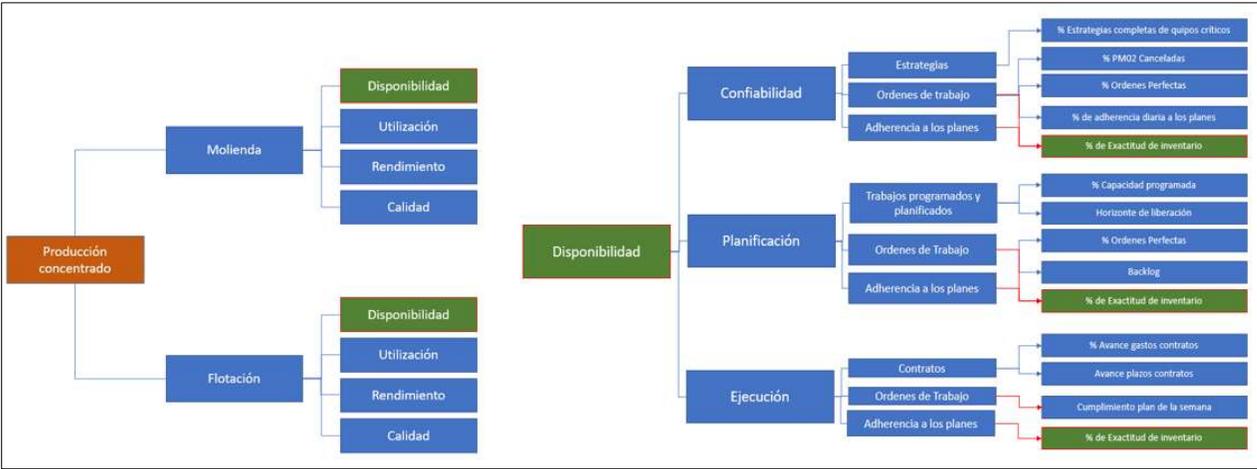


Figura 9: Árbol de Valor

12.1. Captura De Valor Económica.

El aumentar la exactitud de inventario genera captura de valor económico por evitar detenciones operacionales que se puedan producir al no contar con el repuesto para realizar el mantenimiento planificado o imprevisto.

De acuerdo con lo explicado en el desarrollo de este trabajo, cuando existen diferencias de inventario entre el sistema y el físico, no es posible tener una gestión de repuestos que asegure realizar completamente el mantenimiento preventivo y correctivo. Lo anterior genera la posibilidad de que un equipo crítico deba ser detenido en espera de la llegada de los repuestos con el consiguiente impacto económico.

Para estimar el impacto económico de esta falla consideraremos que podría ocurrir una detención del proceso por 48 hrs. Dependiendo del tamaño de la compañía es el impacto productivo, para este cálculo supondremos una compañía minera que cuenta con un solo Molino SAG que procesa 2200 tph.

| Equipo | tph | Detención (h) | Mineral (t) | Recuperación | Ley | Cu (t) | Cu (lbs) | Precio (Usd/Lbs) | Potencial Perdida (USD) |
|--------|-------|---------------|-------------|--------------|------|--------|-----------|------------------|-------------------------|
| SAG | 2.200 | 48 | 105.600 | 80% | 0,6% | 507 | 1.117.468 | 3,5 | 3.911.137 |

Tabla 10: Potencial Perdida

De acuerdo con lo indicado, la inversión para asegurar el más alto nivel de exactitud de inventario según la tolerancia definida es de 930 KUSD y el potencial esperado es evitar por lo menos una detención de molino por falta de repuesto estimada en 3.911.137 USD.

El caso anterior nos permite visualizar el impacto sobre un equipo crítico donde la relación con la productivo es directa. Complementariamente y para el resto de los equipos con criticidad alta y media también existe un impacto indirecto sobre la producción, por la generación de restricciones al proceso y aumento en la vulnerabilidad operacional.

Generación de restricciones: Cuando un sistema está conformado con una distribución de redundancia parcial y uno de los componentes falla o queda detenido por efecto de la falta de repuesto, la capacidad de producción se ve proporcionalmente afectada [2]. Como se puede observar en la figura 10, cada uno de los componentes representa 1/3 de la producción total (P), por lo tanto la falla de uno de los sistemas no detiene completamente la producción pero si afecta proporcionalmente generando pérdidas de producción.

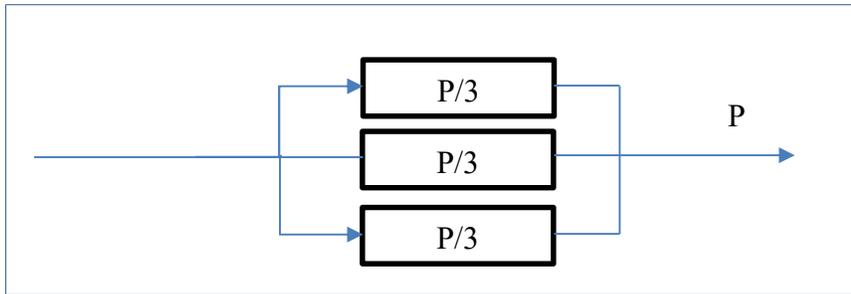


Figura 10: Configuración en Redundancia Parcial

Aumento de la vulnerabilidad Operacional: Cuando el sistema está conformado en una distribución stand by, basta que uno de los equipos no se encuentre disponible, en nuestro caso por falta de repuestos, para que el sistema se vuelva crítico aumentando la vulnerabilidad, debido a que en este nuevo escenario la continuidad operacional depende de que el equipo restante no falle. De acuerdo con lo indicado en la figura 11 Cuando se produce la falla el conmutador cambia de un equipo a otro y este equipo debe estar disponible para evitar la pérdida de la producción [2].

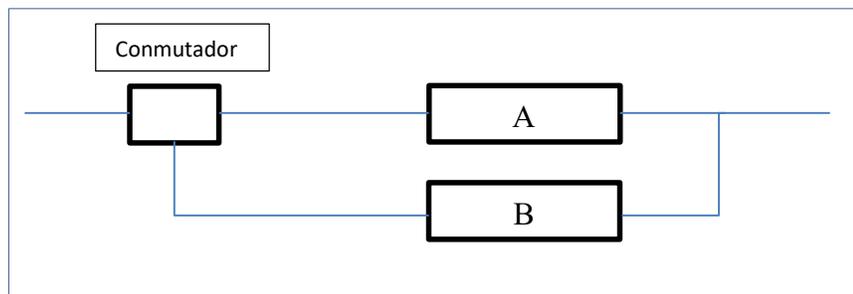


Figura 11: Configuración en stand by

El tener un sistema confiable que permita contar con los repuestos de manera oportuna nos evitará pérdidas económicas por restricciones o aumento de las vulnerabilidades en el proceso.

Para reflejar los anterior en cifras, hagamos un supuesto, si se evita la pérdida de 0,1% de disponibilidad debido a que tenemos un sistema de inventario confiable y esto habilita la ejecución oportuna de las mantenciones y también el cumplimiento de los tiempos para reparar, el potencial es el siguiente.

La tabla 11 representa cada uno de los factores que son necesarios para estimar la producción y dentro de las variables se encuentra la disponibilidad. El producto de estas entrega como resultado la perdida potencial en USD por cada punto porcentual de disminución de disponibilidad.

| tph | Horas al año | Disminución disponibilidad | horas adicionales disponibles y utilizadas | Aumento de producción Mineral (ton) | Recuperación | Ley | Cu (ton) | aumento de producción (lb) | Precio (usd/lb) | Potencial (USD) |
|-------|--------------|----------------------------|--|-------------------------------------|--------------|-------|----------|----------------------------|-----------------|-----------------|
| 2.200 | 8.760 | 0,1% | 8,8 | 19.272 | 80% | 0,60% | 93 | 203.940 | 3,5 | 713.789 |

Tabla 11: Potencial por cada 0,1% de disponibilidad

En conclusión, para una planta que produzca 2200 tph, si se evita la pérdida de 0,1% de disponibilidad, existe un potencial económico equivalente a 713 KUSD. Importante aclarar y considerar que para hacer efectivo esta captura además de la disponibilidad el equipo debe ser utilizado. Existen procesos o subprocesos que, por condiciones operacionales, aun que se encuentren disponibles no pueden ser utilizados. Por ejemplo, un molino SAG que se encuentre disponible pero no pueda ser alimentado por bajo nivel de stockpile producto de condiciones aguas arriba del proceso y en este caso la disponibilidad no se traduce en un aumento de producción.

12.2. Captura De Valor Adicional.

Existen beneficios que no tienen una valorización económica evidente, pero son igualmente importantes para la organización:

Mejora en el clima laboral: Se pueden evitar las discusiones que se producen por la diferencia de inventario entre las áreas de mantención y abastecimiento. Por otro lado, el no tener un sistema confiable genera estrés laboral por la posibilidad de no cumplir con la labor asignada.

Aumentar la productividad de los planificadores y personal de bodega: Se eliminan los dobles chequeos para comprobar la existencia del material en terreno, estos dobles chequeos restan horas del día que se deben invertir en continuar avanzando en las labores asignadas. Significan muchas veces retroceder completamente en la gestión y comenzarla desde cero.

Si consideramos los resultados de la encuesta; un planificador, programador o personal de bodega que trabaje un estimado de 5 horas mensuales en dobles chequeos está desperdiciando 60 horas al año, es decir el equivalente a 1,3 semanas laborales. La tabla 12 detalla para un área que cuente con tres planificadores y un gestor de bodega la cantidad de semanas al año que son desperdiciadas en dobles chequeos y que pueden ser utilizados en actividades propias del rol, mejoras de procesos, etc.

| Horas de reproceso mes | Personas | Horas Totales mes | Horas Totales año | Horas semana laboral | Semanas de Reproceso al año |
|------------------------|----------|-------------------|-------------------|----------------------|-----------------------------|
| 5 | 4 | 20 | 220 | 45 | 5 |

Tabla 12: Potencial Perdida de productividad

Compras innecesarias que se producen por no tener un inventario confiable: Si el componente no aparece en el sistema y surge una necesidad, el proceso empujará para que sea realizada la gestión de compra aun cuándo en la realidad el material si se encuentre en alguna ubicación física de bodega. Esto es un desperdicio de recursos innecesario y además genera inventario inmovilizado.

Disminuir las reprogramaciones de trabajos por falta de repuestos. Sin repuestos disponible los trabajos se deben reprogramar y cuando los repuestos no son críticos no hay tiempo para realizar un doble chequeo, lo que implica reprogramar la actividad hasta que se produzca la compra (generando además repuestos duplicados en el inventario físico).

13. Conclusión.

A través del desarrollo de este trabajo se ha demostrado que la inexactitud de inventario es una brecha que existe en los procesos mineros. Mediante encuestas realizadas a diferentes compañías mineras se ha evidenciado que se percibe en las organizaciones esta brecha y que causa complicaciones en el día a día de las personas directamente involucradas, ya sea los planificadores, mantenedores o personal de bodega.

Aun cuando existe y tiene los impactos antes mencionados, la inexactitud de inventario no siempre es analizada y corregida ya que no siempre genera impactos visibles para la organización y esto hace que no sea una prioridad, solo toma relevancia cuando esta inexactitud afecta equipos críticos generando detenciones de producción con el consiguiente impacto económico. Como por ejemplo el caso de estudio donde la perdida alcanza los 4 MM USD.

En el caso de las áreas de mantenimiento tener un sistema confiable con niveles de exactitud de inventario altos es clave ya que habilita el trabajo, permitiendo realizar mantenimiento cuando corresponde y utilizar la HH de acuerdo con el programa. Lo anterior es independiente de la criticidad del repuesto, ya que un plan de mantenimiento se puede dejar de ejecutar ya sea por un polín de baja criticidad o por un revestimiento de molino de alta criticidad. Probablemente el polín de baja criticidad impactará en el largo plazo y el revestimiento tendrá un impacto en el corto plazo, pero seguramente ambos dejarán un impacto si no son reemplazados oportunamente.

Para las áreas de abastecimiento la clasificación ABC asigna una prioridad por volúmenes de transacciones y por lo tanto será un repuesto crítico aquel con mayor rotación. Dado lo anterior la prioridad de contabilizar y asegurar los repuestos será dada en función de esa criticidad y esto no siempre asegurará los repuestos que son claves para la continuidad de marcha.

Existe entonces una diferencia en la interpretación que el área de abastecimiento y mantenimiento le dan a la clasificación de crítico y esta diferencia afecta la relación cliente-proveedor que tienen mantención y abastecimiento.

Es importante que ambas áreas tengan un criterio en común, que tenga como base la clasificación ABC pero que también incluya aquellos equipos repuestos que son críticos para el proceso por su importancia en la seguridad, sustentabilidad y continuidad operacional, en este trabajo a estos repuestos los designamos como A* y recomendamos una tolerancia de 0%, aquí la exactitud de inventario debe ser la más alta que sea posible.

Definiendo el criterio común, se debe asegurar un proceso robusto para contabilizar los repuestos, que se encuentre diferenciado por criticidad, que tenga un procedimiento estandarizado, que sea medible y visible para la organización, con un sistema ERP que facilite la gestión y se adapte a las condiciones particulares de cada operación como por ejemplo las múltiples ubicaciones de bodega y que incorpore tecnología con el fin de mejorar la confiabilidad de los registros y también la productividad del recurso de bodega. Este trabajo se ha desarrollado en sesiones con personas que están directamente en las áreas de abastecimiento y mantención, por lo cual se ha nutrido de la experiencia y también se ha estructurado con la ayuda de herramientas reconocidas a nivel internacional como es el caso del Lean, con lo anterior se ha construido un plan de acción robusto que se puede implementar en el corto plazo y que tiene como promesa de valor evitar pérdidas por fallas asociadas a la inexactitud de inventarios.

Si bien es cierto el foco de este informe es la afectación directa al mantenimiento debido a los impactos ya mencionados que pueden existir en la productividad, clima laboral y en las potenciales pérdidas que pueda generar la detención de un equipo crítico por no contar con el repuesto. También el no contar con un sistema y proceso que contabilice el inventario de manera confiable puede llevar a toda la organización a sustentar supuestos estratégicos en base a información errada. Por ejemplo: para un grupo minero con un inventario valorizado en 260 MUSD, el que exista una diferencia de un 1% en la exactitud de inventario implica un error de 2,6 MUSD, si el sistema nos indica que no tenemos estos componentes y gatilla las gestiones de compra podemos duplicar inventario y desaprovechar un recurso importante.

Este trabajo plantea realizar una inversión única de 930 KUSD que permitirá aumentar los niveles de exactitud de inventario donde realmente se requiere, haciendo evidente el indicador, mejorando los procesos y la disciplina, incorporando tecnología que mantenga

esta mejora sustentable en el tiempo. Si evitamos a futuro por lo menos una detención de 48 horas de un molino (o un equipo crítico) la inversión se recupera. Como aporte de valor adicional de este trabajo se obtendrá un sistema con registros de inventario confiables y esto siempre entregará beneficios.

Aun cuando este trabajo está enfocado en las plantas concentradores de cobre, su aplicación es válida en las distintas áreas productivas de cualquier compañía mineras y también en otras industrias que manejen inventario. Con la consideración de ajustar el método y las acciones a la realidad de cada proceso.

Finalmente, el desarrollo de este trabajo ha permitido ahondar en una de las causas de incumplimiento más comunes en las áreas del mantenimiento, preparando una propuesta de solución que mejorará la calidad del trabajo en estas áreas.

14. Bibliografía.

[1] BALBIR S. DHILLON. 2008 MINIG EQUIPMENT REABILITY, MAINTAINABILITY, AND SAFETY.LONDON, SPRINGER. 201p.

[2] ADOLFO ARATA Y LUCIANO FURLANETO, 2005 MANUAL DE GESTION DE ACTIVOS Y MANTENIMIENTO.SANTIAGO DE CHILE, RIL 923p.

[3] KAREN L. BASINGER, 2006. IMPACT OF INACCURATE DATA ON SUPPLY CHAIN INVENTORY PERFORMANCE, DEGREE DOCTOR OF PHILOSOPHY, OHIO, IN THE GRADUATE SCHOOL OF THE OHIO STATE UNIVERSITY. 207p.

[4] ROGER B. BROOKS, LARRY W. WILSON, 2007. INVENTORY RECORD ACCURACY, UNLEASHING THE POWER OF CYCLE COUNTING, WISLEY. 207p.

[5] IVAN GOMEZ GOMEZ, JORGE G BRITO AGUILAR.ADMINISTRACION DE OPERACIONES, UIDE 2020. 192p

[6] RICHARD B. CHASE, F. ROBERT JACOBS, NICOLAS J. AQUILANO. 2009 ADMINISTRACION DE OPERACIONES PRODUCCION Y CADENA DE SUMINISTROS, MC GRAW HILL 2009. 800p.

[7] JAVIER ANTONIO BARROSO SALGADO, 2018. MODELO PREDICTIVO BASADO EN MACHINE LEARNING DE ORDENES DE TRABAJO RIESGOSAS PARA MANTENIMIENTO DE EQUIPOS MINEROS. MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL. UNIVERSIDAD DE CHILE. 101p.

[8] CODELCO, 2016.CAPACITACIÓN LEAN.

[9] FRANCISCO TORRE LLERA, 2017, RESOLUCION ESTRUCTURADA DE PROBLEMAS A TRAVÉS DEL MÉTODO KOBETSU KAIZEN. GRADO EN INGENIERÍA DE ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL.UNIVERSIDAD DE VALLADOLID.141p

Anexos.

Anexo A: Extracto listados de ordenes reprogramadas

En el capítulo 6 se hace referencia a datos extraídos del ERP donde se indica la reprogramación de trabajos por falta de repuestos. En las tablas 12 a la 16 se muestra parte de la data. La columna OT, representa el número de la orden de trabajo, la columna Estatus es el estatus de sistema, en este caso RPRO = Reprogramada, La columna RAZÓN RPRO es la descripción que deja el técnico del porque no realzo el trabajo, La columna Información de bodega indica si bodega informo previamente que el repuesto no estaba disponible, la columna Información personal de repuestos Indica si el personal que retira los repuestos entrego feedback al planificador informando que el repuesto no fue encontrado cuando lo fue a retirar.

| MOLIENDA | | | | |
|----------|---------|--|--------------------|--------------------------------|
| OT | Estatus | RAZÓN RPRO | Información Bodega | Información Personal Repuestos |
| 2327402 | RPRO | Sin aceite en postura | Sin Información | Sin Información |
| 2297236 | RPRO | Repuesto no alcanza a llegar (dardo) en sistema aparece 01 unidad, pero no es encontrado en físico | Sin Información | Sin Información |
| 1993253 | RPRO | Error en carga de componente en OT. Se debe utilizar manguerote de 10' y se cargó manguerote de 8' | Sin Información | Sin Información |
| 1993254 | RPRO | Error en carga de componente en OT. Se debe utilizar manguerote de 10' y se cargó manguerote de 8' | Sin Información | Sin Información |
| 2188887 | RPRO | De los 04 componentes faltantes, 02 se encontraban con stock cero y 02 no se encontraron en físico | Sin Información | Sin Información |

Tabla 12: Ordenes reprogramas en área de Molienda por falta de repuesto.

| PEBBLES Y GRAVILLA | | | | |
|---------------------------|----------------|--|---------------------------|---------------------------------------|
| OT | Estatus | RAZÓN RPRO | Información Bodega | Información Personal Repuestos |
| 2290258 | RPRO | Repuesto no se encuentra en Terreno | Sin Información | Sin Información |
| 2209498 | RPRO | Se carga en SAP código de Polea que no corresponde | Sin Información | Sin Información |
| 2090234 | RPRO | Stock de polines centrales es cero | Sin Información | Sin Información |

Tabla 13: Ordenes reprogramas en área de Pebbles y Gravilla

| E&I PLANTA | | | | |
|-----------------------|----------------|---|---------------------------|---------------------------------------|
| OT | Estatus | RAZÓN RPRO | Información Bodega | Información Personal Repuestos |
| 2153475 | RPRO | Material en cero | Sin Información | Sin Información |
| 2259965 | RPRO | Se levanta discrepancia de componente con bodega. El código es correcto, pero se entrega componente erróneo | Sin Información | Sin Información |
| 2324766 | RPRO | Se da a entender que había stock en sistema, pero no en físico | Sin Información | Sin Información |
| 1811647 | RPRO | Repuestos no fueron retirados desde Bodega | Sin Información | Sin Información |

Tabla 14: Ordenes reprogramas en área Eléctrico Instrumentación

| MOLIBDENO | | | | |
|------------------|----------------|---|---------------------------|--------------------------------------|
| OT | Estatus | RAZÓN RPRO | Información Bodega | Información Personal Rpuestos |
| 1977464 | RPRO | Repuestos no fueron retirados desde Bodega | Sin Información | Sin Información |
| 2053011 | RPRO | Repuestos no se encuentran en terreno | Sin Información | Sin Información |
| 1907280 | RPRO | Repuesto anillo no está disponible por tener código marcado como obsoleto | Sin Información | Sin Información |

Tabla 15: Ordenes reprogramas en área Molibdeno

| FLOTACIÓN E&I | | | | |
|--------------------------|----------------|--|---------------------------|---------------------------------------|
| OT | Estatus | RAZÓN RPRO | Información Bodega | Información Personal Repuestos |
| 2191953 | RPRO | Stock en SAP indica existencia mientras que stock real es cero | Sin Información | Sin Información |
| 1833621 | RPRO | Stock Cero | Sin Información | Sin Información |
| 2365596 | RPRO | No se incluye repuesto en OT | Sin Información | Sin Información |

Tabla 16: Ordenes reprogramas en área Flotación Eléctrico Instrumentación.

Como se puede observar en las tablas precedentes, las reprogramaciones de estas órdenes de trabajo se realizan por no contar con el repuesto. En ninguno de estos casos se recibió un feedback que permitiera anticipar la reprogramación.

Anexo B: Extracto de un listado de repuestos y su criticidad.

La tabla 16 muestra un extracto del listado de repuesto extraídos del ERP, donde la columna Material representa el código del SKU, la columna Texto breve del material entrega una descripción reducida, la columna Unidad de medida base indica la unidad en que fue parametrizado el material y es la unidad en la cual se compra, la columna indicador ABC indica la criticidad bajo la cual es clasificado el material por el sistema ERP tal como indicamos en el capítulo 8.1, la columna caract.planif.nec representa la característica de planificación VB reposición automática, PD reposición a Pedido, etc. La tabla es un ejemplo de la información que se puede obtener del ERP existen más columnas disponibles que se pueden seleccionar antes de generar el reporte.

| Material | Texto breve de material | Unidad medida base | Indicador ABC | Caract.planif.nec. |
|----------|--|--------------------|---------------|--------------------|
| 11000125 | TRANSMISOR;FOXBORO;IGP10 STD1F1FMM1L1 | UN | B | VB |
| 11008214 | JUNTA ESPIROMETALICA;8"DIA RW CLASE 1500 | UN | C | VB |
| 11008215 | JUNTA;PLANCHA 1/8"X60"X60" TEFLON | UN | A | VB |
| 11008225 | CONO;GEHO;83135011437 | UN | B | VB |
| 11008354 | ANILLO;GEHO;83170090064 | UN | B | VB |
| 11008458 | ASIENTO VALVULA;GEHO;831150917 | UN | B | VB |
| 11008459 | CONTRATUERCA;GEHO;831900328 | UN | A | VB |
| 11008460 | BUJE GUIA;GEHO;831900530 | UN | B | VB |
| 11008528 | FIJADOR GUIA;GEHO;831900204 | UN | A | VB |
| 11008954 | JUNTA ESPIROMETALICA;3"DIA RW CL1500 | UN | B | VB |
| 11009047 | SENSOR PH;ENDRESS;CPF81D7LH21 | UN | B | VB |
| 11009072 | GUIA TAPA VALVULA;GEHO;917260139 | UN | A | VB |
| 11009132 | TUERCA HEX;5/8" ACERO ASTM A325 | UN | B | VB |
| 11009148 | GUIA;GEHO;831900588 | UN | B | VB |
| 11009149 | SOPORTE VALVULA;GEHO;831900589 | UN | B | VB |
| 11009150 | ABRAZADERA;GEHO;831900605 | UN | B | VB |
| 11009709 | MANGUITOSUJECION;GEHO;917260134 | UN | B | VB |

Tabla 16: Ordenes reprogramadas en área Flotación Eléctrico Instrumentación.

Anexo C: Resultado pregunta abierta encuesta

La encuesta detallada en el capítulo 5. Cuenta con un campo donde se le solicita al usuario que indique sus ideas de mejora para evitar las diferencias de inventario, con esto se obtuvo una buena fuente de recomendaciones que proviene de los mismos usuarios y que conforman una “tormenta de ideas”. Se adjunta en este anexo ya que es una información que puede ser utilizada para rescatar ideas de mejora o conversarlas con los equipos de trabajo.

La tabla 17, muestra las 21 respuestas abiertas de la encuesta, se transcribieron sin editar.

| Pregunta Abierta de la encuesta: ¿Qué idea tienes para mejorar el proceso y evitar las diferencias de Inventario? | |
|---|--|
| Respuestas: | |
| 1 | Que se realice las rebajas y se actualice los inventarios físicos en sistema SAP; ya que esto aporta a la ejecución de los mantenimientos y se hace seguimientos efectivos de las compras. |
| 2 | Invertiría en HH para revisar código a código SAP de manera de realizar un levantamiento real en el mediano plazo y en base a esta información real actualizar el sistema de inventario SAP. |
| 3 | Colocar de estas bandas magnéticas así como tienen los productos del supermercado para identificar que materiales sale de bodega y de los patios... así aseguramos que siempre salga de bodega rebajada. además de realizar urgente una comparación entre lo indicado por SAP y lo físico en bodegas y patios |
| 4 | Cargar fotografía del material para las distintas ubicaciones, con OC de Ingreso y foto de ingreso. esto se puede hacer en el anexo del código del material. |
| 5 | No tengo la certeza si bodega trabaja con algún KPI como " CONFIABILIDAD DE INVENTARIO". En mi otro lugar de trabajo, existía un KPI que resguardaba la existencia y calidad de los repuestos. |
| 6 | Aumentar la frecuencia de inventarios físicos va sistema. |
| 7 | Poner Foco en Revisar los Stock físicos de los Repuestos que ha quedado en estado Pipeline y los repuestos que están con estatus Obsoleto |
| 8 | Tenemos varias herramientas en la compañía, que nos ayuda, debemos ser disciplinados primeramente, no culpar, buscar sinergias. |
| 9 | El hecho de responder a la pregunta 3, indicando “no con tanta frecuencia” es precisamente porque nos adelantamos a los quiebres de stock, entregando reservas con 2 meses de anticipación, trabajo en conjunto con bodega para revisión de stock físico, plan de retiro de repuestos. Con estos temas puedo decir que tenemos poco impacto, debido que hacemos las cosas con antelación |
| 10 | En el proceso mismo de hacer Inventario, se debe barrer con la totalidad de los ítems que se encuentran en el físico de bodega. |

| | |
|----|---|
| 11 | Categorizar repuestos por importancia y hacer un barrido anual por bodega. |
| 12 | Necesariamente hemos tenido que solicitar a bodega revisión en físico de los repuestos antes de enviar el plan para evitar el stock falso una vez congelado el plan. Cuando bodega no puede o no tiene disponibilidad de personal para realizar la actividad, hemos tenido que ir nosotros personalmente a chequear el stock físico de los repuestos. El problema, es que cuando hay una falla y en SAP aparece que contamos con el repuesto y se trata de un stock falso. Ahí sí que ocasiona un gran problema del cual cuesta sobreponerse y nos obliga a improvisar. |
| 13 | Aumentar la frecuencia de toma de inventario. |
| 14 | Realizar ordenamiento y clasificación de materiales. |
| 15 | Instruir al personal de bodega la real importancia del stock falso. |
| 16 | Mantener en seguimiento constante los stocks de materiales que son críticos para el proceso, además queda la impresión que muchas veces se acopian los materiales sin realizar un análisis lógico. |
| 17 | Un sistema automático que alarme al correo las diferencias de inventario |
| 18 | Contratar una empresa externa especialista en tema de inventario Para que se pueda acortar las brechas. |
| 19 | 1.- Generar muestras aleatorias de materiales todos los meses y verificarlos en sistema y ciego en stock físico, y generar un KPI, sobre las diferencias detectadas en cantidad de ítem, posición y condición de almacenamiento. 2.- que él área de bodega se haga cargo íntegramente de recuperar el nivel de stock físico. |
| 20 | Realizar inventario constante de repuestos críticos para cada área, para poder identificar con antelación la diferencia y hacer gestión sobre esta. |
| 21 | Reportabilidad gráfica (gestión a la vista) semana de inventarios de stock crítico (material/componentes reparados). |

Tabla 17: Respuesta a pregunta abierta en la encuesta.

Anexo D: Sistema para control de repuestos en bodega

En este anexo se muestra de manera referencial un sistema de RFDI que es comercializado en Chile, actualmente en funcionamiento en algunas de las compañías mineras y para los efectos de esta tesis su funcionalidad radica en el control de los stocks para evitar su extravío.

A modo de resumen un sistema RFDI está conformado por emisores y receptores que permiten identificar objetos mediante ondas de radio. Existen varias alternativas en la industria aquí solo se entrega una referencia.

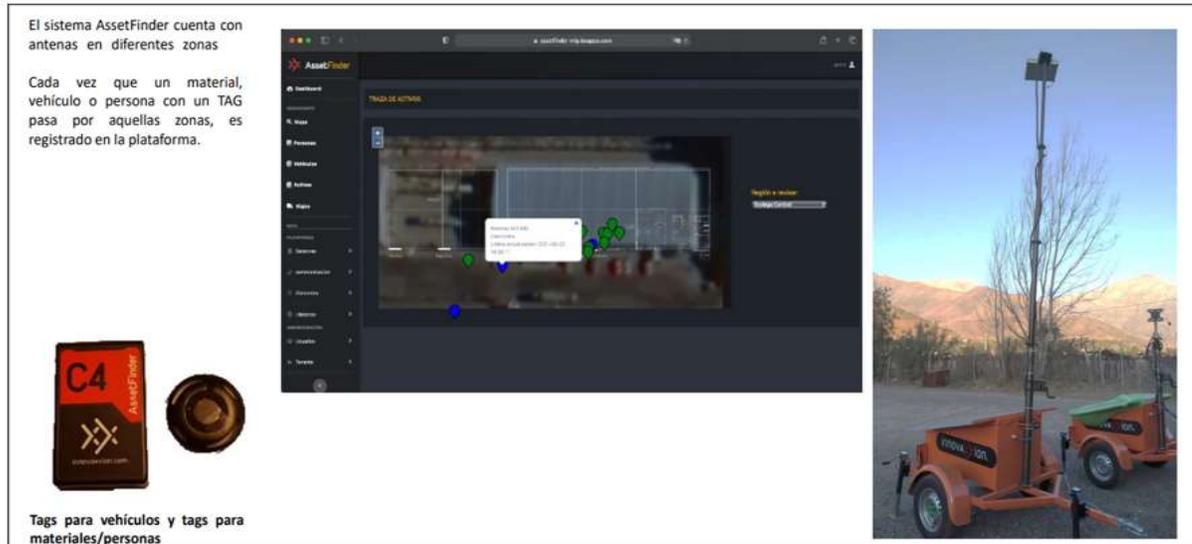


Figura 12: Presentación sistema RFDI para implementación en bodegas

Funcionalidades que ofrece AssetFinder...

| | | |
|---|---|---|
|  | <p>1.- AssetFinder, Existencia por zona (1D): Entrega el sector determinado si está / no está el activo en una determinada zona de bodega. Entrega Entrada/Salida del activo de una zona.</p> | <p>FUNCIONALIDADES ASSET FINDER</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Dashboard de serialización de ítems ▪ Rotación de Inventario ▪ Tiempo de almacenaje ▪ Activos con mayor rotación ▪ Estadísticas de comportamiento de stock ▪ Medición de obsolescencia de activos ▪ Inventario online ▪ Alarmas ante salidas de activos no autorizados ▪ Métricas de nivel de servicio (tiempo de preparación y salida de un pedido) ▪ Optimización de ubicaciones de almacenaje ▪ Integración a un módulo SAP (relativa a alta/baja de activos) |
|  | <p>2.- AssetFinder Ubicación del activo en zona específica (2D): Entrega en un área dentro del sector, la posición donde se encuentra un activo, siendo su principal uso en zonas delimitadas en piso con ubicaciones.</p> | |
|  | <p>3.- AssetFinder Ubicación exacta en el Rack (3D): Permite al sistema determinar y registrar automáticamente la ubicación exacta del activo en un rack.</p> | |

Figura 13: Presentación sistema RFDI y sus funcionalidades