

Universidad de Valparaíso
Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas
Ingeniería Civil Industrial



**Diseño de un plan de abastecimiento de repuestos críticos
para una planta minera de proceso continuo**

por

**Mauricio Felipe Céspedes Maturana
Juan Domingo Rubio Pozo**

Tesis para optar al título de
Ingeniero Civil Industrial
y Grado de
Licenciado en Ciencias de la Ingeniería

Prof. Guía Max Hardy Vargas
Prof. Co Guía Italo Pastene Pereira

Diciembre, 2008

INDICE

| | |
|---|----|
| INTRODUCCION | 5 |
| CAPITULO I OBJETIVOS | 6 |
| Objetivo General | 6 |
| Objetivos específicos..... | 6 |
| GLOSARIO..... | 7 |
| CAPITULO II MARCO TEÓRICO | 9 |
| 2.1 Plan de abastecimiento | 9 |
| 2.1.1 Definición de los requerimientos de compras (QUE)..... | 11 |
| 2.1.2 Determinación de cómo realizar las adquisiciones..... | 14 |
| 2.1.2.1 Licitación pública | 15 |
| 2.1.2.2 Licitación privada..... | 15 |
| 2.1.2.3 Compra directa o contratación directa..... | 17 |
| 2.1.3 Determinación de cuándo y cuanto se necesita | 18 |
| 2.1.3.1 Repuestos de consumo contante. | 19 |
| 2.1.3.2 Repuestos de consumo variable. | 25 |
| 2.2 Establecer aspectos críticos de un proceso | 26 |
| 2.3 Diagrama de Pareto | 27 |
| 2.4 Análisis modos de fallas y efectos (A.M.F.E.) | 39 |
| 2.4.1 Objetivos y Alcance | 39 |
| 2.4.2 Responsabilidades | 39 |
| 2.5 Método análisis de criticidad | 52 |
| CAPITULO III CREACION DEL PLAN DE ABASTECIMIENTO | 57 |
| CAPITULO IV APLICACIÓN DEL METODO..... | 61 |
| 4.1 Descripción del entorno..... | 61 |
| 4.1.1 Descripción División El Teniente de Codelco Chile. | 61 |
| 4.2 Definición de los límites del proceso. | 65 |
| 4.3 Determinación de los aspectos críticos | 66 |
| 4.4 Determinación de las necesidades “que comprar” | 67 |
| 4.4 Determinación de la cantidad a comprar | 76 |

| | |
|--|-----|
| 4.5 Determinación de cuando comprar..... | 76 |
| 4.6 Determinación de la estrategia de compra | 77 |
| CONCLUSIONES..... | 89 |
| Recomendación final..... | 91 |
| ANEXO I FORMATO “DESCRIPCION DE LA SOLICITUD” | 92 |
| ANEXO I MANUAL DE LLENADO FORMATO “DESCRIPCION DE LA SOLICITUD” ... | 93 |
| ANEXO II TABLA DE GRAVEDAD (MAFEC)..... | 94 |
| ANEXO III TABLA DE OCURRENCIA (MAFEC)..... | 95 |
| ANEXO VI LISTADO DE EQUIPOS PLANTA SAG2..... | 98 |
| ANEXO VI LISTADO DE EQUIPOS PLANTA SAG2..... | 99 |
| ANEXO VII MISION DE CODELCO CHILE..... | 100 |
| ANEXO VIII POLITICA DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL..... | 101 |
| ANEXO IX POLITICA AMBIENTAL..... | 102 |
| ANEXO X “ANALISIS DE CRITICIDAD PLANTA SAG2” | 103 |
| ANEXO XI TABLA DE PARETO “Análisis de Gastos 2005 – 2007”..... | 104 |
| ANEXO XI TABLA DE PARETO “Análisis de Gastos 2005 – 2007”..... | 105 |
| ANEXO XI TABLA DE PARETO “Análisis de Gastos 2005 – 2007”..... | 106 |
| ANEXO XII LEY 19886 “Bases sobre contratos administrativos de suministro y prestación de servicios”..... | 107 |
| BIBLIOGRAFIA | 110 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 2.1 Ciclo operativo de un plan de abastecimiento..... | 10 |
| Figura 2.1.3.1: Representación gráfica modelo lote económico..... | 21 |
| Figura 2.1.3.2: Representación gráfica de costos del modelo del Wilson..... | 22 |
| Figura 2.1.3.3: Curva punto de emisión del pedido..... | 23 |
| Figura 2.3: Diagrama de Pareto..... | 28 |
| Figura 2.4: Pasos para la creación del diagrama de Pareto..... | 29 |
| Figura 2.5: Ejes del diagrama de Pareto..... | 33 |
| Figura 2.6: Gráfico de barras..... | 34 |
| Figura 2.7: Gráfico de Pareto..... | 35 |
| Figura 2.8: Interpretación gráfico de Pareto..... | 36 |
| Figura 2.9: Pasos para la creación de un A.M.F.E..... | 44 |
| Figura 3.1: Flujo creación de un plan de abastecimiento para repuestos críticos..... | 58 |
| Figura 4.1: Cadena del cobre..... | 61 |
| Figura 4.2 Diagrama de flujo planta SAG2..... | 62 |
| Figura 4.3 Equipos principales planta SAG2..... | 64 |
| Figura 4.4: Límites del proceso SAG2..... | 65 |
| Figura 4.5: Flow Shett N°1 Planta SAG2..... | 67 |
| Figura 4.6: Flow Shett N° 2 Planta SAG2..... | 68 |
| Figura 4.7 Laina doble parrilla tapa descarga molino SAG2..... | 74 |
| Figura 4.8 Cinta 60" correa transportadora | 81 |
| Figura 4.9 Acoplamiento Falk | 85 |

INTRODUCCION

El tema de tesis “diseño de un plan de abastecimiento de repuestos críticos para una planta minera de proceso continuo”, que se desarrolla a continuación, detalla los pasos a seguir para la creación de un plan de abastecimiento, específicamente para aquellos repuestos clasificados como críticos y que pertenecen a equipos de una planta minera de proceso continuo. Estas plantas de procesamiento de mineral se caracterizan por ser muy intensivas en el empleo de capital, ante lo cual es importante asegurar altos niveles de disponibilidad y utilización de los activos físicos que permitan cumplir con los objetivos y metas establecidas, por tanto se hace necesario que la gestión de mantenimiento esté orientada a asegurar la confiabilidad de los equipos e instalaciones, dentro del marco de la seguridad y el medio ambiente, con costos que no vayan en desmedro del resultado global. En cuanto a este último punto, analizando la estructura de costos de una organización de mantenimiento, los costos de repuestos y materiales constituyen una de las partidas más relevantes.

El método para la creación del plan de abastecimiento comienza describiendo los pasos a seguir para determinar los repuestos críticos, utilizando técnicas conocidas como son, el Análisis de equipos críticos, Análisis de Pareto y Análisis de fallas (AMFE), tomado en cuenta los aspectos críticos del proceso. Este primer paso nos entregará el “que adquirir”. A continuación se describe como realizar el plan de abastecimiento, en el cual se determina “como”, “cuando”, y por “cuanto” deben realizarse las adquisiciones.

En el capítulo IV, se realiza la aplicación del método a la planta de molienda SAG2 de Codelco Chile División El Teniente. La cual consiste en aplicar el método a tres repuestos críticos, los que según el análisis A.M.F.E alcanzaron el mayor puntaje.

CAPITULO I OBJETIVOS

Objetivo General

Diseñar un plan de abastecimiento para repuestos críticos de una planta minera de proceso continuo.

Objetivos específicos

- Determinar aspectos críticos del proceso.
- Definir el universo total de equipos de la planta.
- Determinar cuales son los equipos de la planta, que inciden de mayor forma en los aspectos críticos.
- Determinar los repuestos críticos que pertenecen a los equipos definidos anteriormente mediante un análisis M.A.F.E.C.
- Definir plan de abastecimiento para el listado de repuestos.

GLOSARIO

Planta minera de proceso continuo:

Instalación minera procesadora de minerales que desarrolla sus operaciones en forma continua las 24 hrs. del día con detenciones programadas para el mantenimiento de los equipos.

Aspectos críticos del proceso:

Parámetros que enmarcan el funcionamiento de un proceso productivo, por lo general son: Medio ambiente, Seguridad, Costos, Producción, etc.

Criticidad:

El término es usado para determinar la importancia de una máquina en el proceso productivo. Esta "importancia", es típicamente basada en una evaluación de las consecuencias que implicaría la falla del equipo en servicio.

Plan de abastecimiento:

Definición en forma precisa de lo que se va a comprar, que cantidad, cómo y cuando se necesita dentro de un periodo predeterminado

Plazo de entrega:

En sistema de compras es el tiempo que transcurre desde que se emite un pedido hasta su recepción.

Punto de emisión del pedido (PEP):

El nivel de inventarios (punto) en el cual hay que emprender una acción para reponer el artículo almacenado.

Stock de seguridad:

Una cantidad de inventario que se reserva en previsión de una demanda desigual: un amortiguador.

Confiabilidad:

Es la probabilidad que una parte o un equipo funcione correctamente en un período dado y en condiciones adecuadas de uso.

CAPITULO II MARCO TEÓRICO

2.1 Plan de abastecimiento

En los últimos años, las organizaciones han comenzado a reconocer la importancia del proceso de abastecimiento, debido a que un alto porcentaje de los ingresos están destinados al pago de las provisiones. Hoy en día contar con una estrategia o plan de abastecimientos resulta muy relevante e importante.

Para que una organización pueda contar con un adecuado proceso de abastecimiento debe desarrollar un plan o visión estratégica de las adquisiciones, el cual debe incluir:

- Un análisis de los repuestos y materiales críticos
- Una estimación de la demanda proyectada
- Una evaluación de cómo se realizará la adquisición y del desempeño de los proveedores

Realizar un plan de abastecimiento significa definir en forma precisa lo que se va a comprar, en que cantidad, cómo y cuando se necesita dentro de un periodo predeterminado. En el plan de abastecimiento se mencionan los potenciales proveedores, se detallan las estimaciones de precio, los plazos de entrega, los requerimientos técnicos de calidad, lugar de entrega de los proveedores, planos a utilizar, marcas y números de parte.

Realizar una adecuada planificación de abastecimiento permitirá a la organización asegurar el cumplimiento de sus objetivos estratégicos, consiguiendo un mejor precio de compra al contar con un mayor número de proveedores a consecuencia de una mejor definición de los requerimientos y a una adecuada programación de las adquisiciones. Otra ventaja de contar con un plan de abastecimiento es que permite al departamento responsable de las adquisiciones trabajar de forma más organizada y sistemática.

Para realizar un plan de abastecimientos es necesario que la organización completa esté comprometida en este proceso. Los directivos tienen un rol fundamental en la generación de un ambiente propicio para la planificación. Por un lado les corresponde promover una cultura de planificación y control de resultados, lo que significa comenzar por definir objetivos, priorizarlos, comunicarlos y finalmente controlarlos. También, deben facilitar la coordinación entre los diversos actores que participan en el proceso de abastecimiento, generando o apoyando las instancias de contacto entre usuarios y proveedores internos. De esta manera es posible generar un ambiente que permita realizar una adecuada planificación de las adquisiciones que asegure lograr las ventajas ya descritas.

La creación de un plan de abastecimiento involucra además del departamento de abastecimiento a todos los departamentos involucrados en el origen de la necesidad de adquisición, debiendo realizar la entrega de especificaciones claras y precisas de sus necesidades, programar sus necesidades, como también realizar el seguimiento del plan en su ejecución. Ver figura 2.1

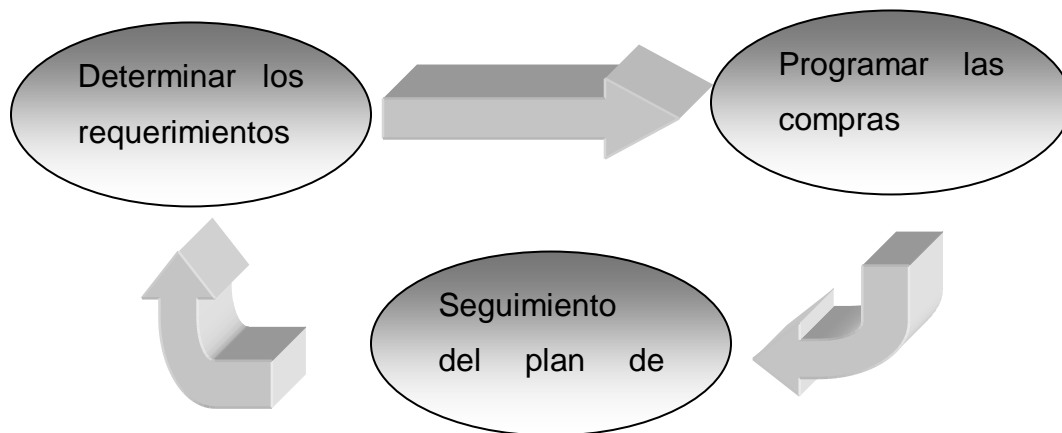


Figura 2.1 Ciclo operativo de un plan de abastecimiento

En la definición de un plan de abastecimiento es necesario responder a cuatro preguntas:

- ¿Qué es lo que se necesita?
- ¿Cuánto se necesita?
- ¿Cuándo se necesita?
- ¿Cómo realizar la compra?

2.1.1 Definición de los requerimientos de compras (QUE)

Es de gran importancia definir en forma precisa que es lo que se necesita comprar, ya que permite agilizar el proceso de adquisiciones y determina en gran medida el resultado del mismo. Detallar en forma precisa las características del requerimiento permite además establecer parámetros comparativos de las ofertas.

El proceso de abastecimiento comienza con la definición del requerimiento el cual es generado por la necesidad de alguna de las unidades de la organización. En la definición del requerimiento se debe incluir que es lo que se desea comprar indicando en forma detallada el nombre del producto, la marca, las especificaciones técnicas, los números de parte, el modelo, los planos asociados y todo otro aspecto que resulte de utilidad para el comprador. Es importante además que si los proveedores de la necesidad son conocidos por el gestor de la adquisición, éste debe incluir esta información en la definición del requerimiento con el objetivo de agilizar la solicitud de las cotizaciones.

Una buena especificación del requerimiento permite que los proveedores oferten con mayor facilidad mejorando los tiempos de entrega y asegurando una compra asertiva con respecto a lo solicitado. Una buena práctica para asegurar la calidad de la especificación es utilizar un formato estándar que recuerde al solicitante incluir toda la información requerida para la adquisición (Ver anexo I.)

En la especificación de los requerimientos se deben considerar los siguientes aspectos:

- Requerimientos importantes definidos por la estrategia operacional de la organización. Para priorizar las adquisiciones hay algunos aspectos de relevancia a considerar, ellos son:
 - Monto de la adquisición, mientras mayor es el monto de la compra, mayor es el impacto en el desempeño financiero de la organización.
 - Importancia estratégica, adquisiciones que dan soporte a la continuidad estratégica operacional de la organización.
 - Mercado de proveedores. Cuando existen uno o pocos proveedores es necesario poner mayor atención a la adquisición para lograr un buen proceso de compra, al contrario de cuando existen muchos proveedores, la misma competencia ayuda a obtener un buen resultado.
- Aportes del usuario. Para lograr una buena definición del requerimiento es indispensable la participación del gestor de la necesidad, ya que él está en mejores condiciones para determinar qué es lo que se necesita. Esto adquiere mayor importancia cuando se trata de adquisiciones complejas, para las cuales es posible que necesitemos que equipos de trabajo elaboren las especificaciones.
- Aportes de proveedores, expertos y experiencias de terceros. Cuando se trata de adquisiciones complejas, que lleven en su especificación datos técnicos poco conocidos, existe la posibilidad de consultar a expertos o a los mismos proveedores, los cuales cuentan con más información que permite determinar la alternativa adecuada para dicha adquisición. También en compras complejas es aconsejable consultar a otros usuarios que hayan tenido la misma necesidad.
- Historial de compras. Gran parte de la información necesaria para realizar un proceso de compra se encuentra en adquisiciones que ya se han realizado. En

ellas es posible encontrar datos tan valiosos como los precios, los proveedores, evaluación de calidad, la evaluación de la respuesta del proveedor asignado, etc. Esta información nos puede permitir acelerar el proceso de adquisiciones.

- Definir los aspectos claves del requerimiento. Para asegurar una buena definición del requerimiento es indispensable detallar en forma precisa los aspectos más relevantes de la compra. Para ello es necesario detallar las características principales de la adquisición, estas características pueden ser divididas en:
 - Requisitos o restricciones, entre ellos la fecha de entrega, el lugar de entrega, las cantidades esperadas.
 - Factores diferenciadores, entre ellos el servicio post-venta, las garantías.

2.1.2 Determinación de cómo realizar las adquisiciones

Una vez definido que es lo que necesito comprar y cuanto comprar, el departamento de adquisiciones deberá determinar cual es el mecanismo más conveniente para realizar la adquisición.

En la selección del mejor mecanismo de compra, adquiere gran importancia la participación de la unidad de la organización que dio origen a la necesidad.

Para la selección del proceso de adquisición existen 2 situaciones:

- Una adquisición que genera una gran competencia entre proveedores, incentivándolos a realizar un esfuerzo especial para conseguir la licitación trae consigo el aumento de la posibilidad de conseguir la mejor oferta disponible en el mercado.
- Ajustar los mecanismos según la recurrencia de las necesidades y su grado de dificultad para su adquisición, como también la no existencia de un mercado también amerita un mecanismo especial para transparentar el proceso de abastecimiento.

A continuación se describen los posibles mecanismos de compra que pueden ser considerados en un proceso de adquisición:

2.1.2.1 Licitación pública

Es un mecanismo de adquisiciones en el cual se realiza un concurso entre proveedores para la adjudicación de un bien requerido por una organización. Este concurso es posible de realizar ya que nos encontramos en un ambiente de alta competencia, vale decir existen varios proveedores que pueden dar respuesta a la solicitud. Los proveedores entregan sus ofertas ajustadas a las especificaciones de la adquisición anteriormente definidas para luego seleccionar la oferta más conveniente de acuerdo a los criterios de evaluación establecidos en la especificación de la adquisición.

Realizar una adquisición mediante licitación pública, garantiza mayor transparencia, al considerar a todos los proveedores en la petición de ofertas, permitiendo conseguir un producto de una determinada calidad al menor costo posible. (Anexo XII: Ley 19886 art.7)

2.1.2.2 Licitación privada

Es un proceso de concurso entre proveedores para adjudicarse la adquisición o contratación de un bien o servicio requerido por una organización, pero a diferencia de la licitación pública, solo compiten los proveedores que han sido invitados por la entidad licitante. En la licitación privada debemos elaborar bases, sobre las cuales los proveedores deben formular sus propuestas, de entre las cuales se seleccionan y aceptan la(s) oferta(s) más convenientes(s) de acuerdo a los criterios de evaluación establecidos en las mismas bases. (Anexo XII: Ley 19886 art.8)

Esta modalidad de licitación se encuentra restringida a las siguientes situaciones especiales:

- Adquisición pública anterior sin oferentes: Estamos en presencia de una adquisición que se intentó hacer por licitación pública , pero en ella no se presentaron interesados, por lo cual debemos recurrir a una licitación privada usando las mismas bases que usamos anteriormente y siempre que las condiciones de los oferentes no hayan cambiado.
- Remanente de una adquisición pública anterior: Es la situación en que debemos hacer una contratación para realizar o terminar un contrato previo que se haya terminado anticipadamente por falta de cumplimiento u otras causales.
- Compras urgentes: En casos de emergencias o imprevistos nos vemos obligados a realizar una adquisición que no estaba previamente planificada, y que viene a satisfacer una necesidad imperiosa e impostergable de nuestro servicio.
- Compras pre-establecidas como menores: Son aquellas compras predefinidas por la organización acotadas por montos para las cuales se autoriza la compra bajo esta modalidad.

2.1.2.3 Compra directa o contratación directa

La compra directa es un mecanismo de abastecimiento excepcional el cual se realiza sin previa cotización a un proveedor previamente seleccionado. Su uso se encuentra restringido a las siguientes situaciones especiales o excepcionales:

- Adquisición privada anterior sin oferentes: Estamos en presencia de una adquisición que se intentó hacer por licitación pública, pero en ella no se presentaron interesados, por lo cual debimos recurrir en segunda instancia a una licitación privada en la cual tampoco hubo ofertas. En este caso la opción para resolver nuestra adquisición, es el trato directo.
- Compras urgentes: En casos de emergencias o imprevistos nos vemos obligados a realizar una adquisición que no estaba previamente planificada, y que viene a satisfacer una necesidad imperiosa e impostergable de nuestro servicio.
- Proveedor único: Se trata del caso en que sólo existe un proveedor de un bien o servicio en el mercado, por lo que no tiene sentido realizar procesos competitivos de cotización.
- Compras pre-establecidas como menores: Son aquellas compras que se encuentran acotadas por montos para las cuales se autoriza la compra bajo esta modalidad.

2.1.3 Determinación de cuándo y cuanto se necesita

Para realizar un plan de abastecimiento se deben considerar las siguientes etapas:

- Determinar los requerimientos
- Programar las adquisiciones
- Control y seguimiento de la ejecución del plan

Para comenzar la programación de abastecimiento es necesario definir el periodo de tiempo a evaluar, por lo general se toma un periodo de un año, sin embargo si la situación lo hace recomendable podría ser conveniente elegir otro horizonte.

Para realizar la programación de las adquisiciones es necesario conocer que es lo que se va a necesitar en el próximo periodo.

Existe por lo general una gran cantidad de requerimientos que se repiten año a año como por ejemplo, lubricantes, planchas de acero, repuestos en general, para los cuales se recomienda estimar su consumo futuro en base a consumos históricos incluyendo un margen de seguridad. Se trata de proyectar los consumos futuros en base al consumo histórico. Por ejemplo si el consumo de rodamientos para un grupo de motores eléctricos de iguales características es de 30 al año, es bastante razonable pensar que el consumo para el próximo periodo será la misma cantidad. No obstante es recomendable estar informado acerca de factores como las mejoras en los equipos, mayores exigencias en las metas de producción y otros factores que podrían modificar el consumo estimado futuro. Por ejemplo: El rodete de una bomba que impulsa pulpa se cambiaba cada dos meses, implicaba un consumo anual de seis impulsores al año. Debido a que las condiciones de operación cambiaron dicho impulsor dura la mitad que en la forma operacional anterior por lo que su demanda futura aumenta al doble.

En otras ocasiones como en el caso de proyectos de inversión minera la información histórica no permite estimar demandas futuras y será necesario recurrir a otras fuentes. Por lo general estos proyectos cuentan con responsables que suelen conocer con anticipación sus requerimientos. Entonces, una buena forma de conseguir

información que permita estimar la demanda de este tipo de bienes y servicios es consultar con los responsables de las unidades que gestionan estos proyectos. Sugerimos que debe existir una constante comunicación entre quienes gestionan los proyectos y los usuarios, con el propósito de evitar desviaciones en el desarrollo e implementación de cada proyecto.

Otro aspecto a considerar es la coordinación de las adquisiciones con la elaboración del presupuesto. Esto quiere decir que el levantamiento de las necesidades deben realizarse a la luz de las previsiones de disponibilidad presupuestaria del próximo periodo. La programación de las adquisiciones es información relevante para la elaboración del presupuesto.

Tanto la programación como las estrategias de mantenimiento definidas para los equipos determinan la programación de las adquisiciones. Un sistema de abastecimiento eficiente puede incrementar los costos si simplemente abastece de repuestos obedeciendo a un programa o a una estrategia de mantenimiento deficiente.

La programación de las adquisiciones se determina considerando dos clasificaciones de repuestos:

- 1.- Repuestos de consumo constante
- 2.- Repuestos de consumo variable

2.1.3.1 Repuestos de consumo contante.

Son repuestos de consumo significativo en términos de volumen y su demanda está determinada estadísticamente. Principalmente son repuestos o materiales de menor valor unitario, sin embargo su demanda es permanente, por lo que es importante su control. En esta categoría podemos hallar los lubricantes, grasas, algunos repuestos genéricos como rodamientos, sellos mecánicos, válvulas, carbones de motores, cuyo consumo se mantiene por lo general constante en el tiempo.

Este tipo de repuestos son utilizados mayormente en equipos con estrategias de mantenimiento cíclicas como por ejemplo los cambios de aceite, cambios de elementos de desgaste como un impulsor de una bomba centrífuga.

Para la gestión de inventario de este tipo de repuestos existen algunos modelos matemáticos como es el modelo de Wilson o modelo de lote económico de compras o pedido, (Ver figura 2.1.3.1) que permite definir la cantidad a pedir. Los supuestos en los que se basa el modelo de Wilson son los siguientes:

1. La demanda del producto es constante, uniforme y conocida.
2. El tiempo transcurrido desde la solicitud hasta su recepción (plazo de entrega) es constante.
3. El precio de cada unidad de producto es constante e independiente del nivel medio de existencias.
4. El costo de almacenamiento depende del nivel medio de existencias.
5. Las entradas en bodega se realizan por lotes o pedidos de tamaño constante y el costo de realización de cada pedido es también constante e independiente de su tamaño.
6. No se permiten rupturas de stock.
7. El bien almacenado es un producto individual que no tiene relación con otros productos.

Modelo del lote económico

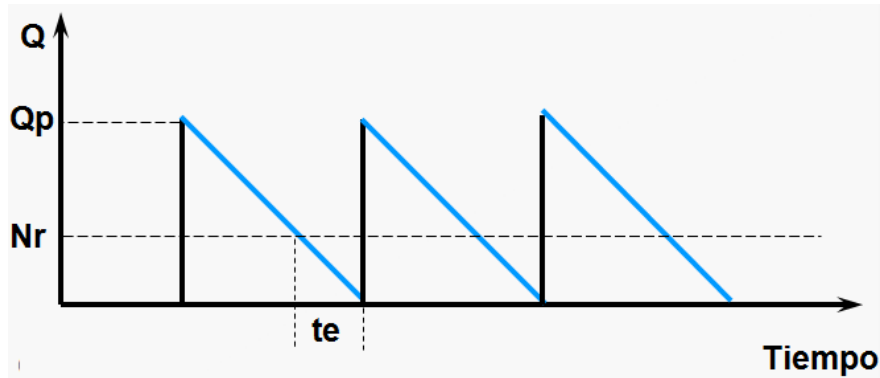


Figura 2.1.3.1: Representación gráfica modelo lote económico

Con:

Qp: Cantidad de pedido

Nr: Nivel de reaprovisionamiento o punto de pedido

 $N_r = d \times t_e$

Te: Tiempo de espera.

La ecuación que rige este modelo es:

$$CT = D \times P + \frac{D}{Q} \times C_e + \frac{D}{2} \times C_a$$

Con:

CT: Costo total.

D: Demanda

P: Precio de compra unitario.

Q: Cantidad comprada.

Ce: Costo de emisión de una orden de compra.

Ca: Costo de almacenamiento anual por unidad.

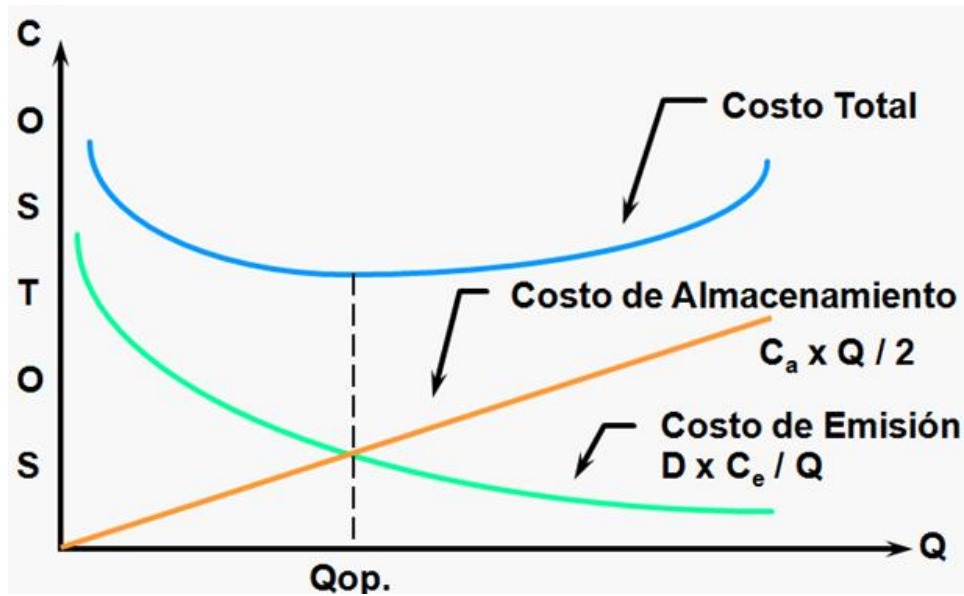


Figura 2.1.3.2: Representación gráfica de costos del modelo del Wilson.

Derivando la ecuación antes descrita el modelo de Wilson queda expresado por la siguiente ecuación:

$$Q_{op} = \sqrt{\frac{2 \times D \times C_e}{C_a}}$$

Una vez definida la cantidad a pedir nos fijaremos en la segunda cuestión relativa al inventario: Cuando hay que pedir, a lo que se le denomina técnicamente punto de emisión del pedido.

Los modelos sencillos de inventario suponen que la recepción de un pedido es instantánea. En otras palabras, suponen, primero: Que una empresa emitirá un pedido cuando el nivel de inventario de un repuesto determinado llegue a cero, y Segundo: Que se recibirá el pedido inmediatamente. Sin embargo, el periodo de tiempo entre la emisión del pedido y la recepción del material, llamado tiempo de adelanto o plazo de

entrega, puede variar entre unas pocas horas y varios meses. Por tanto, la decisión acerca del momento oportuno para cursar un pedido se expresa normalmente como un punto de emisión de pedido (PEP): el nivel de inventario existente en el momento en el que se debe cursar el pedido (Ver figura 2.1.3.3)

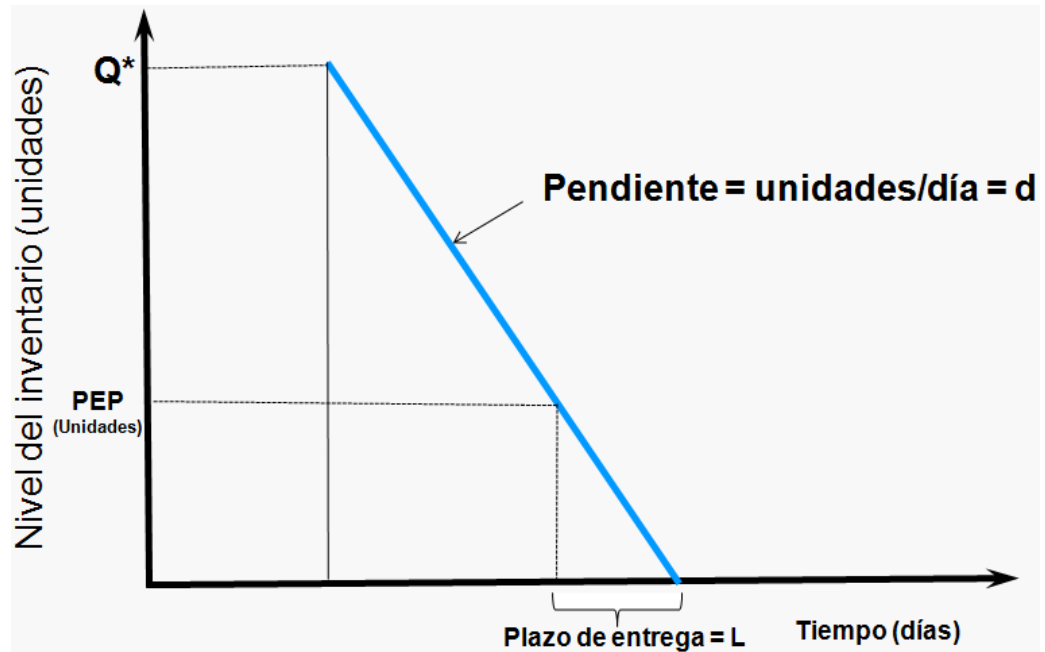


Figura 2.1.3.3: Curva punto de emisión del pedido

Q^* es el tamaño óptimo del pedido, y el plazo de entrega representa el tiempo entre la emisión del pedido y su recepción.

El punto de emisión del pedido (PEP) queda expresado por la siguiente ecuación:

$$\text{PEP} = d \times L$$

Con:

d: Demanda por día.

L: Plazo de entrega de un pedido en días.

Esta ecuación supone que la demanda durante el plazo de entrega y el propio plazo de entrega son constantes. Cuando esto no es así, se debe añadir una cantidad adicional, a menudo denominada stock de seguridad.

La demanda por día, d, se calcula dividiendo la demanda anual, D, entre el número de días laborables del año.

$$CT = \frac{D}{\text{Número de días laborables por año}}$$

2.1.3.2 Repuestos de consumo variable.

Cuando el consumo de un repuesto es variable, la demanda puede establecerse mediante una distribución de probabilidad. Este tipo de modelos se llaman modelos probabilísticos.

Una importante preocupación de todo directivo es mantener un nivel de servicio adecuado cuando la demanda es incierta. El nivel de servicio es el complemento de la probabilidad de quedarse sin stock. Por ejemplo, si la probabilidad de agotar el stock es 0,05 el nivel de servicio es 0,95. La incertidumbre de la demanda aumenta la posibilidad de agotar el stock. Un método para reducir la posibilidad de agotar el stock es mantener más unidades en el inventario. Como ya dijimos, este inventario suele llamarse stock de seguridad. Consiste en añadir un cierto número de unidades al inventario como amortiguador del punto de emisión de pedido.

Punto de emisión del pedido = $PEP = d \times L$

Donde d = demanda diaria

L = Plazo de entrega, o número de días laborables que se tarda en servir un pedido.

La inclusión de existencias de seguridad (ss) cambia la expresión de la siguiente forma:

$PEP = D \times L + ss$

El nivel de stock de seguridad mantenido depende del coste de agotar el stock y del coste de mantener un inventario adicional. El coste anual de quedarse sin stock se calcula de la siguiente forma.

Coste anual de agotamiento de stock = Suma de las unidades que faltan x probabilidad x Coste de agotamiento de stock/unidad x número anual de pedidos.

2.2 Establecer aspectos críticos de un proceso

En este punto se debe establecer cuales son los parámetros esperados de funcionamiento de la planta a evaluar, o sea, parámetros como disponibilidad, gasto, ambiente, seguridad, para poder identificar los equipos y dentro de ellos los repuestos críticos que podrían afectar el deseado desempeño de la organización. Generalmente estos parámetros están definidos en la misión, objetivos y valores de cada empresa como también en el contrato existente entre operaciones (dueño del equipo) y el departamento de mantención.

En forma general podemos señalar que los aspectos comúnmente utilizados en la industria son; Seguridad, Medio Ambiente, Producción, Costos, Frecuencia de Fallas, Tiempo para Reparar, Flexibilidad Operacional e Imagen. La elección de cual o cuales serán las incluidas en el análisis de criticidad dependerá exclusivamente del tipo y rubro de la empresa y principalmente del proceso que se quiera analizar.

2.3 Diagrama de Pareto

El principio de Pareto declara que en todo grupo de elementos o factores que contribuyen a un mismo efecto, unos pocos son responsables de la mayor parte de dicho efecto.

El análisis de Pareto es una comparación cuantitativa y ordenada de elementos o factores según su contribución a un determinado efecto. El objetivo de dicha comparación es clasificar dichos elementos o factores en dos categorías: Los “Pocos Vitales” (Los elementos muy importantes en su contribución) y los “Muchos Triviales” (Los elementos poco importantes en ella). En pocas palabras el análisis de Pareto permite identificar los elementos que más peso o importancia relativa tienen dentro de un gran universo. Esto permite enfocar y dirigir los esfuerzos de un grupo de trabajo hacia un objetivo prioritario común haciendo que las decisiones se basen en datos y hechos objetivos, y no solo en elementos subjetivos.

El diagrama de Pareto es una herramienta de representación gráfica utilizada para visualizar el análisis de Pareto, para la construcción de este diagrama primero es necesario crear la tabla de Pareto la cual no requiere cálculos complejos como tampoco el diagrama requiere de técnicas sofisticadas de representación gráfica. El diagrama de Pareto comunica en forma precisa el resultado del análisis de comparación y priorización.

A modo de ejemplo en la tabla 2.3 se muestra un ejemplo de la tabla de Pareto y a continuación en la figura 2.3 el diagrama de Pareto.

Tabla 2.3: Tabla de Pareto

| EQUIPO | COSTOS | % DEL TOTAL | TOTAL ACUMULADO |
|--------|--------|-------------|-----------------|
| E | 44 | 30% | 30% |
| B | 39 | 27% | 57% |
| C | 35 | 24% | 81% |
| F | 12 | 8% | 89% |
| D | 8 | 6% | 95% |
| A | 3 | 2% | 97% |
| H | 3 | 2% | 99% |
| I | 2 | 1% | 100% |

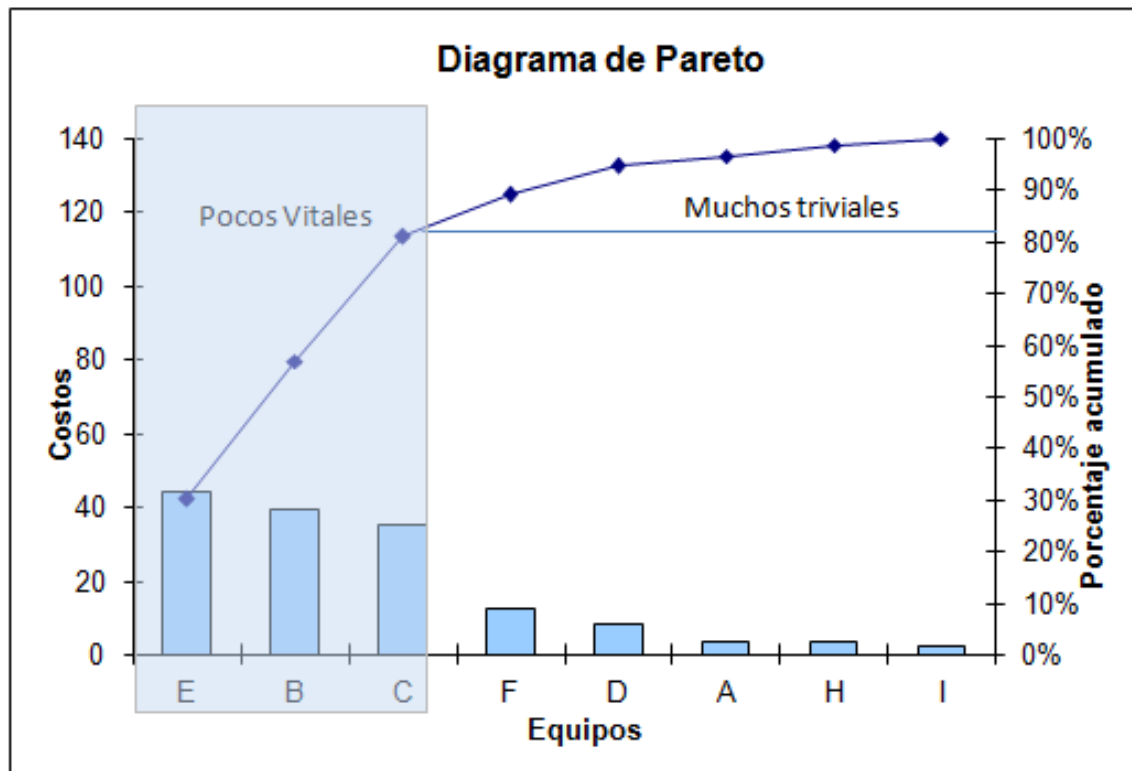


Figura 2.3: Diagrama de Pareto

Los pasos a seguir para la creación de un diagrama de Pareto se ven representados en la figura 2.4

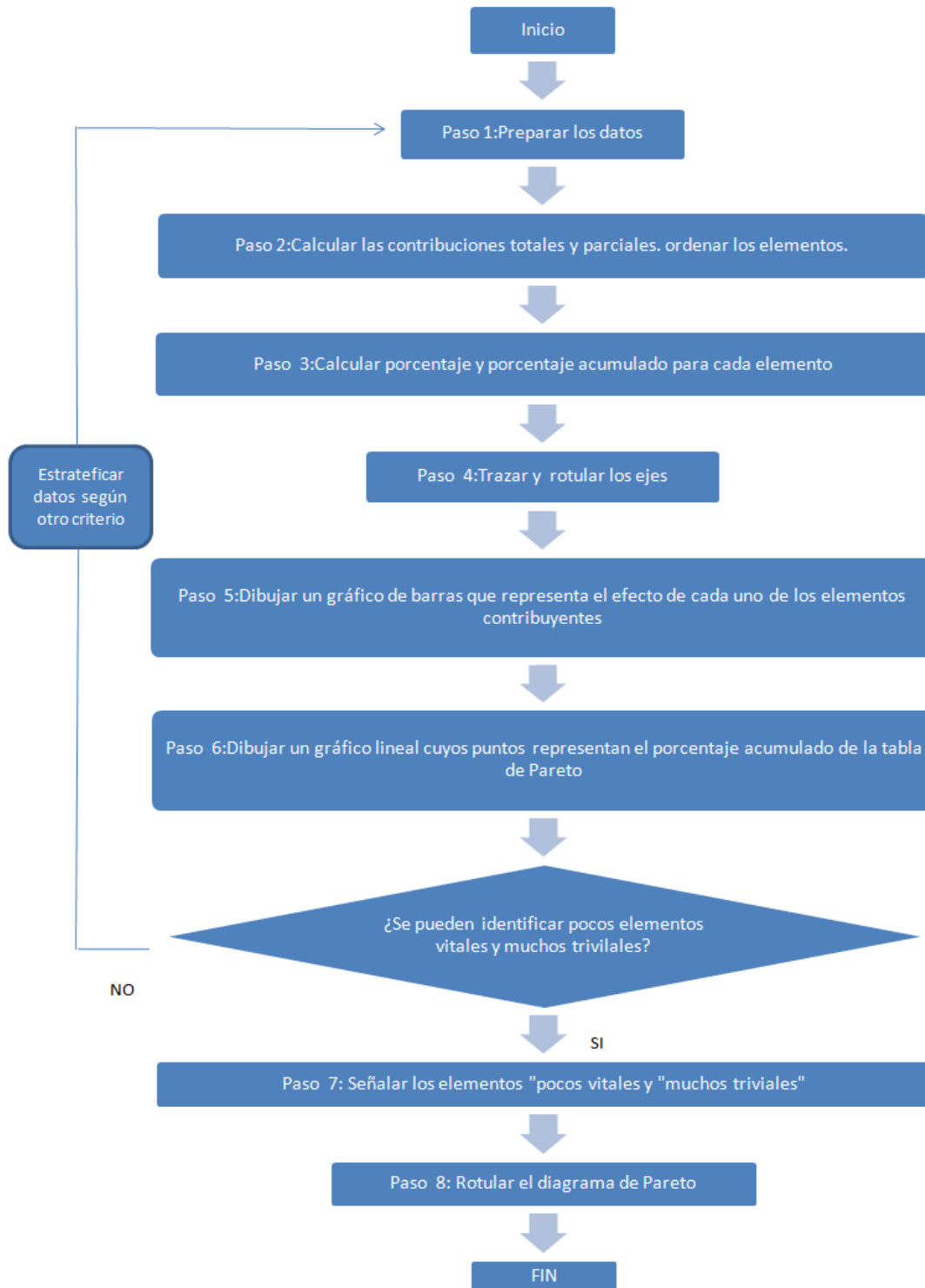


Figura 2.4: Pasos para la creación del diagrama de Pareto.

Paso número 1: Para comenzar a utilizar esta herramienta de análisis de datos lo primero es utilizar los datos precisos que nos permitan analizar el efecto que deseamos estudiar, como también recopilar información cuantificable de aspectos que influyen en dicho efecto.

Como por ejemplo algunos efectos típicos a analizar son:

Los costos, los tiempos, el número de errores o defectos, el número de clientes.

Y la típica información cuantificable:

Los tipos de fallas o errores, los pasos de un proceso, los tipos de problemas, los productos, los servicios.

Relacionando esta información, el análisis de Pareto permite evidenciar entre otros los tipos de falla que han tenido mayor incidencia en los costos o también cuales son los productos que atraen mayor cantidad de clientes. Herramientas que pueden ser útiles para obtener esta información son: la tormenta de ideas, el diagrama de flujo, el diagrama de causa y efecto o los propios datos.

Los datos a analizar deben ser objetivos y consistentes, basados en hechos y no en percepciones, deben representar las causas reales del efecto a analizar. Los datos deben ser demostrables ya que el análisis basado en datos de dudosa fuente no permitirá tomar decisiones eficientes.

Paso número 2: En este segundo paso se comienza a construir la tabla de Pareto en la cual listamos los elementos contribuyentes indicando sus respectivas magnitudes, para luego ordenarlas de mayor a menor. Una vez realizado el ordenamiento se procede a calcular la magnitud total del efecto como suma de las magnitudes parciales de cada uno de los elementos contribuyentes.

Ejemplo:

| EQUIPO | COSTOS |
|--------|--------|
| E | 44 |
| B | 39 |
| C | 35 |
| F | 12 |
| D | 8 |
| A | 3 |
| H | 3 |
| I | 2 |
| TOTAL | 146 |

Paso número 3: En este paso se termina de construir la tabla de Pareto construyendo dos nuevas columnas. La primera contiene el porcentaje de cada contribuyente, lo que se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\% = (\text{magnitud de la contribución} / \text{magnitud del efecto total}) \times 100$$

La segunda columna contiene el porcentaje acumulado para cada elemento de la lista y se calcula:

-Por suma de contribuciones de cada uno de los elementos anteriores en la tabla, más el elemento en cuestión como magnitud de la contribución, y aplicando la fórmula anterior.

-Por suma de porcentajes de contribución de cada uno de los elementos anteriores más el porcentaje del elemento en cuestión. En este caso habrá que tener en cuenta el que estos porcentajes, en general, han sido reordenados

Una vez terminado este paso la tabla de Pareto está lista para ser graficada.

Ejemplo:

| EQUIPO | COSTOS | COSTOS ACUMUL | % DEL TOTAL | TOTAL ACUMULADO |
|--------|--------|---------------|-------------|-----------------|
| E | 44 | 44 | 30% | 30% |
| B | 39 | 83 | 27% | 57% |
| C | 35 | 118 | 24% | 81% |
| F | 12 | 130 | 8% | 89% |
| D | 8 | 138 | 5% | 95% |
| A | 3 | 141 | 2% | 97% |
| H | 3 | 144 | 2% | 99% |
| I | 2 | 146 | 1% | 100% |
| TOTAL | 146 | 146 | 100% | |

Paso número 4: Graficar la tabla de Pareto terminada en el paso anterior

En la figura 2.5, se representan los ejes que contiene la gráfica de Pareto. El eje vertical izquierdo representa la magnitud del efecto a estudiar, comienza en 0 y alcanza el valor del efecto total. La escala debe ser consistente, es decir variar en intervalos constantes. Rotular con el nombre del efecto.

El eje horizontal contiene los distintos elementos o factores que contribuyen al efecto. Dividirlo en tantas partes como factores existan. Rotular con el nombre de los elementos que contribuyen al efecto.

El eje vertical derecho representa la magnitud de los porcentajes acumulados del efecto estudiado. La escala de este eje va desde el 0 hasta el 100%. El cero coincidirá con el origen y el 100% estará alineado con el punto, del eje vertical izquierdo, que representa la magnitud total del efecto. Rotular con el nombre porcentaje acumulado

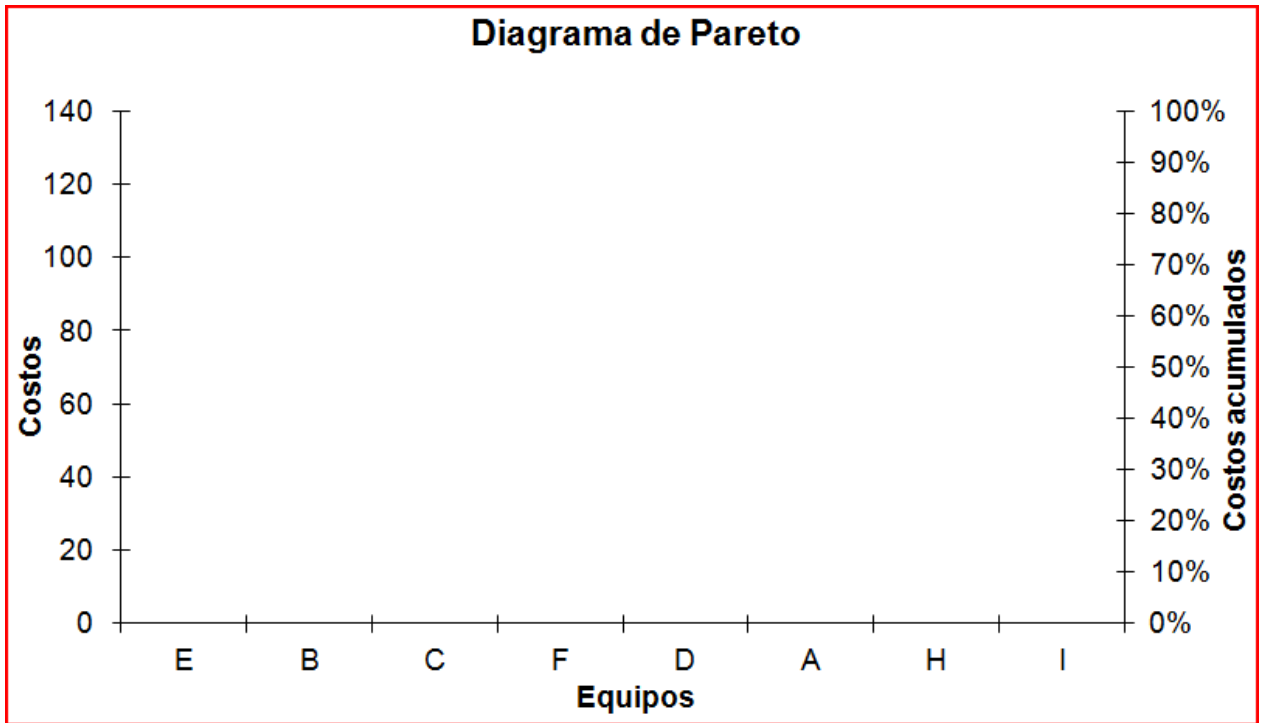


Figura: 2.5 Ejes del diagrama de Pareto

Paso número 5: Dibujar un gráfico de barras que representa la magnitud del efecto de cada uno de los elementos contribuyentes. La altura de las barras es igual al efecto de los elementos contribuyentes, medido ya sea en magnitud en el eje vertical izquierdo o en porcentaje en el eje vertical derecho. Ver figura 2.6

Ejemplo:

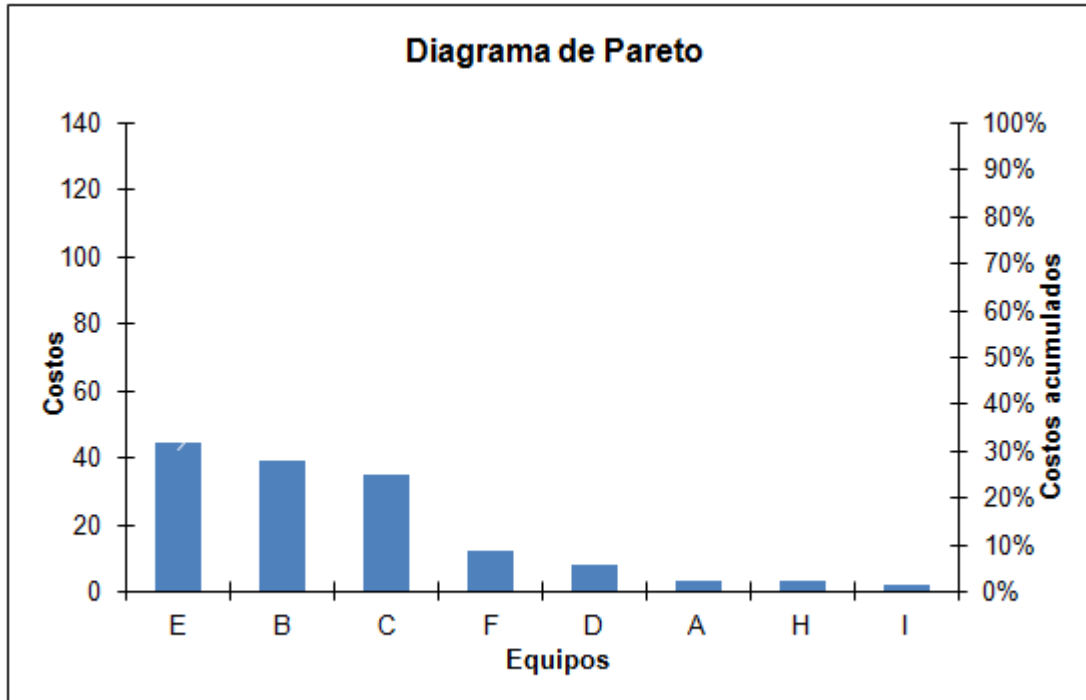


Figura 2.6: Gráfico de barras

Paso número 6: Realizar un gráfico lineal que representa el porcentaje acumulado de la tabla de Pareto, comenzando en la parte superior de la barra de la primera categoría. (la mas alta) Ver figura 2.7

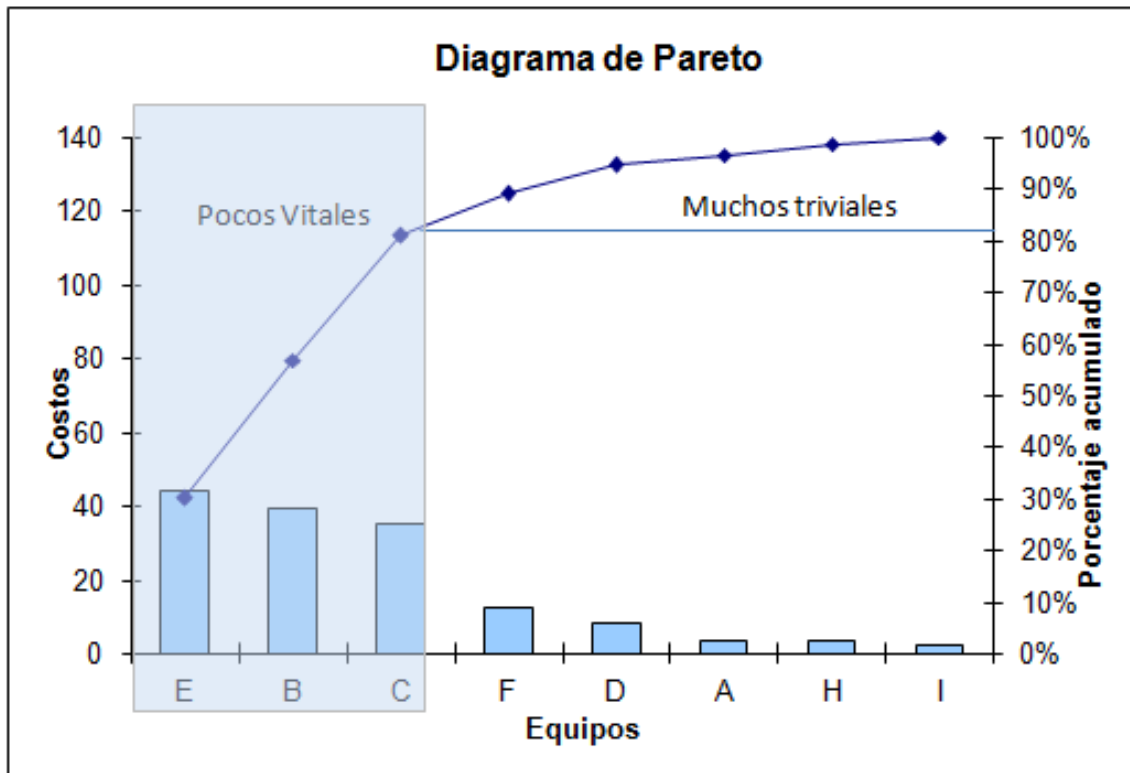


Figura 2.7: Gráfico de Pareto

Paso número 7: Indicar en el gráfico los elementos “Pocos Vitales” y los “muchos triviales”. Esto se realiza trazando una línea vertical que pasa por el cambio de inclinación entre los segmentos lineales correspondientes a cada elemento. Esta línea separa el gráfico en dos partes y es la frontera entre los “Pocos Vitales” y los “Muchos triviales”.

Paso número 8: Rotular el Gráfico con el título del Diagrama de Pareto.

Interpretación

El objetivo del Análisis de Pareto es utilizar los hechos para identificar la máxima concentración de potencial del efecto en estudio (Magnitud del problema, costes, tiempo) en el número mínimo de elementos que a él contribuyen.

Con este análisis buscamos enfocar nuestro esfuerzo en las contribuciones más importantes, con objeto de optimizar el beneficio obtenido del mismo.

En el Paso 7 de la construcción del diagrama de Pareto Señalar los elementos "Pocos Vitales" y los "Muchos Triviales" se comenta que existe una frontera clara entre las dos categorías.

En muchos casos no existe esta frontera claramente visible. En realidad se puede identificar generalmente una tercera categoría llamada "Zona Dudosa". Ver figura 2.8

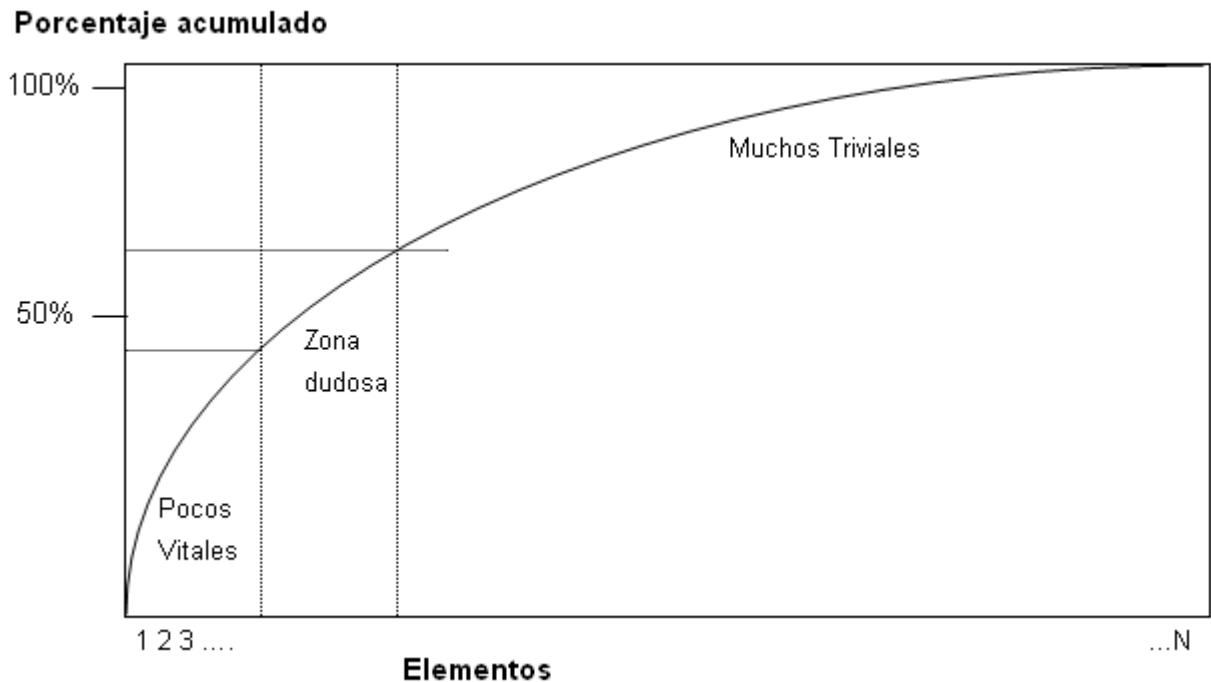


Figura 2.8: Interpretación gráfico de Pareto.

La estrategia de interpretación a seguir en estos casos será:

- a) Identificar los elementos que tienen una pendiente muy inclinada en su representación lineal y que en general representan aproximadamente el 60% del efecto total.
- b) Enfocar el trabajo a desarrollar en estos elementos como los "Pocos Vitales".
- c) Una vez terminada esta labor, volver a realizar el Análisis de Pareto en las nuevas condiciones y comprobar si los elementos incluidos en la anterior "Zona Dudosa" han pasado a ser "Pocos Vitales" y si su tratamiento es rentable. En general, una vez tratados los elementos que claramente pertenecen a los "Pocos Vitales" tenemos un mejor conocimiento de lo que hay que hacer con los pertenecientes a la "Zona Dudosa".

Posibles problemas y deficiencias de interpretación

a) Al dibujar el Diagrama de Pareto, vemos que este no permite realizar una clara distinción entre los diferentes elementos o categorías que contribuyen al efecto, por los siguientes motivos:

- Todas las barras del Diagrama son más o menos de la misma altura.
- Se requieren más de la mitad de las categorías para tener en cuenta más del 60% del efecto total.

En cualquier caso, parece que el Principio de Pareto no es aplicable al caso en estudio. Esta circunstancia es altamente improbable ya que dicho principio ha demostrado su validez en miles de casos. En general, estas circunstancias son debidas a una elección deficiente de los elementos o categorías utilizados para el análisis. Debe probarse una nueva estratificación de los datos y repetirse en base a esta última el análisis.

b) Obtención de priorizaciones erróneas debido a deficiencias en los datos iniciales (Los datos no eran objetivos, consistentes, representativos y/o verosímiles).

Deberán conseguirse nuevos datos sujetos a dichas condiciones.

c) Uno de los elementos "Pocos Vitales" es la categoría "Varios". En este caso se debe replantear la clasificación de categorías realizada profundizando en el fenómeno o efecto estudiado y repetir el análisis efectuado.

Utilización

El Análisis de Pareto sirve para establecer prioridades y para enfocar y dirigir las acciones a desarrollar posteriormente. Por otra parte permite basar la toma de decisiones en parámetros objetivos, por tanto, permite unificar criterios y crear consenso.

Utilización en las fases del proceso de solución de problemas:

Este Análisis es aplicable en todos los casos en que se deban establecer prioridades para no dispersar el esfuerzo y optimizar el resultado de dicha inversión. En particular:

- Para asignar prioridades a los problemas durante la definición y selección de proyectos.
- Para identificar las causas claves de un problema.
- Para comprobar los resultados de un grupo de trabajo una vez implantada la solución propuesta por el mismo.

Finalmente se compara el Diagrama de Pareto de la situación inicial con el de la situación actual y se comprueba que la contribución de los elementos inicialmente más importantes haya disminuido notablemente.

2.4 Análisis modos de fallas y efectos (A.M.F.E.)

El AMFE (Análisis Modal de Fallos y Efectos) es una de las herramientas más utilizadas en la planificación de Calidad, los tipos que existen son: AMFE de producto para evaluar su diseño, y AMFE de proceso para evaluar las deficiencias que puede ocasionar un mal funcionamiento del mismo en el producto o servicio.

Nuestra elección del método AMFE, se debe a que es un método fácil de implementar, universal, no necesita de infraestructura tecnológica, su implementación es de bajo costo, se fundamenta principalmente en la experiencia y conocimiento de los mismos trabajadores de las plantas y/o procesos.

2.4.1 Objetivos y Alcance

El AMFE Se aplica a todas aquellas situaciones en las que es necesario planificar o re planificar productos, servicios o procesos. Su utilización será beneficiosa para el desarrollo de los proyectos abordados por los Equipos de Mejora y por todos aquellos individuos u organismos que estén implicados en proyectos de mejora de la calidad en las que concurren estas circunstancias. Además se recomienda su uso como herramienta de trabajo dentro de las actividades de planificación incluidas en las tareas de diseño, ingeniería y gestión.

2.4.2 Responsabilidades

a) Grupo de trabajo o persona responsable del estudio:

- Seleccionar o comprobar que el grupo es adecuado para la realización del AMFE.
- Elegir un coordinador.
- Seguir las reglas que se señalan en el procedimiento para su correcta realización, interpretación y utilización.
- Proponer acciones correctoras, evaluar la eficacia de su adopción y efectuar su seguimiento.

b) Coordinador:

- Guiar al grupo de trabajo desde el punto de vista metodológico y proporcionarle la formación necesaria para la realización del AMFE.
- Coordinar el grupo de trabajo desde el punto de vista organizativo.

c) Dirección de Calidad:

- Asesorar a aquellos que así lo soliciten, en las bases para la realización, interpretación y utilización del AMFE.

2.4.3 DEFINICIONES / CONCEPTOS

Análisis modal de fallas y sus efectos (AMFE) es una herramienta de análisis para la identificación, evaluación y prevención de los posibles fallos y efectos que pueden aparecer en un producto/servicio o en un proceso.

I. Características principales

A continuación se citan una serie de características que ayudan a comprender la naturaleza de la herramienta.

II. Carácter preventivo

El anticiparse a la ocurrencia del fallo en los productos/servicios o en los procesos permite actuar con carácter preventivo ante los posibles problemas.

III. Sistematización

El enfoque estructurado que se sigue para la realización de un AMFE asegura, prácticamente, que todas las posibilidades de fallo han sido consideradas.

IV. Guía en la priorización

La metodología del AMFE permite priorizar las acciones necesarias para anticiparse a los problemas dando criterios para resolver conflictos entre acciones con efectos contrapuestos.

V. Participación

La realización de un AMFE es un trabajo en equipo, que requiere la puesta en común de los conocimientos de todas las áreas afectadas.

VI. Tipos de A.M.F.E

Existen dos tipos de AMFE:

1. AMFE de producto, sirve como herramienta de optimización para su diseño.
2. AMFE de proceso, sirve como herramienta de optimización antes de su traspaso a operaciones.

En general, los dos tipos de AMFE deben ser utilizados, en una secuencia lógica, durante el proceso global de planificación. Una vez realizado el AMFE de producto/servicio, este pondrá de manifiesto el impacto que puede tener el proceso en la ocurrencia de fallos. Esto será el punto de partida para el análisis del proceso mediante un nuevo AMFE (AMFE de proceso).

A veces no se puede modificar el producto/servicio ya que nos viene impuesto. En este caso, nuestro proceso de planificación sólo requeriría un AMFE del proceso productivo o de prestación. El proceso de realización es idéntico para los dos tipos mencionados.

VII. Cliente

Se considera cliente tanto el usuario final (cliente externo) como la siguiente operación o fase del proceso (cliente interno).

VIII. Fallo

Se dice que un producto/servicio o un proceso falla, cuando no lleva a cabo, de forma satisfactoria, la prestación que de él se espera (su función).

IX. Modo potencial de fallo

Es la forma en que es posible que un producto/servicio o un proceso falle (Ej.: rotura, deformación, dilación, etc).

X. Efecto potencial de fallo

Es la consecuencia que pueda traer consigo la ocurrencia de un Modo de Fallo.

2.4.4 Los pasos a seguir para la creación de un AMFE se ven representados en la figura 2.9

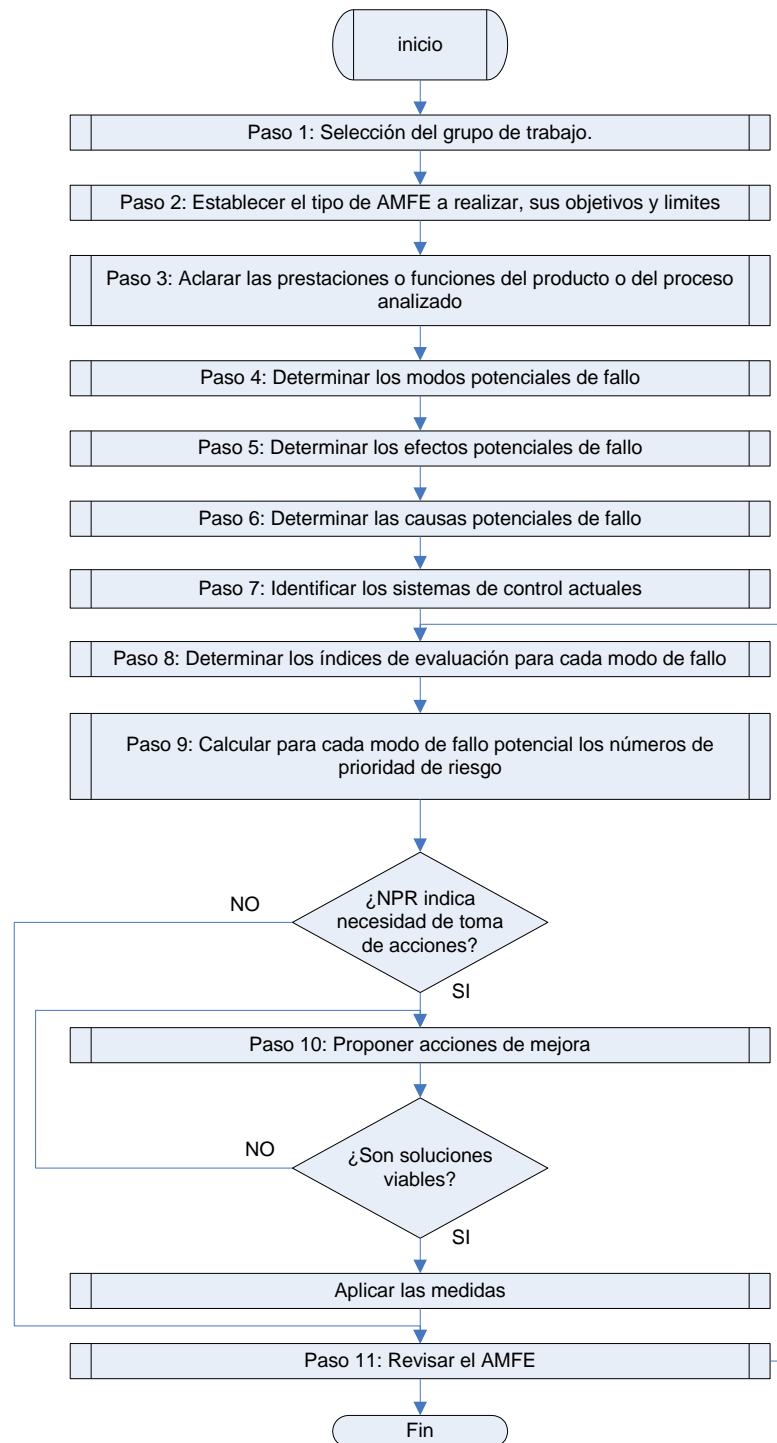


Figura 2.9: Pasos para la creación de un A.M.F.E

2.4.5 REALIZACIÓN

Paso 1: Selección del grupo de trabajo

El grupo de trabajo estará compuesto por personas que dispongan de amplia experiencia y conocimientos del producto/servicio y/o del proceso objeto del AMFE. Se designará un coordinador para el grupo que, además de encargarse de la organización de las reuniones, domine la técnica del AMFE y, por tanto, sea capaz de guiar al equipo en su realización.

Paso 2: Establecer el tipo de AMFE a realizar, su objeto y límites.

Se definirá de forma precisa el producto o parte del producto, el servicio o el proceso objeto de estudio, delimitando claramente el campo de aplicación del AMFE. El objeto del estudio no debería ser excesivamente amplio, recomendando su subdivisión y la realización de varios AMFE en caso contrario. Para la complementación de este paso se requiere un conocimiento básico, común a todos los integrantes del grupo, del objeto de estudio. En el caso de un AMFE de proceso, se recomienda la construcción de un diagrama de flujo que clarifique el mismo para todos los participantes.

Paso 3: Aclarar las prestaciones o funciones del producto o del proceso analizado.

Es necesario un conocimiento exacto y completo de las funciones del objeto de estudio para identificar los Modos de Fallo Potenciales, o bien tener una experiencia previa de productos o procesos semejantes. Se expresarán todas y cada una de forma precisa y concisa y por escrito.

Paso 4: Determinar los Modos Potenciales de Fallo.

Para cada función definida en el paso anterior, hay que identificar todos los posibles Modos de Fallo. Esta identificación es un paso crítico y por ello se utilizarán todos los datos que puedan ayudar en la tarea:

- AMFE anteriormente realizados para productos/servicios o procesos similares.
- Estudios de fiabilidad.
- Datos y análisis sobre reclamaciones de clientes tanto internos como externos.
- Los conocimientos de los expertos mediante la realización de Tormentas de Ideas o procesos lógicos de deducción. En cualquier caso, se tendrá en cuenta que el uso del producto o proceso, a menudo, no es el especificado (uso previsto = uso real), y se identificarán también los Modos de Fallo consecuencia del uso indebido.

Paso 5: Determinar los Efectos Potenciales de Fallo.

Para cada Modo Potencial de Fallo se identificarán todas las posibles consecuencias que éstos pueden implicar para el cliente. Al decir cliente, nos referimos tanto al cliente externo como al interno. Cada Modo de Fallo puede tener varios Efectos Potenciales.

Paso 6: Determinar las Causas Potenciales de Fallo.

Para cada Modo de Fallo se identificarán todas las posibles causas ya sean estas directas o indirectas. Para el desarrollo de este paso se recomienda la utilización de los Diagramas causa-efecto, diagramas de relaciones o cualquier otra herramienta de análisis de relaciones de causalidad.

Paso 7: Identificar sistemas de control actuales.

En este paso se buscarán los controles diseñados para prevenir las posibles causas del fallo, tanto los directos como los indirectos, o bien para detectar el modo de fallo resultante. Esta información se obtiene del análisis de sistemas y procesos de control de productos/servicios o procesos, similares al objeto de estudio.

Paso 8: Determinar los índices de evaluación para cada Modo de Fallo

Existen tres índices de evaluación:

- Índice de Gravedad (G)
- Índice de Ocurrencia (O)
- Índice de Detección (D)

a) Índice de Gravedad (G)

Evalúa la gravedad del Efecto o consecuencia de que se produzca un determinado Fallo para el cliente. La evaluación se realiza en una escala del 1 al 10 en base a una "Tabla de Gravedad", (Ver anexo II) y que es función de la mayor o menor insatisfacción del cliente por la degradación de la función o las prestaciones. Cada una de las Causas Potenciales correspondientes a un mismo efecto se evalúa con el mismo Índice de Gravedad. En el caso en que una misma causa pueda contribuir a varios Efectos distintos del mismo Modo de Fallo, se le asignará el Índice de Gravedad mayor.

b) Índice de Ocurrencia (O)

Evalúa la probabilidad de que se produzca el Modo de Fallo por cada una de las Causas Potenciales en una escala del 1 al 10 en base a una "Tabla de Ocurrencia", (Ver anexo III). Para su evaluación, se tendrán en cuenta todos los controles actuales utilizados para prevenir que se produzca la causa potencial de la Falla.

c) Índice de Detección (D)

Evalúa, para cada Causa, la probabilidad de detectar dicha causa y el modo de fallo resultante antes de llegar al cliente en una escala del 1 al 10 en base a una "Tabla de Detección", (Ver anexo IV). Para determinar el índice D se supondrá que la causa de fallo ha ocurrido y se evaluará la capacidad de los controles actuales para detectar la misma o el Modo de Fallo resultante.

Los tres índices anteriormente mencionados son independientes y para garantizar la homogeneidad de su evaluación, éstas serán realizadas por el mismo grupo de análisis.

Paso 9: Calcular para cada modo de fallo potencial los números de prioridad de riesgo (NPR).

Para cada Causa Potencial, de cada uno de los Modos de Fallo potenciales, se calculará el Número de Prioridad de Riesgo multiplicando los Índices de Gravedad (G), de Ocurrencia (O) y de Detección (D) correspondientes.

$$\text{NPR} = \text{G} \cdot \text{O} \cdot \text{D}$$

El valor resultante podrá oscilar entre 1 y 1.000, correspondiendo a 1.000 el mayor potencial de riesgo. El resultado final de un AMFE es, por tanto, una lista de modos de fallo potenciales, sus efectos posibles y las causas que podrían contribuir a

su aparición clasificados por índices que evalúan su impacto en el cliente. Toda esta información queda registrada en la tabla A.M.F.E, (Ver Anexo V).

Paso 10: Proponer Acciones de Mejora.

Cuando se obtengan Números de Prioridad de Riesgo (NPR) elevados, deberán establecerse acciones de mejora para reducirlos. Se fijarán, asimismo, los responsables y la fecha límite para la implantación de dichas acciones. Con carácter general, se seguirá el principio de prevención para eliminar las causas de los fallos en su origen (Acciones Correctoras). En su defecto, se propondrán medidas tendentes a reducir la gravedad del efecto (Acciones Contingentes). Finalmente, se registrarán las medidas efectivamente introducidas y la fecha en que se hayan adoptado.

Paso 11: Revisar el AMFE

El AMFE se revisará periódicamente, en la fecha que se haya establecido previamente, evaluando nuevamente los Índices de gravedad, ocurrencia y detección y re calculando los números de prioridad de riesgo (NPR), para determinar la eficacia de las acciones de mejora.

2.4.6 INTERPRETACIÓN

El AMFE es una herramienta útil para la priorización de los problemas potenciales, marcándonos mediante el NPR (Número de Prioridad de Riesgo) la pauta a seguir en la búsqueda de acciones que optimicen el diseño de un producto/servicio o el proceso planificado para su obtención. (Ver anexo V)

- Los puntos prioritarios en la actuación serán:

- Aquellos en que el Número de Prioridad de Riesgo es elevado.

- Aquellos en que el Índice de Gravedad es muy elevado aunque el NPR se mantenga dentro de los límites normales.

- Las acciones que surgen como consecuencia del análisis del resultado del AMFE pueden ser orientadas a:

- Reducir la Gravedad de los Efectos del Modo de Fallo.

Es un objetivo de carácter preventivo que requiere la revisión del producto/servicio. Es la solución más deseable pero, en general, la más complicada. Cualquier punto donde G sea alto debe llevar consigo un análisis pormenorizado para asegurarse de que el impacto no llega al cliente o usuario.

- Reducir la probabilidad de Ocurrencia.

Es un objetivo de carácter preventivo que puede ser el resultado de cambios en el producto/servicio o bien en el proceso de producción o prestación. En el caso en que se produzca el Fallo, aunque éste no llegue al cliente o su Gravedad no sea alta, siempre se incurre en deficiencias que generan un aumento de costes de transformación.

- Aumentar la probabilidad de Detección.

Es un objetivo de carácter correctivo y, en general, debe ser la última opción a desarrollar por el grupo de trabajo, ya que con ella no se atacan las causas del problema. Requiere la mejora del proceso de control existente.

Posibles problemas y deficiencias de interpretación.

El obtener conclusiones del AMFE deficientes o erróneas puede provenir de:

- a) No haber identificado todas las funciones o prestaciones del objeto de estudio, o bien, no corresponden estas a las verdaderas necesidades y expectativas del cliente o usuario.
- b) No considerar todos los Modos de Fallo Potenciales por estar latente la idea de que alguno no podrá darse nunca.
- c) Realizar una identificación de Causas posibles superficial o sin utilizar correctamente las herramientas que proporcionan relaciones de causalidad.
- d) Un cálculo de los índices O y D basados en probabilidades no suficientemente contrastadas con los datos históricos de productos/servicios o procesos similares. También tiene relación con especificaciones técnicas referidas a cambios, por ejemplo, en las materias primas usadas en la fabricación de repuestos, u otros factores como cambios en el diseño, obsolescencias.

2.4.7 UTILIZACIÓN

Debido a sus características principales la realización será útil en la planificación o revisión de productos/servicios o de procesos:

- En su diseño.
- Cuando requieren modificaciones debido al cambio de factores ambientales.

Utilización en las fases de solución de problemas.

Durante un proceso de solución de problemas hay un punto en el que la

realización de un AMFE puede ser de utilidad:

- Siempre que en el diseño de soluciones, estas estén encaminadas a la planificación o revisión de productos/servicios o procesos complejos.

2.5 Método análisis de criticidad

El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional, basado en la realidad actual. El mejoramiento de la confiabilidad operacional de cualquier instalación o de sus sistemas y componentes, está asociado con cuatro aspectos fundamentales: confiabilidad humana, confiabilidad del proceso, confiabilidad del diseño y la confiabilidad del mantenimiento. Lamentablemente, no se disponen de recursos ilimitados, tanto económicos como humanos, para poder mejorar en forma simultánea, estos cuatro aspectos en todas las áreas de una empresa.

¿Cómo establecer que una planta, proceso, sistema o equipo es más crítico que otro? ¿Qué criterio se debe utilizar? ¿Todos los que toman decisiones, utilizan el mismo criterio? El análisis de criticidades da respuesta a estas interrogantes, dado que genera una lista ponderada desde el elemento más crítico hasta el menos crítico del total del universo analizado, diferenciando tres zonas de clasificación: alta criticidad, mediana criticidad y baja criticidad. Una vez identificadas estas zonas, es mucho más fácil diseñar una estrategia, para realizar estudios o proyectos que mejoren la confiabilidad operacional, iniciando las aplicaciones en el conjunto de procesos ó elementos que formen parte de la zona de alta criticidad.

Los criterios para realizar un análisis de criticidad están asociados con: seguridad, ambiente, producción, costos de operación y mantenimiento, tasa de fallas y tiempo de reparación principalmente. Estos criterios, también llamados aspectos críticos del proceso se relacionan con una ecuación matemática, que genera puntuación para cada elemento evaluado.

La definición de los valores de la consecuencia, son acordados con los líderes de cada proceso, de acuerdo a la relevancia e importancia que tenga cada uno de los aspectos elegidos.

En Codelco, El Teniente se definen de acuerdo a sus políticas de seguridad y Salud Ocupacional (ISO 18001) y del medio ambiente (ISO 14001), como los aspectos mas importantes, el impacto de seguridad y medio ambiente.

Posteriormente como medianamente relevante, se define al impacto operacional, luego se define como relevante el impacto operacional, para dejar en el ultimo lugar la frecuencia de fallas.

Debemos aclarar que todos estos aspectos o características son de vital importancia; y para nuestra aplicación tendrán la siguiente valoración;

La tabla de criticidad generada (ver tabla 2.3), resultado de un trabajo en equipo, permite nivelar y homologar criterios para establecer prioridades, y focalizar el esfuerzo que garantice el éxito maximizando la rentabilidad.

Criticidad es el producto de frecuencia por consecuencia lo que matemáticamente se puede expresar como:

$$\text{Criticidad} = \text{frecuencia} \times \text{consecuencia}$$

donde consecuencia se puede expresar como:

Consecuencia = (impacto operacional x flexibilidad operacional) + costo de mantenimiento + impacto seguridad y medio ambiente.

- Provoca accidentes menores al personal interno: Toma un valor de 16.
- Provoca un efecto ambiental pero no infringe las normas: Toma un valor de 8.
- No provoca ningún daño a las personas o al medio ambiente: Toma un valor de 0.

Impacto operacional: Efectos causados en la producción, evaluándolo de la siguiente forma:

- Parada inmediata de toda la planta o línea de producción: Calificada con 10.
- Parada inmediata de un sector de la línea de producción: Toma un valor de 6.
- Impacta los niveles de producción o calidad: Con un valor de 4.
- Repercute en costos operativos adicionales asociados a la disponibilidad del equipo: Calificación 2.
- No genera ningún efecto significativo sobre la producción, las operaciones o la calidad: Calificación 1.

Flexibilidad operacional: Definida como la posibilidad de realizar un cambio rápido para continuar con la producción sin incurrir en costos o pérdidas considerables.

- No existe opción de producción o respaldo: Calificación 3.
- Existe opción de respaldo compartido: Valor 2.
- Existe opción de respaldo: Valor 1.

Costo de mantenimiento: Tomando todos los costos inherentes a las por horas de detención del proceso.

- De 0 hasta US\$ 4.000: Calificación 1.
- Más de US\$ 4.000 hasta US\$ 20.000: Calificación 5.
- Más de US\$ 20.000 hasta US\$ 40.000: Calificación 10.
- Más de US\$ 40.000 hasta US\$ 50.000: Calificación 20.

Las cifras y rangos anteriormente señalados son referenciales, los cuales deben ser determinados según el proceso a evaluar, los que pueden diferir en tamaño, magnitud del gasto, aspectos considerados como críticos.

Para lograr un cálculo acertado de la criticidad es necesario contar con información histórica confiable como además un registro contable acertado y conocimientos sustentados de planta y del proceso.

CAPITULO III CREACION DEL PLAN DE ABASTECIMIENTO

En este capítulo se desarrolla la metodología a seguir para realizar un plan de abastecimiento de repuestos críticos de una planta minera de proceso continuo. Este tipo de plantas industriales se caracterizan por ser muy intensivas en el empleo de capital, ante lo cual es importante asegurar altos niveles de disponibilidad y utilización de los activos físicos que permitan cumplir con los objetivos y metas establecidos en el negocio, por lo tanto se hace necesario que la gestión de mantenimiento esté orientada a asegurar la confiabilidad de los equipos e instalaciones, dentro del marco de la seguridad y el medio ambiente, con costos que no vayan en desmedro del resultado global. Bajo esta definición los parámetros estratégicos de la organización que nos permitirán dirigir nuestro análisis para crear un plan de abastecimiento para repuestos críticos serán los que definen el objetivo y metas productivas de la organización. Los cuales por lo general son: seguridad, ambiente, producción y costos.

3.1 Construcción del plan

Para la construcción de un plan de abastecimiento de repuestos críticos es necesario desarrollar 7 etapas, y son las que se muestran en el diagrama de flujo de la figura 3.1.

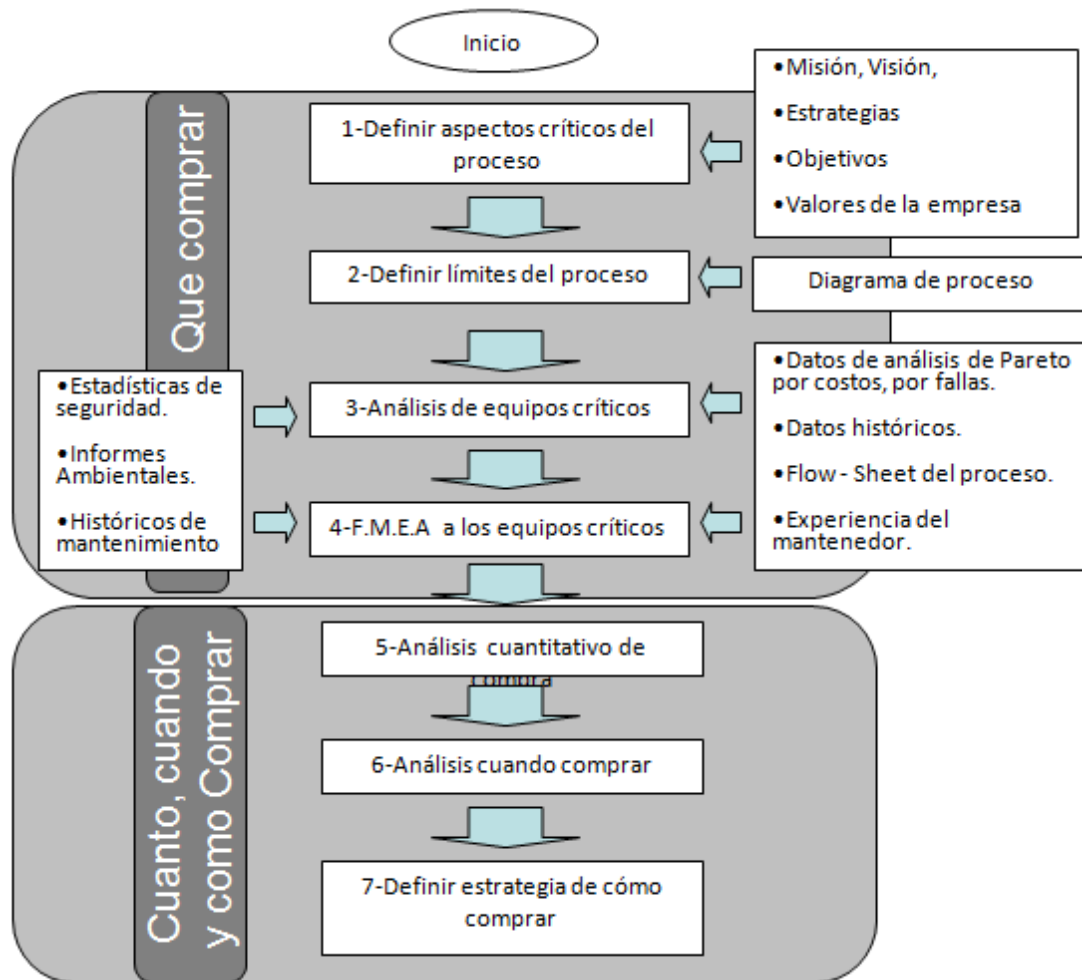


Figura 3.1 Flujo creación de un plan de abastecimiento para repuestos críticos

La primera tarea a realizar es solicitar a la organización los aspectos críticos que norman la ejecución de sus actividades. Por lo general estos aspectos suelen estar definidos en la misión, visión, valores, objetivos estratégicos o en el contrato (cliente-servidor), que maneja la organización, y que por lo general consideran la productividad, costos, ambiente y seguridad.

En la segunda etapa, solicitar a la organización el listado de equipos y flow-sheet de la planta a evaluar según los parámetros definidos en la primera etapa. El listado de equipos es necesario para evitar dejar fuera de análisis algún equipo de la planta. El Flow-Sheet permitirá visualizar los equipos que se encuentran en la línea del proceso, lo que permite determinar la criticidad por productividad.

En la tercera etapa considerando los aspectos críticos se determinan los equipos críticos de la planta. Para esto es necesario aplicar la metodología de determinación de equipos críticos descrita en el capítulo 2.4. Contar con información histórica de calidad, experiencia del mantenedor, flow-Sheet de la planta y análisis complementarios como son Pareto por costos y Pareto por fallas, determinan la calidad del análisis.

En la cuarta etapa se determinan los repuestos críticos de los equipos ya clasificados en la etapa anterior. Se evalúa cada equipo crítico utilizando el método de análisis de fallas y sus efectos (A.M.F.E), el cual una vez realizado entrega un listado ranqueado de repuestos, el cual debe ser ordenado por importancia de mayor a menor, para luego seleccionar los con mayor puntuación. Una técnica sugerida para extraer del listado general los repuestos que podrían causar un mayor impacto sobre los aspectos críticos de la organización es utilizar el diagrama de Pareto para separar los pocos vitales que causan un mayor efecto.

Para la realización del A.M.F.E. es necesario contar con datos históricos del equipo, personal mantenedor conocedor de los modos de falla del equipo, Flow sheet de la planta, histórico de gastos de mantención, parámetros operacionales del equipo, informes de seguridad y ambiente relacionados con el equipo, o sea toda información que permita evaluar correctamente al equipo debe estar presente al momento de realizar el A.M.F.E.

En la quinta etapa se especifica cuanto comprar, teniendo en cuenta históricos de compra, estrategias de mantenimiento, sugerencias de los proveedores. En el caso de un consumo previsible como por ejemplo el cambio de aceite cada 5000 km de un automóvil, el cálculo de la demanda es realizada estadísticamente. En el caso de un consumo no previsible el cálculo de la demanda se realiza mediante el método probabilístico y considerando un stock de seguridad.

En la sexta etapa se determina cuando comprar considerando la programación de actividades de mantenimiento, ya que en ella está la información que indica cuando se cambiaran los repuestos en los equipos, como también considerando los tiempos de realizar una orden de compra y transporte.

En la séptima etapa se determina como comprar lo que debe ser determinado tomando en cuenta el marco teórico descrito en el capítulo 2.4.

CAPITULO IV APLICACIÓN DEL METODO

4.1 Descripción del entorno

En este capítulo se aplicará la metodología descrita en el capítulo III. Se diseñará un plan de abastecimiento para repuestos críticos a la planta de molienda de mineral de cobre SAG2, de Codelco Chile, División El Teniente.

4.1.1 Descripción División El Teniente de Codelco Chile.

La División El Teniente, ubicada a ochenta kilómetros al sur de Santiago y a 2.500 metros sobre el nivel del mar, centra sus operaciones en la explotación de la mina subterránea de cobre más grande del mundo. Esta mina que comenzó a ser explotada en 1904 posee 2.400 kilómetros de galerías subterráneas.

El teniente produce 404.738 toneladas métricas finas anuales de cobre en la forma de lingotes refinados a fuego (RAF), y cátodos de cobre al año. Como resultado del procesamiento del mineral también se obtienen 5.053 toneladas métricas de molibdeno.

La división El Teniente a su vez, posee tres procesos productivos muy importantes: Extracción, concentración y fundición. Ver figura 4.1



Figura 4.1: Cadena del cobre

4.1.2 Descripción planta SAG2

La planta SAG2, se encuentra inserta en el proceso de concentración, procesando mineral proveniente de la mina a través de la correa transportadora 316 hasta el sector de acopio de mineral. Esta operación la realiza utilizando tecnología de Molienda Semiautógena (SAG) como se puede apreciar en el siguiente esquema general:

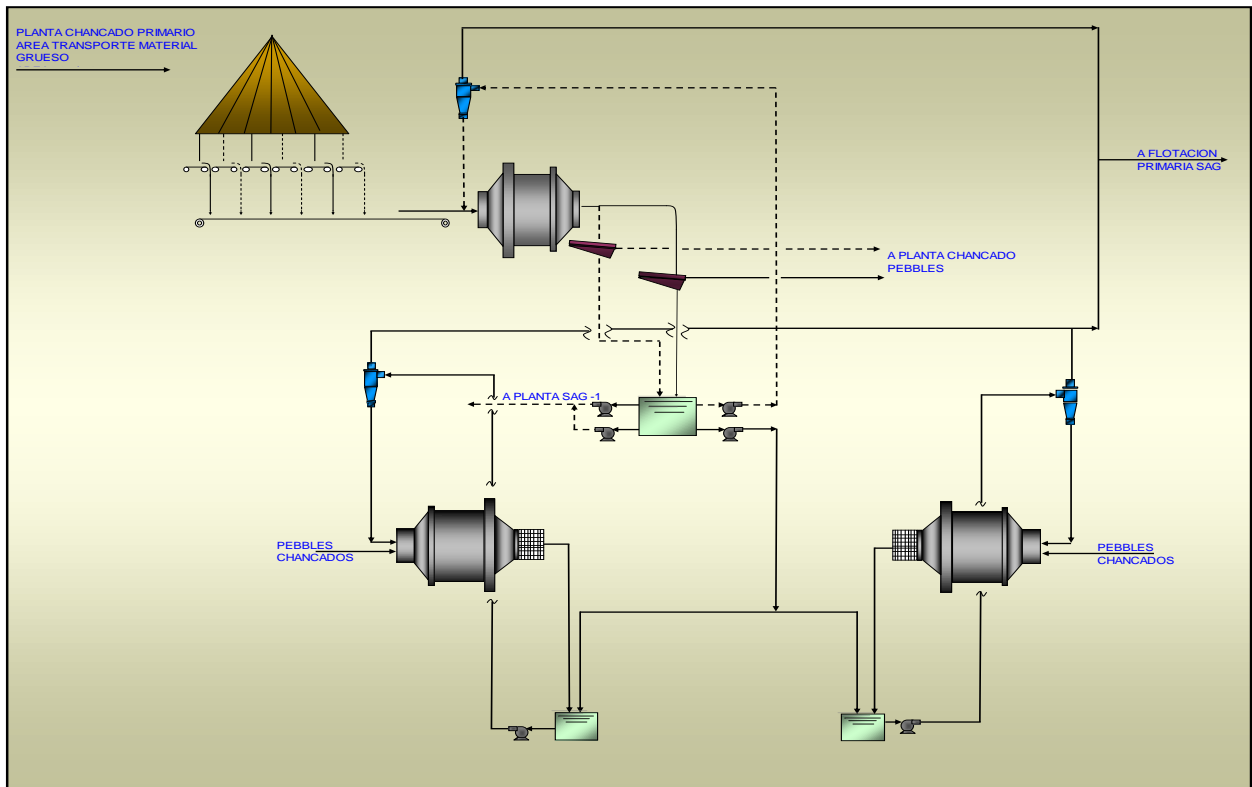


Figura 4.2 Diagrama de flujo planta SAG2

El objetivo de esta planta es reducir el mineral proveniente de chancado primario cuyo tamaño máximo está en el orden de 8 a 10 pulgadas, hasta un producto final enviado al proceso de flotación con tamaño $P_{80} = 150$ micrones ($20\% +100\#$ Tyler) y a una tasa de procesamiento de 40.300 tpd.

La potencia total instalada en los equipos de molienda es de 56.000 Hp. Esta capacidad fue definida considerando como criterios de diseño principales:

| | |
|-----------------------------|-------------------------------------|
| CEE SAG N°2 | 11,06 / 1,1 KWh/t (Circuito SABC-B) |
| Work Index del Mineral | 17,6 a 18 KWh/t |
| CEE Molinos Bolas (SAG N°2) | 9,61 kWh/t (corregido) |
| Factor de Utilización | 92,5 % |

CONDICION DE OPERACION NORMAL

El acopio de mineral fresco (Stock Pile) de la Planta tiene una capacidad viva de 50.000 toneladas y, recibe el mineral desde la Planta de Chancado Primario a través de la correa 240-CV-14.

La Planta de Molienda SAG N° 2, área 260, es alimentada de mineral fresco desde el acopio de mineral por medio de los alimentadores de correa que transfieren el mineral hacia la correa de 60" de ancho que alimenta al molino SAG, dicha correa posee un pesómetro de control de 4 celdas de carga certificado que permite registrar el flujo de mineral con una precisión de 0,125%.

El molino SAG tiene 38 pies de diámetro y 22 pies de largo total, de los cuales 20 pies corresponden al largo efectivo de molienda o EGL, cuenta con un motor tipo anillo (gearless), de potencia 26.000 Hp y un sistema de freno del cilindro. En la descarga del molino se ubican 2 harneros doble bandeja de 10' x 24', uno operando y el otro standby, los cuales clasifican el producto en pebbles (sobre tamaño), que se envían a una planta centralizada de chancado y, pulpa que fluye gravitacionalmente hasta el cajón descarga del molino SAG.

La etapa de molienda secundaria opera en circuito cerrado inverso y cuenta con dos líneas idénticas que operan en paralelo. Cada línea está compuesta por un molino de Bolas de 24 pies de diámetros y 36 pies de largo, con motor tipo anillo (gearless), potencia 15.000 Hp, una batería de hidrociclones y dos bombas de impulsión de pulpa. La carga fresca que alimenta a la molienda secundaria tiene dos componentes, la pulpa recibida desde el cajón de descarga del molino SAG, ingresa a la etapa secundaria en el cajón de descarga del molino de Bolas y, los pebbles chancados recibidos desde la Planta Centralizada de Chancado de Pebbles (área 270), en el chute de alimentación del molino de Bolas.

La etapa de clasificación con hidrociclones recibe la pulpa impulsada desde el cajón de descarga de cada molino de Bolas mediante dos bombas de velocidad variable (1 operando y 1 stand-by), de tamaño 28' x 24' y potencia 2.250 Hp. La batería de clasificación cuenta con 12 hidrociclones marca Krebs del tipo D-26. El rebalse de los hidrociclones constituye el producto final de la planta con una granulometría $P_{80}= 150$ micrones, mientras que la descarga de los hidrociclones es alimentada a los molinos de Bolas. Los equipos principales de la planta SAG2, se muestran en la figura 4.2.



Figura 4.3 Equipos principales planta SAG2.

4.2 Definición de los límites del proceso.

Los límites de proceso están demarcados en el diagrama de proceso que aparece en la Figura 4.4. En el Anexo VI aparecen los equipos que forman parte del proceso.

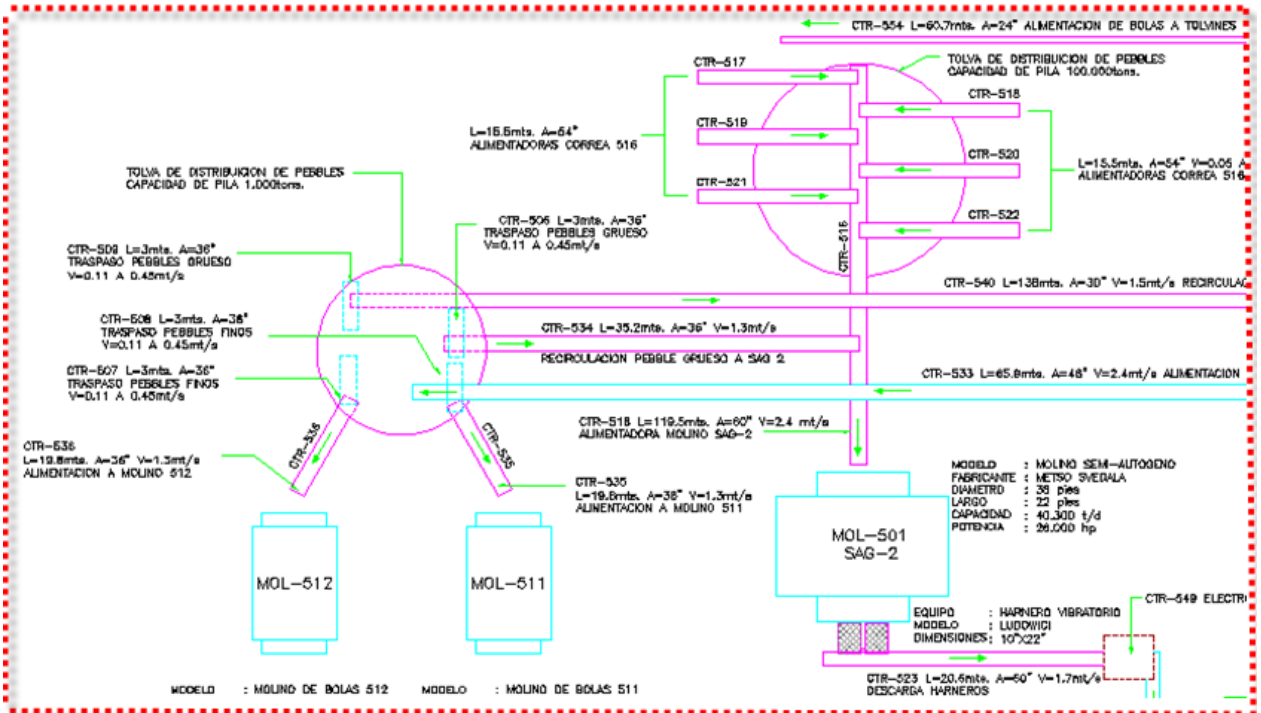


Figura 4.4: Límites del proceso SAG2

4.3 Determinación de los aspectos críticos

Para obtener los aspectos críticos con los cuales realiza sus actividades la División El Teniente de Codelco Chile será necesario consultar a sus políticas, metas productivas, objetivos de la empresa, misión. Estas se encuentran descritas en los anexos VII, VIII, IX

De las políticas de la Organización, la misión y objetivos, se desprende que los aspectos críticos son:

Impacto de seguridad y medio ambiente: Enfocado a evaluar los posibles inconvenientes que puede causar sobre las personas o el medio ambiente

Impacto operacional: Efectos causados en la producción.

Flexibilidad operacional: Definida como la posibilidad de realizar un cambio rápido para continuar con la producción sin incurrir en costos o pérdidas considerables.

Costo de mantenimiento: Tomando todos los costos inherentes a los costos de producción sufridos por fallas

4.4 Determinación de las necesidades “que comprar”

Las necesidades en este trabajo están definidas por los repuestos críticos que son los que pertenecen a aquellos equipos en que una falla podría afectar de alguna forma a los aspectos críticos de la organización, mencionados en el punto anterior.

A la determinación de repuestos críticos entonces la antecede la determinación de los equipos críticos de la planta o proceso, para lo cual se debe realizar un análisis de criticidad de la planta siguiendo los pasos descritos en el Capítulo 2.2.

Para que el resultado del análisis entregue los equipos que realmente son críticos dentro de un proceso productivo es necesario contar con información precisa que permita tomar las decisiones correctas al momento de jerarquizar los equipos.

Para la determinación de la frecuencia de fallas en esta aplicación se cuenta solamente con la experiencia del mantenedor, ya que para este proceso no existen datos históricos. Para la determinación del impacto y flexibilidad operacional se cuenta con el Flow Shett de la planta. Ver figura 4.5 y figura 4.6

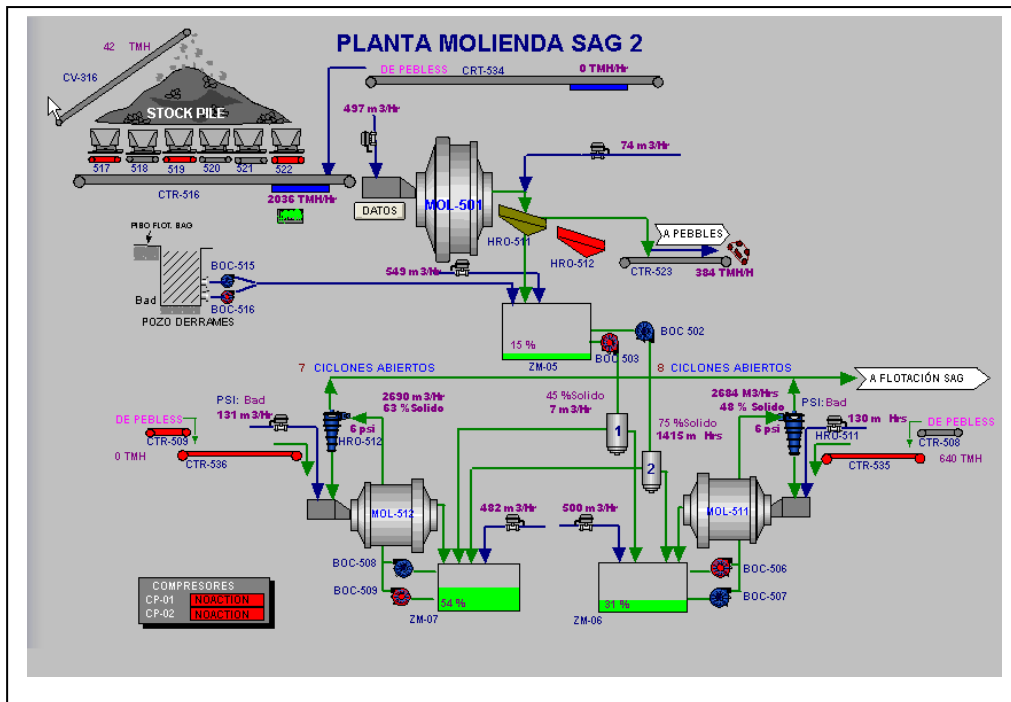


Figura 4.5 Flow Shett N°1 Planta SAG2

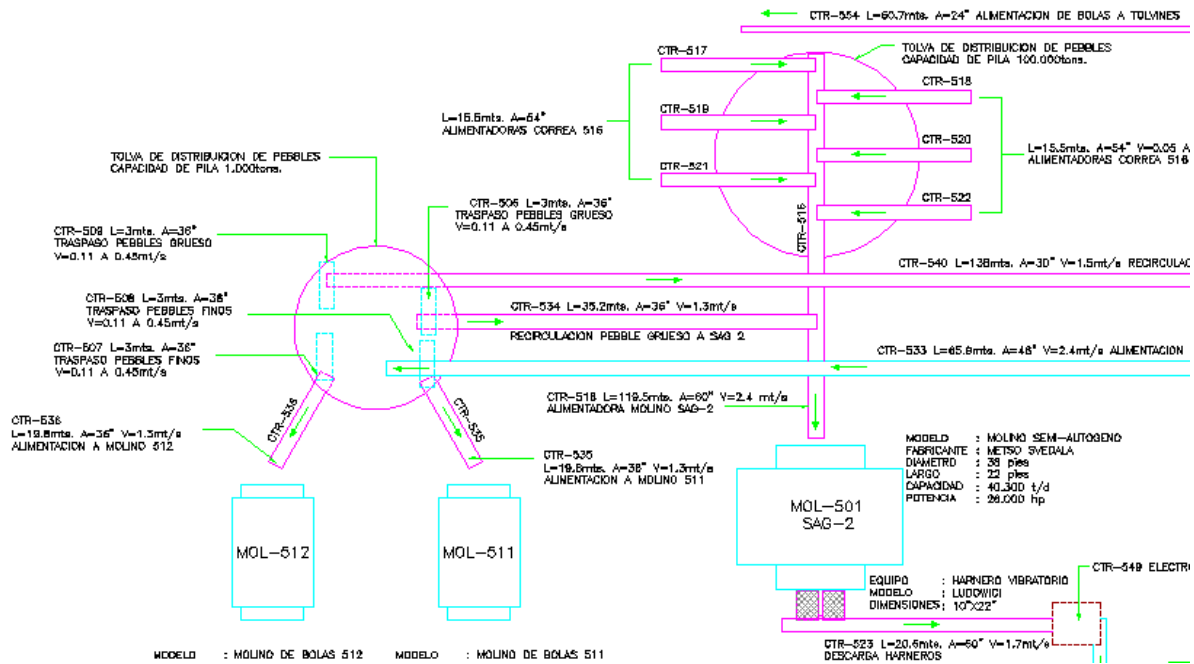


Figura 4.6 Flow Shett N° 2 Planta SAG2

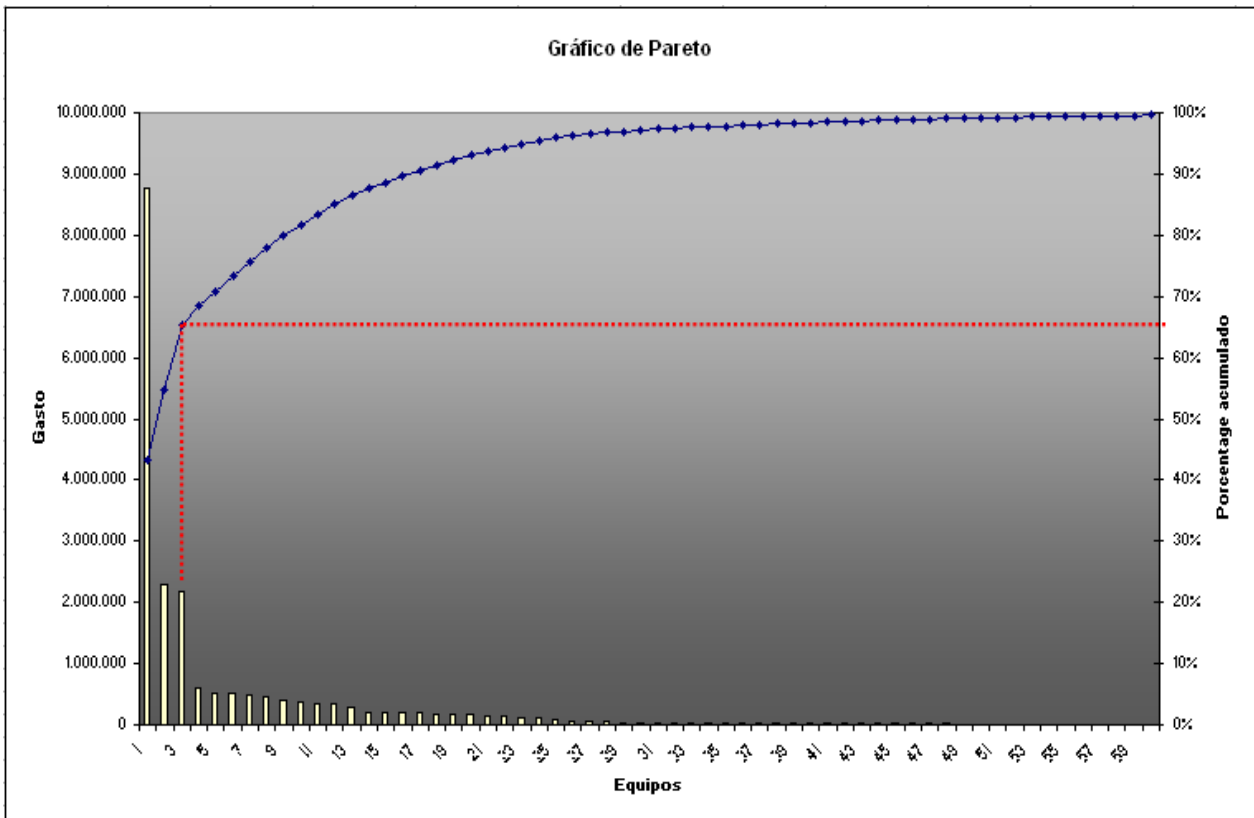
Para la determinación de la criticidad por costos, estos, se obtienen mediante el software de mantenimiento SAP R3, datos de gastos históricos del periodo 2005-2007, realizados en los equipos de la planta SAG2. De los datos obtenidos es posible visualizar los equipos que son más relevantes en gastos. Ver listado de equipos en tabla 4.4.1

Tabla 4.4.1: Equipos más relevantes en gastos periodo 2005-2007

| ITEM | EQUIPO | GASTOS \$US |
|-------------|------------------|--------------------|
| 1 | TCCN-SAG-MOL-501 | 8.778.491 |
| 2 | TCCN-SAG-MOL-511 | 2.285.645 |
| 3 | TCCN-SAG-MOL-512 | 2.186.857 |
| 4 | TCCN-SAG-BOC-508 | 595.795 |
| 5 | TCCN-SAG-BOC-507 | 505.169 |
| 6 | TCCN-SAG-BOC-502 | 503.161 |
| 7 | TCCN-SAG-BOC-506 | 481.674 |
| 8 | TCCN-SAG-HRO-511 | 445.976 |
| 9 | TCCN-SAG-BOC-509 | 395.939 |
| 10 | TCCN-SAG-REF-052 | 383.496 |

Otro análisis de los datos de gastos realizados es el diagrama de Pareto, en el cual se visualizan los pocos equipos que afectan en mayor medida el presupuesto de mantención. Ver Anexo XI: Tabla de Pareto y diagrama de Pareto en gráfico 4.1

Gráfico 4.4.1 Gráfico de Pareto



Del gráfico de Pareto se desprende que los cuatro primeros equipos de la tabla de Pareto (Ver anexo XI) son los que afectan en mayor medida el presupuesto de mantenimiento. Estos equipos alcanzan la mayor ponderación en el análisis de criticidad de equipos en cuanto a costos de mantención se refiere.

El análisis de criticidad en cuanto al impacto en la seguridad y el medio ambiente se realiza a modo de consulta al experto de la planta en lo que respecta a seguridad y al jefe de operaciones en lo que refiere al aspecto ambiental.

El análisis de criticidad resultante es el que aparece en el Anexo X.

TABLA 4.2 Análisis de criticidad equipos planta SAG2

| TABLA DE CRITICIDAD | | | | | <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 10px; background-color: red; margin-right: 5px;"></div> Muy Crítico <div style="width: 20px; height: 10px; background-color: green; margin-right: 5px;"></div> Medianamente crítico <div style="width: 20px; height: 10px; background-color: yellow; margin-right: 5px;"></div> Criticidad nula </div> | | | |
|---------------------|-------------------|---|------------|---------------------|---|---------------------|---------------------------------------|------------|
| ITEM | Ubicación Técnica | Denominación | FRECUENCIA | CONSECUENCIA | | | | CRITICIDAD |
| | | | | Impacto Operacional | Flexibilidad Operacional | Costo Mantenimiento | Impacto en Seguridad & Medio ambiente | |
| 1 | TCCN-SAG-MOL-501 | MOLINO SEMIAUTOGENO N° 501 DE 38' X 22' | 3 | 10 | 4 | 20 | 8 | 204 |
| 2 | TCCN-SAG-MOL-511 | MOLINO BOLAS N° 511 DE 24' X 36' | 3 | 10 | 4 | 20 | 8 | 204 |
| 3 | TCCN-SAG-MOL-512 | MOLINO BOLAS N° 512 DE 24' X 36' | 3 | 10 | 4 | 20 | 8 | 204 |
| 4 | TCCN-SAG-CTR-516 | CORREA 60" ALIMENTACION A SAG(260-CV-16) | 3 | 10 | 4 | 20 | 8 | 204 |
| 5 | TCCN-SAG-CTR-523 | CORREA 60" DESCARGA HARNERO SAG | 2 | 10 | 4 | 20 | 8 | 136 |
| 6 | TCCN-SAG-ASC-501 | ASCENSOR SAG 502 | 3 | 1 | 1 | 2 | 40 | 129 |
| 7 | TCCN-SAG-REF-055 | RED DE CAL | 3 | 4 | 2 | 20 | 8 | 108 |
| 8 | TCCN-SAG-REF-052 | RED DE PULPA | 3 | 4 | 2 | 20 | 8 | 108 |
| 9 | TCCN-SAG-BHI-512 | HIDROCICLONES MOLINO BOLAS 512 | 3 | 4 | 2 | 20 | 8 | 108 |
| 10 | TCCN-SAG-BHI-511 | HIDROCICLONES MOLINO BOLAS 511 | 3 | 4 | 2 | 20 | 8 | 108 |
| 11 | TCCN-SAG-HRO-512 | HAR.VIBRA N°2 DESCAR SAG 10X24(260-SC-04) | 3 | 6 | 2 | 20 | 0 | 96 |
| 12 | TCCN-SAG-HRO-511 | HAR.VIBRA N°1 DESCAR SAG 10X24(260-SC-03) | 3 | 6 | 2 | 20 | 0 | 96 |
| 13 | TCCN-SAG-CTR-522 | ALIMENTADOR CORREA 54" ANCHO (260-FE-22) | 3 | 4 | 1 | 20 | 8 | 96 |
| 14 | TCCN-SAG-CTR-521 | ALIMENTADOR CORREA 54" ANCHO (260-FE-21) | 3 | 4 | 1 | 20 | 8 | 96 |
| 15 | TCCN-SAG-CTR-520 | ALIMENTADOR CORREA 54" ANCHO (260-FE-20) | 3 | 4 | 1 | 20 | 8 | 96 |
| 16 | TCCN-SAG-CTR-519 | ALIMENTADOR CORREA 54" ANCHO (260-FE-19) | 3 | 4 | 1 | 20 | 8 | 96 |
| 17 | TCCN-SAG-CTR-518 | ALIMENTADOR CORREA 54" ANCHO (260-FE-18) | 3 | 4 | 1 | 20 | 8 | 96 |
| 18 | TCCN-SAG-CTR-517 | ALIMENTADOR CORREA 54" ANCHO (260-FE-17) | 3 | 4 | 1 | 20 | 8 | 96 |
| 19 | TCCN-SAG-BOC-509 | BOMBA PULPA CICLONES MOLINO 512 | 3 | 2 | 1 | 20 | 8 | 90 |
| 20 | TCCN-SAG-BOC-508 | BOMBA PULPA CICLONES MOLINO 512 | 3 | 2 | 1 | 20 | 8 | 90 |
| 21 | TCCN-SAG-BOC-507 | BOMBA PULPA CICLONES MOLINO 511 | 3 | 2 | 1 | 20 | 8 | 90 |
| 22 | TCCN-SAG-BOC-506 | BOMBA PULPA CICLONES MOLINO 511 | 3 | 2 | 1 | 20 | 8 | 90 |
| 23 | TCCN-SAG-BOC-503 | BOMBA PULPA A CUBA MOLINO BOLAS | 3 | 2 | 1 | 20 | 8 | 90 |
| 24 | TCCN-SAG-BOC-502 | BOMBA PULPA A CUBA MOLINO BOLAS | 3 | 2 | 1 | 20 | 8 | 90 |
| 25 | TCCN-SAG-REP-401 | RED PULPA SAG A FLOTACION | 2 | 6 | 2 | 20 | 8 | 80 |
| 26 | TCCN-SAG-SUP-501 | SUPRESOR POLVO PILA SAG 2 (260-DS-01) | 3 | 1 | 1 | 1 | 24 | 78 |
| 27 | TCCN-SAG-REF-053 | RED DE REACTIVOS SAG | 3 | 4 | 2 | 10 | 8 | 78 |

En la tabla de criticidad 4.2, se muestra un extracto de la tabla de criticidad original que se encuentra en el Anexo X. En esta es posible visualizar los equipos que alcanzaron una mayor puntuación, en este caso los equipos considerados como críticos según acuerdo con el personal de la planta son los que alcanzaron una puntuación de criticidad mayor a 100. Los equipos con puntajes menores que 100 y mayores que 80 se consideran como medianamente críticos, y los equipos con puntajes menor a 80 se consideran con criticidad nula.

La siguiente etapa es determinar mediante la técnica del A.M.F.E los repuestos críticos de los equipos determinados como críticos en el análisis anterior. En este trabajo solo se determinarán los repuestos críticos de dos equipos críticos, los cuales serán el molino SAG2 y la correa de alimentación al molino N° 516.

Análisis AMFE N°1 Molino SAG2

A continuación se desarrolla método descrito en figura 2.4.4.

Paso 1: Selección grupo de trabajo:

El análisis se realizó contando con la participación de personal de operaciones y mantenedores experimentados de la planta. Ver Anexo XII, Los coordinadores de esta actividad fueron los autores de este trabajo de tesis.

Paso 2: Tipo de AMFE a utilizar.

Este análisis se aplicó a la planta SAG2 de Codelco Chile Div. El Teniente, la cual es una planta ya existente y que se encuentra en funcionamiento desde agosto del año 2003. Según el estado de funcionamiento de las instalaciones la clasificación de AMFE a utilizar corresponde al de proceso.

Paso 3: El equipo al cual se realizara el análisis es el molino SAG2 de la planta de molienda, este equipo tiene como función principal moler mineral a razón de 2100 ton mh/h.

Los pasos del 4 al 9 se detallan en la tabla N°3.

Una vez realizado el análisis se ordenará en forma descendente según los NPR resultantes para determinar los más críticos del equipo. Del listado total es posible separar los diez más importantes para realizar las mejoras que permitan minimizar el NPR resultante, o también es posible realizar el análisis de Pareto para separar los elementos que podrían afectar de mayor forma la continuidad operacional de la planta.

Tabla N°3 Análisis modal de fallos y efectos (A.M.F.E) Molino SAG2

| ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E) | | | | | | | | | | | Referencia AMFE Ref: 01 | | | | | | | | | |
|--|----------|--|--|-----------|--|--------------------------|---------------------------------------|--------------|------------|---|----------------------------|--|--------------------------|------------------------|---|---|---|---|---|---|
| AMFE DE PROCESO | | | | | | Fecha Inicio: 22-10-2008 | | MAX. NPR 240 | | | | | | | | | | | | |
| Equipo: Molino SAG2 | | | | | | Fecha Revisión: | | | | | | Responsable del Análisis: J.RUBIO-M.CESPEDES | | | | | | | | |
| Función | Fallo N° | Modo potencial del fallo | Efecto potencial del fallo | G | Causas potenciales de fallo | O | Controles actuales | D | R | L | Z | Acción Correctora | Responsable Fecha Limite | Accion realizada Fecha | G | O | D | R | L | Z |
| 1-Sistema Cilindro | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1.1 | Lifter gastado | No se produce efecto cascada interior molino | 8 | Término vida util de componentes | 3 | Inspección Mensual | 6 | 144 | | | | | | | | | | | |
| | 1.2 | Filtración de carga por pernos | Derrame de carga a piso (efecto ambiental) | 8 | Pernos sueltos | 4 | Inspección Mensual | 7 | 224 | | | | | | | | | | | |
| | 1.2.2 | | | 8 | Lainas quebradas | 2 | Inspección Mensual | 7 | 112 | | | | | | | | | | | |
| | 1.2.3 | | | 8 | Defectos en su fabricación | 2 | Inspección cada 6 meses en la fábrica | 7 | 112 | | | | | | | | | | | |
| 2-Sistema Tapa Alimentación | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2.1 | Filtración de carga por pernos | Derrame de carga a piso (Efecto ambiental) | 8 | Pernos sueltos | 4 | Inspección Mensual | 7 | 224 | | | | | | | | | | | |
| | 2.1.1 | | | 8 | Laina quebrada | 2 | Inspección Mensual | 7 | 112 | | | | | | | | | | | |
| | 2.2 | Quiebre de laines | Derrame de carga a piso (Efecto ambiental) | 8 | Término vida util | 2 | Inspección Mensual | 7 | 112 | | | | | | | | | | | |
| | 2.2.1 | | | 8 | Defectos en su fabricación | 2 | Inspección cada 6 meses en la fábrica | 7 | 112 | | | | | | | | | | | |
| | 2.3 | Rotura chute móvil | Derrame de carga a piso (Efecto ambiental) | 5 | Desgaste de material | 4 | Mantenimiento Bimensual | 3 | 60 | | | | | | | | | | | |
| | 2.3.1 | | | 8 | Soltura de laines | 6 | Mantenimiento Bimensual | 3 | 144 | | | | | | | | | | | |
| 3-Sistema Tapa descarga | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3.1 | Filtración de carga por pernos | Estator con humedad | 10 | Lainas quebradas | 4 | Inspección mensual | 3 | 120 | | | | | | | | | | | |
| | 3.1.1 | | | 10 | Pernos sueltos | 6 | Inspección mensual | 3 | 180 | | | | | | | | | | | |
| | 3.2 | | Derrame de carga a piso (Efecto ambiental) | 8 | Lainas quebradas | 4 | Inspección mensual | 3 | 96 | | | | | | | | | | | |
| | 3.2.1 | | | 8 | Pernos sueltos | 6 | Inspección mensual | 3 | 144 | | | | | | | | | | | |
| | 3.2 | Laina Doble parrilla con desgaste | Exceso de sobretamaño en la descarga del molino | 10 | Término vida util de componentes | 4 | Inspección mensual | 6 | 240 | | | | | | | | | | | |
| | 3.3 | Caida del discharge cone | salida de carga excesiva | 9 | Pernos cortados | 2 | Inspección mensual | 2 | 36 | | | | | | | | | | | |
| | 3.4 | Compuerta no funciona | No poder desviar carga hacia otro hamero | 5 | Contaminación con carga del cilindro | 3 | Mantenimiento Mensual | 2 | 30 | | | | | | | | | | | |
| | 3.4.1 | | | 5 | Falta de aceite hidráulico en el sistema por fugas | 2 | Mantenimiento Mensual | 1 | 10 | | | | | | | | | | | |
| | 3.4.2 | | | 5 | Eje compuerta agripado | 4 | Mantenimiento Mensual | 1 | 20 | | | | | | | | | | | |
| | 3.4.3 | | | 5 | Bomba sistema hidráulico no levanta presión | 4 | Mantenimiento Mensual | 1 | 20 | | | | | | | | | | | |
| | 3.4.4 | | | 5 | Lineas de cañeria del Sistema con Fugas | 2 | Mantenimiento Mensual | 1 | 10 | | | | | | | | | | | |
| | 3.5 | Rotura del chute descarga | Derrame de carga a piso (Efecto ambiental) | 8 | Desgaste de gomas | 2 | Mantenimiento Mensual | 2 | 32 | | | | | | | | | | | |
| | 3.5.1 | | | 8 | Soltura de gomas | 2 | Mantenimiento Mensual | 1 | 16 | | | | | | | | | | | |
| 4-Sistema de lubricación | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4.1 | Baja presión de aceite | Molino se detiene | 10 | Desgaste de bombas de alta | 3 | Inspección diaria | 1 | 30 | | | | | | | | | | | |

Moler Mineral a Razón de 2100 TMH/h

En el análisis A.M.F.E realizado se determinaron los repuestos críticos del molino semiautógeno SAG2, alcanzado la Laina doble parrilla de la tapa de descarga del molino el puntaje NPR más alto. Será a este componente al que se le realizará el plan de abastecimiento. Ver figura 4.7.

Aplicación N°1

Plan de abastecimiento Laina doble parrilla tapa descarga.

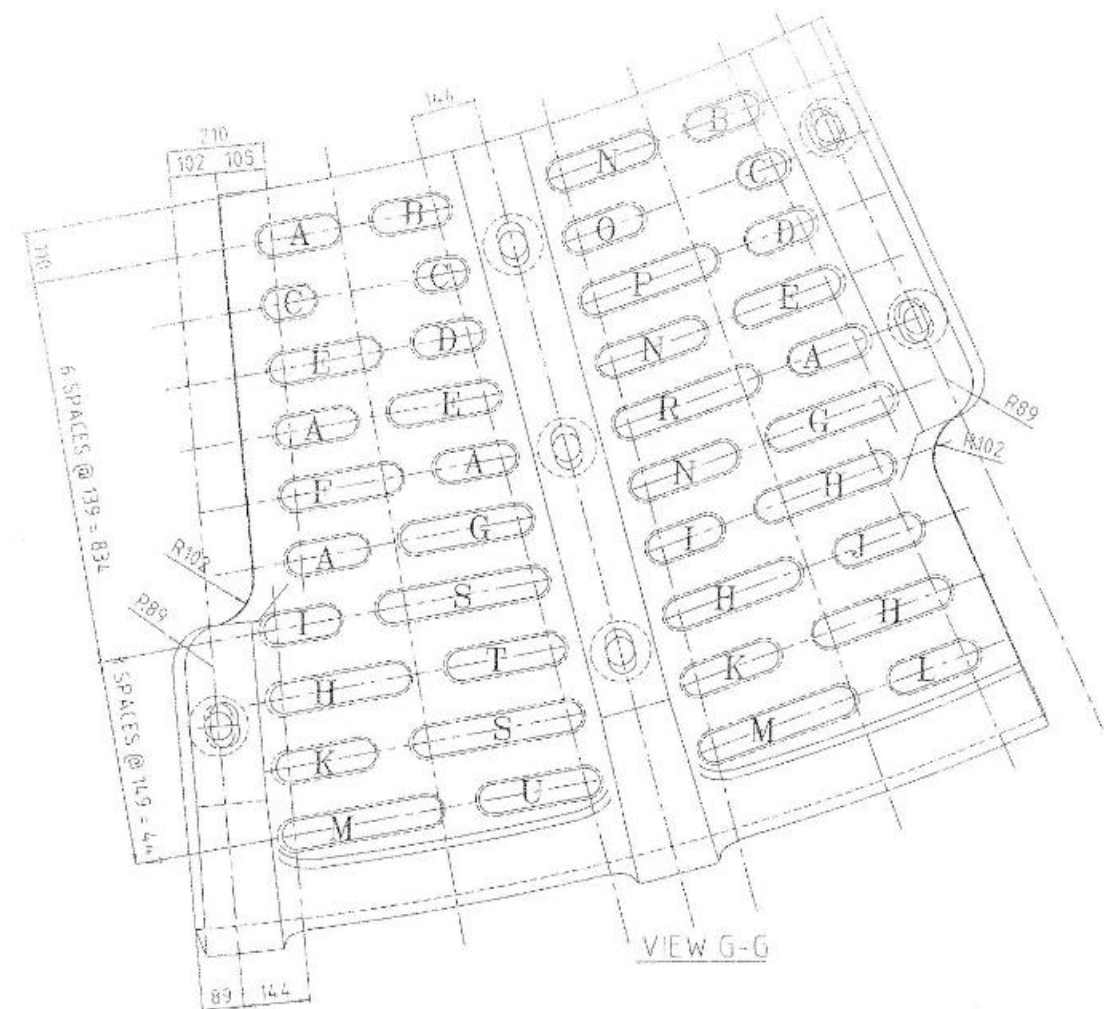


Figura 4.7 Laina doble parrilla tapa descarga molino SAG2.

Para asegurar que la compra se realice según las especificaciones técnicas requeridas es necesario detallar la compra hasta en el más mínimo detalle para esto utilizaremos el formulario propuesto en el capítulo 2.2.

DESCRIPCION DE LA SOLICITUD

| | |
|---|--|
| Nombre & Cargo del solicitante | Juan Rubio Pozo, Jefe mantención Planta SAG2 |
| Area solicitante | Planta SAG2, Colón Bajo |
| Descripción breve del material | LAINA PARRILLA DOBLE |
| Equipo en que se utiliza | MOLINO 501 (SAG2) Colón Bajo Div. El Teniente |
| Lugar de entrega | Sector alimentación molino SAG2, PLANTA SAG2, Colon Bajo |

Descripción detallada del material (Marca, modelo, N° de parte, color)

Revestimiento en acero fundido según plano PLANO-EQMOL501-TDESC-ANILLO3 Dureza superficial 30 brinell con eslot de 2-1/2"

| | | | |
|------------------|--|----------|------------------------------|
| Tipo de material | De Fabricación <input checked="" type="checkbox"/> | Plano N° | PLANO-EQMOL501-TDESC-ANILLO3 |
| | De Importación <input type="checkbox"/> | | |

Proveedores sugeridos

| Nombre Empresa | Contacto | Teléfono |
|-------------------------------|------------------|------------------|
| Fundación Talleres Limitada | José Manuel Jugo | (56) (72) 587500 |
| Aceros Chile S.A | | (56) (2) 8573199 |
| Bradken Resources Pty Limited | | (56) (2) |

4.4 Determinación de la cantidad a comprar

La Laina parrilla es un elemento de desgaste que según el plan de mantenimiento del equipo, ésta debe ser cambiada cada 6 meses. En cada mantención se realiza el cambio completo del anillo N°3 de la tapa de descarga para lo cual se necesita disponer de 18 parrillas dobles.

La programación de mantenimiento que incluye el cambio de revestimiento para el periodo 2008, es la siguiente:

Programa cambio revestimiento molino SAG2

| ACTIVIDAD | 2008 | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| Cambio revestimiento tapa descarga | | X | | | | | | X | | | | |

4.5 Determinación de cuando comprar

La Laina parrilla es un elemento que en su fabricación contempla procesos de fundición, lo que significa que es de fabricación lenta por lo que la adquisición debe ser realizada con meses de anticipación. El tiempo estimado de fabricación es de 5 meses. Suponiendo que en la licitación a realizar para determinar al proveedor que suministrará las laines resulta asignado “Fundición Talleres S.A” en Rancagua, el tiempo de transporte, gestión de recepción y posterior transporte de bodega a la planta se estima en 2 días. Lo anterior permite concluir que la adquisición debe realizarse con 5 meses y 2 días de anticipación para que la adquisición se encuentre en el lugar solicitado para su utilización. Por lo tanto la programación de la adquisición es la siguiente:

Programa de adquisiciones laina doble parrilla tapa descarga Molino SAG2

| Programa de adquisicion laina doble parrilla | 2008 | | | | | | | | | | | | 2009 | | | | |
|--|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY |
| Adquisición laina doble parrilla | | | | X | | | | | | X | | | | | | | X |

4.6 Determinación de la estrategia de compra

El componente al cual se le está realizando el plan de abastecimiento es un elemento crítico dentro del equipo estudiado, por lo cual los proveedores que participen en la licitación deberán ser los que históricamente han sabido responder a los estándares de calidad exigidos. Debido a esto es que la adquisición a realizar se enmarca bajo la modalidad de licitación privada en la que solo participaran los proveedores invitados. En consulta realizada al histórico de compras y al personal de mantenimiento de la planta, los proveedores que pueden responder a los estándares de calidad exigidos son:

Fundación Talleres Limitada

Rancagua Chile

Fono (56) (72) 587500

Fax: (56)(72) 587501

Avenida estación N° 01200

ACEROS CHILE S.A

Dirección: Avenida Portales N° 3499-A

Comuna: San Bernardo - Santiago

Región: Metropolitana

Teléfono: (56) (2) 8573199

Fax: (56) (2) 8571579

Bradken Resources Pty Limited

ABN 82 098 300 988

E-mail: mineralprocessing@bradken.com.au

Website www.bradken.com.au

Australia.

4.8 Resumen Plan de abastecimiento para la Laina parrilla molino SAG2.

Para resumir el resultado de la planificación realizada utilizaremos el formato del Anexo XII, "Planificación de compra".

PLANIFICACION DE COMPRA

Descripción breve:

Laina doble parrilla

Código:

4326176

Descripción detallada

Placa en acero fundido , fabricación según plano, dureza superficial 30 brinell con slot de 2-1/2"

Tipo de compra:

Licitación pública

Licitación privada

Compra directa

Información Técnica

Plano

Catálogo

N° de parte

PLANO-EQMOLINO501-TI Nacional

Tipo de repuesto

De importación

De fabricación

Proveedores sugeridos

| Nombre | Dirección | Teléfono | E-Mail | Página Web |
|-------------------------------|--|-----------------------|--------|--|
| Fundación Talleres Limitada | Avenida estación N° 01200-Rancagua | Fono (56) (72) 587500 | | www.talleres.cl |
| ACEROS CHILE S.A | Avenida Portales N° 3499-A San Bernardo - Santiago | | | www.aceroschile.cl |
| Bradken Resources Pty Limited | Australia. | | | www.bradken.com.au |

Datos de Programación de compra

Punto de pedido

3

Unidad

Stock de seguridad

SI

Si / No

Cantidad

4

Unidad

Valor estimado de la compra

US\$ 725

Proyección de la Programación de compra próximo periodo

| Programa de adquisición laina doble parrilla | 2008 | | | | | | | | | | | | 2009 | | | | |
|--|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY |
| Adquisición laina doble parrilla | | | | X | | | | | | X | | | | | | | X |

Observaciones

Comprar según Descripción detallada

Análisis AMFE N°2 Correa 516

A continuación se desarrolla método descrito en figura 2.4.4.

- Paso 1: El grupo que realiza este análisis es el mismo del análisis AMFE anterior.
- Paso 2: El tipo de análisis a realizar es el AMFE de proceso.
- Paso 3: La correa N° 516 tiene como función principal alimentar al molino SAG2 con carga fresca a razón de 2100 tmh/h. En caso de tener una falla tendrá como consecuencia la detención completa de la planta. Esta detención está valorada en US\$ 4000 la hora, de acuerdo a información de la planta.

Los pasos del 4 al 9 se detallan en la tabla 4.8.

Paso 11: Este paso en el análisis no aplica para este trabajo de tesis.

El análisis anterior determina como críticos los repuestos siguientes:

Cinta transportadora de 60”.

Acoplamiento hidráulico.

A continuación se desarrolla el plan de abastecimiento para estos repuestos. Ver figura 4.8.

Aplicación N°2

Plan de abastecimiento para cinta transportadora 60”



Figura 4.8 Cinta 60” Correa transportadora.

Utilizando el formulario propuesto, el detalle de la adquisición es:

DESCRIPCION DE LA SOLICITUD

| | |
|---|--|
| Nombre & Cargo del solicitante | Juan Rubio Pozo, Jefe mantención Planta SAG2 |
| Area solicitante | Planta SAG2, Colón Bajo |
| Descripción breve del material | CINTA TRANSPORTADORA EP1250/3 60" 16X6 MM |
| Equipo en que se utiliza | Correa 516 (Alimentación molino) |
| Lugar de entrega | Planta SAG2 |

Descripción detallada del material (Marca, modelo, N° de parte, color)

CINTA TRANS EP1250/3 60" 16X6MM
 CORREA ANCHO 60" EP1250/3
 CUB.SUP.:16MM
 CUB.INF.:6MM
 RMA-1 ANCHO=60" ESP=30MM
 USO: PLANTA MOLIENDA SAG

| | | | |
|------------------|--|----------|------------------------|
| Tipo de material | De Fabricación <input checked="" type="checkbox"/> | Plano N° | SEGÚN ESPECIFICACIONES |
| | De Importación <input type="checkbox"/> | | |

Proveedores sugeridos

| Nombre Empresa | Contacto | Teléfono |
|--------------------|----------------|----------|
| CAUCHO TECNICA S.A | JOSE PIZARRO | |
| CAUCHO-YAL | LUIS PEÑAILLO | |
| CAUCHO SERVICE | PATRICIO JEREZ | |

Determinación de la cantidad a comprar

De acuerdo a recomendación del proyecto se determina comprar una unidad de stock mínimo al año

Determinación de cuando comprar

La cinta transportadora es un elemento de desgaste que según el plan de mantenimiento debe ser cambiada cuando su espesor sea igual o inferior a 15 mm. O en caso de falla imprevista en forma inmediata

Cada vez que se ejecute un cambio de correa deberá iniciarse el proceso de compra de la cinta nueva ya que su tiempo de fabricación y entrega es de 6 meses.

Determinación de la estrategia de compra

La estrategia propuesta para este tipo de repuesto es de licitación pública, en la que participaran los proveedores del rubro cintas transportadoras, que cumplan con las certificaciones de calidad requeridas. De acuerdo a información histórica de compras y del personal de mantenimiento de la planta, los proveedores que pueden responder a los estándares de calidad exigidos son:

Caucho técnica S.A

CAUCHOVAL

Caucho Service.

PLANIFICACION DE COMPRA

Descripción breve:
Código:

Cinta transportadora 60"

Descripción detallada

 CINTA TRANS EP1250/3 60" 16X6MM
 CORREA ANCHO 60" EP1250/3
 CUB.SUP.:16MM
 CUB.INF.:6MM
 RMA-1 ANCHO=60" ESP=30MM
 USO: PLANTA MOLIENDA SAG

Tipo de compra:
Información Técnica
Tipo de repuesto

Licitación publica

Plano

Nacional

Licitación privada

Catálogo

De importación

Compra directa

N° de parte

De fabricación

Proveedores sugeridos
Nombre
Dirección
Teléfono
E-Mail
Página Web

CAUCHO TECNICA S..JOSE PIZARRO

CAUCHO-VAL LUIS PEÑAILILLO

CAUCHO SERVICE PATRICIO JEREZ

Programación de compra

Valor estimado de la compra

Punto de pedido

Unidad

Stock de seguridad

Si / No

Cantidad

Unidad

US\$

Observaciones

Fabricar según la descripción detallada

Aplicación N°3

Plan de abastecimiento para acoplamiento FALK 1480HFD20, Ver figura 4.9

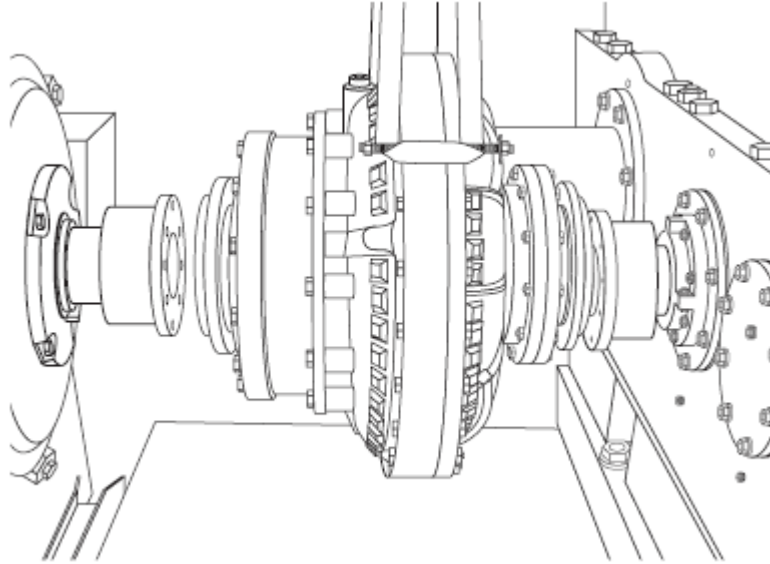


Figura 4.9: Acoplamiento Falk, 1480HFD20

DESCRIPCION DE LA SOLICITUD

| | |
|---|--|
| Nombre & Cargo del solicitante | Juan Rubio Pozo, Jefe mantención Planta SAG2 |
| Area solicitante | Planta SAG2, Colón Bajo |
| Descripción breve del material | Acoplamiento |
| Equipo en que se utiliza | |
| Lugar de entrega | |

Descripción detallada del material (Marca, modelo, N° de parte, color)

ACOPLAMIENTO ALTA FALK 1480HFD20
 ACOPLAMIENTO ALTA, FALK CORP. 1480 HFD-20.
 USO CENTRO CH01: CORREAS 130CV05.**

| | | |
|------------------|--|-------------------------------|
| Tipo de material | De Fabricación <input type="checkbox"/> | Plano N° <input type="text"/> |
| | De Importación <input checked="" type="checkbox"/> | |

Proveedores sugeridos

| <i>Nombre Empresa</i> | <i>Contacto</i> | <i>Teléfono</i> |
|------------------------|-----------------|-----------------|
| FALK INTERNATIONAL USA | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Determinación de la cantidad a comprar

De acuerdo a la criticidad de este elemento en el proceso productivo, nuestra recomendación es mantener repuesto con stock de seguridad igual a uno.

Determinación de cuando comprar

Cada vez que se realiza un cambio de este repuesto, se debe iniciar el proceso de compra.

Determinación de la estrategia de compra

La estrategia propuesta para este tipo de repuesto es de compra directa con proveedor único, por tratarse de un elemento único.

Proveedor:

Ducasse Comercial. Representante Falk en Chile

Vicuña Mackenna 1473

Teléfono:(2)5562621

Fax:(2)5540480

EMail: vicunamackenna@ducasse.cl

El plan de abastecimiento resultante se detalla a continuación

PLANIFICACION DE COMPRA

Descripción breve:
Código:

Acoplamiento hidráulico FALK 1480HFD20

Descripción detallada

 ACOPLAMIENTO ALTA HIDRAULICO FALK 1480HFD20
 ACOPLAMIENTO ALTA, FALK CORP. 1480 HFD-20.
 USO CENTRO CH01: CORREAS 130CV05.**

Tipo de compra:
Información Técnica
Tipo de repuesto

Licitación pública

Plano

Nacional

Licitación privada

Catálogo

De importación

Compra directa

N° de parte

1480HFD20

De fabricación

Proveedores sugeridos

| Nombre | Dirección | Teléfono | E-Mail | Página Web |
|-------------------|-------------------------------|------------|--|------------|
| Ducasse comercial | Vicuña Mackenna 1473 Santiago | (2)5562621 | vicunamackenna@ducasse.cl | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Programación de compra

Valor estimado de la compra

Punto de pedido

Unidad

Stock de seguridad

Si / No

Cantidad

Unidad

Observaciones

CONCLUSIONES

En general; el mantenimiento siempre se ha observado como una actividad secundaria de los procesos producción o servicios, que son la línea principal de un determinado negocio, y se ha mantenido el paradigma de identificar la mantención como un elemento generador de gastos, identificado incluso como “un mal necesario”; aún cuando representa alrededor del 33% del presupuesto global.

El mantenimiento es un sistema complejo que puede ser caótico. El integrar distintas estrategias de mantenimiento, predictivo, preventivo, correctivo, rediseño, es vital para optimización del sistema; pero más importante aun es incluir o poder determinar los repuestos críticos y un plan de abastecimientos eficiente, que nos asegure tener los componentes adecuados en calidad y oportunidad.

Los actuales procesos de licitación y compras en general, tienden a buscar, siempre, el menor precio de los componentes y /o equipos; siendo esta estrategia poco eficaz cuando se requieren elementos originales o de una determinada calidad.

La tendencia moderna incluye desde la formulación de los proyectos hasta el análisis de los repuestos y/o componentes críticos, su estrategia de abastecimientos; entregando al usuario set mínimos de repuestos para asegurar la partida de los equipos en la etapa de puesta en marcha

El desarrollo del presente procedimiento o método nos ha permitido evaluar y comprobar la necesidad, que tienen muchas industrias, de tener un método de fácil aplicación, que otorga crecimiento organizacional referido al compartir experiencias y prácticas del personal de mantenimiento con sus pares de otras especialidades, como personal de operaciones, abastecimientos e ingeniería de mantenimiento

El presente modelo o procedimiento tiene gran aplicación en cualquier industria o planta de proceso, gracias a su simplicidad, ya que además no requiere un gran soporte computacional para su desarrollo y formulación. Lo cual lo convierte en una herramienta de fácil aplicación y difusión. Su aplicación dependerá del tipo y tamaño de la organización en donde se quiera aplicar

Hemos contribuido específicamente en el proceso SAG 2, con un modelo ágil, fácil y dinámico para determinar repuestos críticos y su plan de abastecimientos..

Además podemos decir que; el tener y aplicar un método o procedimiento para determinar repuestos críticos y establecer su plan de abastecimientos es de gran importancia para cualquier empresa, ya que su aplicación contribuirá al aseguramiento de la continuidad de los procesos, mejor gestión de los activos y la optimización de sus costos de abastecimientos.

La experiencia de los integrantes del equipo de análisis AMFE, es muy importante y valiosa ya que de ello dependerá el éxito del análisis; y permitirá además identificar cual o cuáles son los repuestos y componentes críticos de cada equipo a analizar. Esta condición toma mucha importancia, en lo referido al costo que involucra la detención de un equipo perteneciente al proceso SAG2, ya que el valor hora de la detención del proceso es de US\$4.000.

El desarrollo y aplicación del presente método nos permite concluir que aunque existen otros métodos de análisis como los equipos de tareas, equipos de mejoramiento continuo, modelo de la mantención centrada en la confiabilidad (RCM2 o MCC), el modelo propuesto no requiere de una gran infraestructura informática para su puesta en marcha, permitiendo su aplicación en cualquier empresa, departamento o sección.

Como resultado de nuestra aplicación, hemos obtenido el costo que tiene para el proceso SAG 2, no disponer con un repuesto específico, determinado como crítico; el cual resulto ser una Laina, el acoplamiento hidráulico o la cinta transportadora; aun en el caso del acoplamiento, que representa el menor costo(US\$ 12.627); se recomienda y justifica la implementación del modelo propuesto.

Debemos mencionar que los costos referidos en cada ejemplo de aplicación, son solamente por la pérdida de producción asociada a la falta del repuesto en la planta; ya que el costo de adquisición de cada repuesto crítico, es obligatorio para cada proceso.

Como resultado final de nuestra tesis, se nos ha solicitado presentar el método para el diseño de un plan de abastecimiento de repuestos críticos en la Gerencia de Abastecimientos y en la Unidad de Ingeniería de Mantenimiento de la Gerencia de Plantas de la División El Teniente de Codelco Chile.

Recomendación final

La importancia de poder determinar y establecer; cual repuesto es crítico y su plan de abastecimientos, es una gran oportunidad de mejora para cualquier proceso productivo; permite ahorros significativos, integración de los trabajadores, optimización de las actividades del mantenimiento, alcanzar el logro de los objetivos de manera eficaz y eficiente.

ANEXO I FORMATO "DESCRIPCION DE LA SOLICITUD"

DESCRIPCION DE LA SOLICITUD

| | |
|---|----------|
| Nombre & Cargo del solicitante | 1 |
| Area solicitante | 2 |
| Descripción breve del material | 3 |
| Equipo en que se utiliza | 4 |
| Lugar de entrega | 5 |

Descripción detallada del material (Marca, modelo, N° de parte, color)

| |
|----------|
| 6 |
|----------|

| | | | | | | |
|------------------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|---------------|-----------|
| Tipo de material | De Fabricación | 7 | Plano N° | 9 | | |
| | De Importación | 8 | | | | |
| Tipo de compra | Licitación Publica | 10 | Licitación Privada | 11 | Trato Directo | 12 |

Proveedores sugeridos

| <i>Nombre Empresa</i> | <i>Contacto</i> | <i>Teléfono</i> |
|-----------------------|-----------------|-----------------|
| 13 | | |
| | | |
| | | |

ANEXO I MANUAL DE LLENADO FORMATO "DESCRIPCION DE LA SOLICITUD"

| | |
|----|---|
| 1 | Nombre, cargo y teléfono del solicitante de la adquisición. Esto es necesario para que el comprador o los proveedores tengan a quien llamar en caso de dudas. Ejemplo. Juan Rubio Pozo, Jefe de mantenimiento planta molienda, Fono: 72-29-4313 |
| 2 | Area o sector de la empresa de donde proviene la necesidad. Ejemplo: Planta SAG2 |
| 3 | Descripción breve del material. Ejemplo: Polea de cola 18" de diámetro |
| 4 | Equipo donde se utiliza lo que se va a adquirir. Ejemplo: Molino SAG2, Correa 516, Bomba 502 |
| 5 | Lugar de entrega. Ejemplo. Planta SAG2 sector alimentación molino. |
| 6 | Texto detallado para la compra. Ejemplo: Polea de cola 18" de diámetro, con revestimiento de goma, incluye descansos SKF 6390 y rodamientos de rodillos. |
| 7 | Marcar con una X si es de fabricación |
| 8 | Marcar con una X si es de importación |
| 9 | Colocar el número de plano solo si amerita.(Solo para casos de fabricación) |
| 10 | Tipo de compra ,marcar con una X si es abierta |
| 11 | Tipo de compra ,marcar con una X si es privada |
| 12 | Tipo de compra, marcar con una X si es Trato directo |
| 13 | Colocar datos de proveedores sugeridos. |

ANEXO II TABLA DE GRAVEDAD (MAFEC)

| Criterio | Clasificación |
|---|---------------|
| Irrazonable esperar que el fallo produjese un efecto perceptible en el rendimiento del producto o servicio. Probablemente, el cliente no podrá detectar el fallo. | 1 |
| Baja gravedad debido a la escasa importancia de las consecuencias del fallo, que causarían en el cliente un ligero descontento. | 2 3 |
| Moderada gravedad del fallo que causaría al cliente cierto descontento . Puede ocasionar retrasos. | 4 5 6 |
| Alta clasificación de gravedad debido a la naturaleza del fallo que causa en el cliente un alto grado de insatisfacción sin llegar a incumplir la normativa sobre seguridad o quebrando las leyes . Requiere retrabajos mayores | 7 8 |
| Muy alta clasificación de gravedad que origina total insatisfacción del cliente, o puede llegar a suponer un riesgo para la seguridad o incumplimiento de la normativa. | 9 10 |

ANEXO III TABLA DE OCURRENCIA (MAFEC)

| Criterio | Clasificación |
|--|---------------|
| Remota probabilidad de ocurrencia. Sería irrazonable esperar que se produjera el fallo. | 1 |
| Baja probabilidad de ocurrencia. Ocasionalmente podría producirse un número relativo bajo de fallos. | 2 3 |
| Moderada probabilidad de ocurrencia. Asociado a situaciones similares que hayan tenido fallos esporádicos , pero no en grandes proporciones. | 4 5 6 |
| Alta probabilidad de ocurrencia. Los fallos se presentan con frecuencia. | 7 8 |
| Muy alta probabilidad de ocurrencia. Se producirá el fallo casi con total seguridad. | 9 10 |

ANEXO IV TABLA DE DETECCION (MAFEC)

| Criterio | Clasificación |
|--|----------------------|
| Remota probabilidad de que el defecto llegue al cliente. Casi completa fiabilidad de los controles. | 1 |
| Baja probabilidad de que el defecto llegue al cliente ya que, de producirse, sería detectado por los controles o en fases posteriores del proceso. | 2 3 |
| Moderada probabilidad de que el producto o servicio defectuoso llegue al cliente. | 4 5 6 |
| Alta probabilidad de que el producto o servicio defectuoso llegue al cliente debido a la baja fiabilidad de los controles existentes. | 7 8 |
| Muy alta probabilidad de que el producto o servicio defectuoso llegue al cliente. Este está latente y no se manifestaría en la fase de fabricación del producto. | 9 10 |

ANEXO VI LISTADO DE EQUIPOS PLANTA SAG2

Tabla N°2.1

| Item | Ubicación Técnica | Denominación |
|------|-------------------|---|
| 1 | TCCN-SAG-AGI-852 | AGITADOR N° 852 |
| 2 | TCCN-SAG-ANE-501 | ANALIZADOR PARTICULAS PSI-200 (260-PA-01) |
| 3 | TCCN-SAG-ANE-502 | ANALIZADOR PARTICULAS PSI-200 (260-PA-02) |
| 4 | TCCN-SAG-ANE-503 | ANALIZADOR PARTICULAS PSI-200 (260-PA-03) |
| 5 | TCCN-SAG-ANE-SCI | SISTEMA INSTRUM. Y CONTROL ELECTRONICO |
| 6 | TCCN-SAG-BHI-501 | HIDROCICLONES MOLINO SAG 501 |
| 7 | TCCN-SAG-BHI-511 | HIDROCICLONES MOLINO BOLAS 511 |
| 8 | TCCN-SAG-BHI-512 | HIDROCICLONES MOLINO BOLAS 512 |
| 9 | TCCN-SAG-BOC-414 | BOMBA AGUA SELLO SAG1 Y 2 |
| 10 | TCCN-SAG-BOC-415 | BOMBA AGUA SELLO SAG1 Y 2 |
| 11 | TCCN-SAG-BOC-501 | BOMBA PULPA A CICLON MOL SAG (260-PP-13) |
| 12 | TCCN-SAG-BOC-502 | BOMBA PULPA A CUBA MOLINO BOLAS |
| 13 | TCCN-SAG-BOC-503 | BOMBA PULPA A CUBA MOLINO BOLAS |
| 14 | TCCN-SAG-BOC-504 | BOMBA PULPA TRASPASO A SAG-1 (260-PP-14) |
| 15 | TCCN-SAG-BOC-505 | BOMBA PULPA TRASPASO A SAG-1 (260-PP-19) |
| 16 | TCCN-SAG-BOC-506 | BOMBA PULPA CICLONES MOLINO 511 |
| 17 | TCCN-SAG-BOC-507 | BOMBA PULPA CICLONES MOLINO 511 |
| 18 | TCCN-SAG-BOC-508 | BOMBA PULPA CICLONES MOLINO 512 |
| 19 | TCCN-SAG-BOC-509 | BOMBA PULPA CICLONES MOLINO 512 |
| 20 | TCCN-SAG-BOC-512 | BOMBA POZO TUNEL BAJO ACOPIO (260-PP-49) |
| 21 | TCCN-SAG-BOC-518 | BOMBA AGUA N° 518 AGUA SELLO SAG2 |
| 22 | TCCN-SAG-BOC-519 | BOMBA AGUA N° 519 AGUA SELLO SAG2 |
| 23 | TCCN-SAG-BOC-534 | BOMBA DOSIFICADORA N°534 EST. DIESEL 547 |
| 24 | TCCN-SAG-BOC-542 | BOMBA AGUA ENFRIAMIENTO N° 542 SAG2 |
| 25 | TCCN-SAG-BOC-543 | BOMBA AGUA ENFRIAMIENTO N° 543 SAG2 |
| 26 | TCCN-SAG-BOC-865 | BOMBA CIRCULACION CAL A PLANTA SAG-2 |
| 27 | TCCN-SAG-BOC-866 | BOMBA CIRCULACION CAL A PLANTA SAG-2 |
| 28 | TCCN-SAG-BUZ-500 | BUZON GENERAL BOLAS MOLINOS SAG2 |
| 29 | TCCN-SAG-BUZ-501 | BUZON BOLAS MOLINO 501 |
| 30 | TCCN-SAG-BUZ-ALI | ALIMENTADORES DE BOLAS |
| 31 | TCCN-SAG-CTR-506 | CORREA 30" TRASPASO PEBB GRUES A C/534 |
| 32 | TCCN-SAG-CTR-507 | CORREA 30" TRASPASO PEBB FINO A C/535 |
| 33 | TCCN-SAG-CTR-508 | CORREA 30" TRASPASO PEBB FINO A C/536 |
| 34 | TCCN-SAG-CTR-509 | CORREA 30" TRASPASO PEBB GRUES A C/540 |
| 35 | TCCN-SAG-CTR-516 | CORREA 60" ALIMENTACION A SAG(260-CV-16) |
| 36 | TCCN-SAG-CTR-517 | ALIMENTADOR CORREA 54" ANCHO (260-FE-17) |
| 37 | TCCN-SAG-CTR-518 | ALIMENTADOR CORREA 54" ANCHO (260-FE-18) |
| 38 | TCCN-SAG-CTR-519 | ALIMENTADOR CORREA 54" ANCHO (260-FE-19) |
| 39 | TCCN-SAG-CTR-520 | ALIMENTADOR CORREA 54" ANCHO (260-FE-20) |
| 40 | TCCN-SAG-CTR-521 | ALIMENTADOR CORREA 54" ANCHO (260-FE-21) |
| 41 | TCCN-SAG-CTR-522 | ALIMENTADOR CORREA 54" ANCHO (260-FE-22) |
| 42 | TCCN-SAG-CTR-523 | CORREA 60" DESCARGA HARNERO SAG |
| 43 | TCCN-SAG-CTR-534 | CORREA 36" RECIRC PEBB GRUESO A C/516 |
| 44 | TCCN-SAG-CTR-535 | CORREA 36" ALIMENTACION A MOLINO 511 |
| 45 | TCCN-SAG-CTR-536 | CORREA 36" ALIMENTACION A MOLINO 512 |
| 46 | TCCN-SAG-CTR-540 | CORREA 30" RECIRC PEBBLE GRUESO A SAG1 |
| 47 | TCCN-SAG-CTR-549 | CORREA ELECTROIMAN POL C/523 EI 02 |
| 48 | TCCN-SAG-CTR-554 | CORREA 24" ALIMEN DE BOLAS A TOLVINES |
| 49 | TCCN-SAG-CTR-581 | CORREA MOVIL 581 PRUEBA MATERALES SAG2 |
| 50 | TCCN-SAG-CTR-582 | CORREA MOVIL 582 PRUEBA MATERALES SAG2 |
| 51 | TCCN-SAG-DIP-501 | DISTRIBUIDOR PULPA A MOLI SEC(260-DI-01) |
| 52 | TCCN-SAG-DIP-502 | DISTRIBUIDOR PULPA A MOLI SEC(260-DI-02) |
| 53 | TCCN-SAG-EIN-252 | EDIFICIO PLANTA MOLIENDA SAG 1 |
| 54 | TCCN-SAG-EIN-253 | EDIFICIO CHANCADOR SAG 1 |
| 55 | TCCN-SAG-EIN-317 | SALA ELECTRICA PLANTA SAG |
| 56 | TCCN-SAG-EIN-318 | SALA DE CONTROL Y SERVICIOS SAG |
| 57 | TCCN-SAG-EIN-320 | EDIFICIO SALA ELECTRICA PEBBLES |
| 58 | TCCN-SAG-EIN-321 | EDIFICIO PLANTA CHANCADO PEBBLES |
| 59 | TCCN-SAG-EIN-322 | EDIFICIO PTAS MOLIENDA Y FLOTACION SAG |
| 60 | TCCN-SAG-EIN-502 | EDIFICIO CARGUIO DE BOLAS |

ANEXO VI LISTADO DE EQUIPOS PLANTA SAG2

Tabla N°2.2

| Item | Ubicación Técnica | Denominación |
|------|-------------------|---|
| 61 | TCCN-SAG-ELE-501 | ELECTROIMAN DE TAMBOR 501 (260-MA-01) |
| 62 | TCCN-SAG-ELE-502 | ELECTROIMAN DE TAMBOR 502 (260-MA-02) |
| 63 | TCCN-SAG-EMT-511 | EQUIPOS DE TALLER |
| 64 | TCCN-SAG-EMT-512 | HERRAMIENTAS |
| 65 | TCCN-SAG-GRU-501 | GRUA DE 60/10 TON MOLINO SAG-2(260-CN-28) |
| 66 | TCCN-SAG-GRU-502 | GRUA DE 60/10 T MOL BOLA SAG-2(260-CN-29) |
| 67 | TCCN-SAG-GRU-505 | GRUA PUENTE 45/5 TON CHANC (270-CN-32) |
| 68 | TCCN-SAG-GRU-506 | GRUA PUENTE 20/5 TON HARN (270-CN-33) |
| 69 | TCCN-SAG-GRU-531 | GRUA PUENTE 5 TON MONOVIGA ALIMENTADORE |
| 70 | TCCN-SAG-HRO-511 | HAR.VIBRA N°1 DESCAR SAG 10X24(260-SC-03) |
| 71 | TCCN-SAG-HRO-512 | HAR.VIBRA N°2 DESCAR SAG 10X24(260-SC-04) |
| 72 | TCCN-SAG-MAC-501 | SISTEMA MANEJO DE ACEITE MOLINOS |
| 73 | TCCN-SAG-MAE-401 | MAQUINA ENLAINADORA MOLINA SAG 36X15 |
| 74 | TCCN-SAG-MAE-501 | MAQUINA ENLAINADORA MOLINO SAG(260-LM-16) |
| 75 | TCCN-SAG-MAE-511 | MAQUINA ENLAINADORA MOL BOLAS (260-LM-17) |
| 76 | TCCN-SAG-MNR-524 | MONORRIEL CONTRAPESO COR-524 (CV-24) |
| 77 | TCCN-SAG-MNR-532 | MONORRIEL 5 TON MANEJO CORAZA SAG |
| 78 | TCCN-SAG-MNR-534 | MONORRIEL CORREA REPARTID 525(CV-25) |
| 79 | TCCN-SAG-MNR-535 | MONORRIEL 5 TON TUNEL CORREA (260-CV-16) |
| 80 | TCCN-SAG-MNR-536 | MONORRIEL 25 TON BAJO VIGA GRUA 501 |
| 81 | TCCN-SAG-MNR-537 | MONORRIEL 25 TON BAJO VIGA GRUA 502 |
| 82 | TCCN-SAG-MNR-539 | MONORRIEL CONTRAPESO COR-534 (CV-39) |
| 83 | TCCN-SAG-MNR-541 | MONORRIEL CONTRAPESO COR 533 (CV-38) |
| 84 | TCCN-SAG-MNR-542 | MONORRIEL POLEA MOTRIZ COR 533 (CV-38) |
| 85 | TCCN-SAG-MNR-543 | MONORRIEL POLEA MOTRIZ COR 534 (CV-39) |
| 86 | TCCN-SAG-MNR-545 | MONORRIEL CONTRAPESO COR 527 (CV-32) |
| 87 | TCCN-SAG-MNR-546 | MONORRIEL CONTRAPESO COR 537 (CV-40) |
| 88 | TCCN-SAG-MNR-552 | MONORRIEL POLEA MOTRIZ COR 523 (CV-47) |
| 89 | TCCN-SAG-MOG-501 | EQUIPO MOTOGENERADOR SAG2 |
| 90 | TCCN-SAG-MOL-501 | MOLINO SEMIAUTOGENO N° 501 DE 38' X 22' |
| 91 | TCCN-SAG-MOL-511 | MOLINO BOLAS N° 511 DE 24' X 36' |
| 92 | TCCN-SAG-MOL-512 | MOLINO BOLAS N° 512 DE 24' X 36' |
| 93 | TCCN-SAG-REF-051 | RED DE AGUA INDUSTRIAL |
| 94 | TCCN-SAG-REF-052 | RED DE PULPA |
| 95 | TCCN-SAG-REF-053 | RED DE REACTIVOS SAG |
| 96 | TCCN-SAG-REF-054 | RED DE AIRE |
| 97 | TCCN-SAG-REF-055 | RED DE CAL |
| 98 | TCCN-SAG-REF-056 | RED SISTEMA CAPTADOR DE DERRAMES |
| 99 | TCCN-SAG-REF-999 | RED AGUA CONTRAINCENDIO SAG N°1 |
| 100 | TCCN-SAG-SCO-CLI | EQUIPO CLIMATIZADOR (260-AC-03) |
| 101 | TCCN-SAG-SCO-SA1 | SALA TDC 3000 SAG N° 1 |
| 102 | TCCN-SAG-SCO-SA2 | SALA TDC 3000 SAG N° 2 (912-260-CPL-410) |
| 103 | TCCN-SAG-SCO-SA3 | SALA MONITOREO SCADA (912-260-CPL-408) |
| 104 | TCCN-SAG-SEN-401 | TRATAMIENTO AGUA BLANDA |
| 105 | TCCN-SAG-SEN-501 | SISTEMA ENFRIAMIENTO MOLINOS SAG-2 |
| 106 | TCCN-SAG-SEN-502 | SISTEMA ENFRIAMIENTO SELLADO MOLINO |
| 107 | TCCN-SAG-SHI-501 | CENTRAL HIDRA MANEJO VALVULAS MOLINO 501 |
| 108 | TCCN-SAG-SUP-501 | SUPRESOR POLVO PILA SAG 2 (260-DS-01) |
| 109 | TCCN-SAG-TOL-501 | TOLVA DISTRIBUCION DE PEBBLES(260-BN-01) |
| 110 | TCCN-SAG-VEN-502 | VENTILADOR BAJO ACOPIO MINE (260-FA-04) |
| 111 | TCCN-SAG-SEU-501 | S/E UNITARIA 4.16/0,6KV (260-US-01) |
| 112 | TCCN-SAG-SEU-502 | S/E UNITARIA 4.16/0,6KV (260-US-02) |
| 113 | TCCN-SAG-SEU-545 | S/E UNITARIA 2 MVA 4160/600 260-XF- |
| 114 | TCCN-SAG-EST-501 | ESTANQUE COLECTOR PRIMARIO |

ANEXO VII MISION DE CODELCO CHILE

La misión de Codelco es desplegar, en forma responsable y con excelencia toda su capacidad de negocios y mineros y relacionados en Chile y en el mundo con el propósito de maximizar su valor económico y su aporte al estado.

ANEXO VIII POLITICA DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

CODELCO – CHILE DIVISION EL TENIENTE

Política de Seguridad y salud Ocupacional

CODELCO-CHILE DIVISION EL TENIENTE empresa estatal de la gran minería del cobre, se compromete a buscar niveles de excelencia en materia de Seguridad y Salud Ocupacional para sus trabajadores propios y contratistas a través de establecimiento y mantención de un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional que, en ciclos de mejoramiento continuo, contemple los siguientes principios.

- Cumplir con la legislación vigente y los compromisos voluntariamente contraídos en materia de Seguridad y Salud Ocupacional.
- Fomentar e los trabajadores una cultura preventiva en materia de Seguridad y Salud Ocupacional mediante el liderazgo permanente y efectivo de parte de ejecutivos, supervisores y Comités Paritarios de Higiene y Seguridad.
- Identificar, evaluar y controlar continuamente los riesgos en los proyectos, contratos y operaciones, tanto en condiciones normales como de emergencia.
- Mantener informados a los trabajadores, autoridad y comunidad en general, acerca de la gestión de Seguridad y Salud Ocupacional.

Bajo estos principios, en nuestra empresa “ninguna meta de producción o contingencia operacional justifica la exposición a riesgos no suficientemente controlados que puedan afectar la integridad física de los trabajadores, de sus compañeros de labores, de otras personas o la de equipos e instalaciones”.

ANEXO IX POLITICA AMBIENTAL

CODELCO – CHILE DIVISION EL TENIENTE

Política Ambiental

Nuestro compromiso con el medio ambiente

CODELCO-CHILE División El Teniente empresa de la gran minería del cobre y subproductos, realiza sus operaciones en un marco de desarrollo sustentable. Quienes trabajamos en ella somos responsables de proteger y conservar el medio ambiente y nos comprometemos a:

- Cumplir la legislación ambiental y los compromisos voluntariamente suscritos.
- Prevenir la contaminación y evaluar los impactos ambientales de futuros planes de desarrollo proyectos e inversiones.
- Mejorar continuamente nuestro desempeño ambiental, mediante el correcto funcionamiento del Sistema de Gestión Ambiental y el uso de mejores tecnologías.
- Ser buenos vecinos, atendiendo las preocupaciones ambientales de la comunidad.
- Usar eficientemente los recursos hídricos y energéticos y gestionar adecuadamente los residuos que generamos.
- Capacitarnos permanentemente y fomentar la participación activa de trabajadores y colaboradores en la gestión ambiental.
- Mantener informados de nuestra gestión ambiental a trabajadores, colaboradores, autoridades y a la comunidad.

ANEXO X "ANALISIS DE CRITICIDAD PLANTA SAG2"

TABLA DE CRITICIDAD

PLANTA: SAG2

| | |
|--|----------------------|
| | Muy Crítico |
| | Medianamente crítico |
| | Criticidad nula |

| ITEM | Ubicación Técnica | Denominación | FRECUENCIA | CONSECUENCIA | | | | CRITICIDAD |
|------|-------------------|--|------------|---------------------|--------------------------|---------------------|---------------------------------------|------------|
| | | | | Impacto Operacional | Flexibilidad Operacional | Costo Mantenimiento | Impacto en Seguridad & Medio ambiente | |
| 1 | TCCN-SAG-MOL-501 | MOLINO SEMIAUTOGENO N° 501 DE 38' X 22' | 3 | 10 | 4 | 20 | 8 | 204 |
| 2 | TCCN-SAG-MOL-511 | MOLINO BOLAS N° 511 DE 24' X 36' | 3 | 10 | 4 | 20 | 8 | 204 |
| 3 | TCCN-SAG-MOL-512 | MOLINO BOLAS N° 512 DE 24' X 36' | 3 | 10 | 4 | 20 | 8 | 204 |
| 4 | TCCN-SAG-CTR-516 | CORREA 60" ALIMENTACION A SAG(260-CV-16 | 3 | 10 | 4 | 20 | 8 | 204 |
| 5 | TCCN-SAG-CTR-523 | CORREA 60" DESCARGA HARNERO SAG | 2 | 10 | 4 | 20 | 8 | 136 |
| 6 | TCCN-SAG-ASC-501 | ASCENSOR SAG 502 | 3 | 1 | 1 | 2 | 40 | 129 |
| 7 | TCCN-SAG-REF-055 | RED DE CAL | 3 | 4 | 2 | 20 | 8 | 108 |
| 8 | TCCN-SAG-REF-052 | RED DE PULPA | 3 | 4 | 2 | 20 | 8 | 108 |
| 9 | TCCN-SAG-BHI-512 | HIDROCICLONES MOLINO BOLAS 512 | 3 | 4 | 2 | 20 | 8 | 108 |
| 10 | TCCN-SAG-BHI-511 | HIDROCICLONES MOLINO BOLAS 511 | 3 | 4 | 2 | 20 | 8 | 108 |
| 11 | TCCN-SAG-HRO-512 | HAR.VIBRA N°2 DESCAR SAG 10X24(260-SC-04 | 3 | 6 | 2 | 20 | 0 | 96 |
| 12 | TCCN-SAG-HRO-511 | HAR.VIBRA N°1 DESCAR SAG 10X24(260-SC-03 | 3 | 6 | 2 | 20 | 0 | 96 |
| 13 | TCCN-SAG-CTR-522 | ALIMENTADOR CORREA 54" ANCHO (260-FE-22 | 3 | 4 | 1 | 20 | 8 | 96 |
| 14 | TCCN-SAG-CTR-521 | ALIMENTADOR CORREA 54" ANCHO (260-FE-21 | 3 | 4 | 1 | 20 | 8 | 96 |
| 15 | TCCN-SAG-CTR-520 | ALIMENTADOR CORREA 54" ANCHO (260-FE-20 | 3 | 4 | 1 | 20 | 8 | 96 |
| 16 | TCCN-SAG-CTR-519 | ALIMENTADOR CORREA 54" ANCHO (260-FE-19 | 3 | 4 | 1 | 20 | 8 | 96 |
| 17 | TCCN-SAG-CTR-518 | ALIMENTADOR CORREA 54" ANCHO (260-FE-18 | 3 | 4 | 1 | 20 | 8 | 96 |
| 18 | TCCN-SAG-CTR-517 | ALIMENTADOR CORREA 54" ANCHO (260-FE-17 | 3 | 4 | 1 | 20 | 8 | 96 |
| 19 | TCCN-SAG-BOC-509 | BOMBA PULPA CICLONES MOLINO 512 | 3 | 2 | 1 | 20 | 8 | 90 |
| 20 | TCCN-SAG-BOC-508 | BOMBA PULPA CICLONES MOLINO 512 | 3 | 2 | 1 | 20 | 8 | 90 |
| 21 | TCCN-SAG-BOC-507 | BOMBA PULPA CICLONES MOLINO 511 | 3 | 2 | 1 | 20 | 8 | 90 |
| 22 | TCCN-SAG-BOC-506 | BOMBA PULPA CICLONES MOLINO 511 | 3 | 2 | 1 | 20 | 8 | 90 |
| 23 | TCCN-SAG-BOC-503 | BOMBA PULPA A CUBA MOLINO BOLAS | 3 | 2 | 1 | 20 | 8 | 90 |
| 24 | TCCN-SAG-BOC-502 | BOMBA PULPA A CUBA MOLINO BOLAS | 3 | 2 | 1 | 20 | 8 | 90 |
| 25 | TCCN-SAG-REP-401 | RED PULPA SAG A FLOTACION | 2 | 6 | 2 | 20 | 8 | 80 |
| 26 | TCCN-SAG-SUP-501 | SUPRESOR POLVO PILA SAG 2 (260-DS-01) | 3 | 1 | 1 | 1 | 24 | 78 |
| 27 | TCCN-SAG-REF-053 | RED DE REACTIVOS SAG | 3 | 4 | 2 | 10 | 8 | 78 |
| 28 | TCCN-SAG-BHI-501 | HIDROCICLONES MOLINO SAG 501 | 3 | 4 | 2 | 10 | 8 | 78 |
| 29 | TCCN-SAG-REF-054 | RED DE AIRE | 3 | 4 | 2 | 10 | 0 | 54 |
| 30 | TCCN-SAG-REF-051 | RED DE AGUA INDUSTRIAL | 3 | 4 | 2 | 10 | 0 | 54 |
| 31 | TCCN-SAG-CTR-509 | CORREA 30" TRASPASO PEBB GRUES A C/540 | 2 | 4 | 2 | 10 | 8 | 52 |
| 32 | TCCN-SAG-BOC-519 | BOMBA AGUA N° 519 AGUA SELLO SAG2 | 2 | 4 | 1 | 10 | 8 | 44 |
| 33 | TCCN-SAG-BOC-414 | BOMBA AGUA SELLO SAG1 Y 2 | 2 | 4 | 1 | 10 | 8 | 44 |
| 34 | TCCN-SAG-REF-529 | RED REACTIVOS PRUEBA BOMBA N°29@31/47@49 | 2 | 4 | 2 | 5 | 8 | 42 |
| 35 | TCCN-SAG-REF-520 | RED.REA.COLEC.SEC.BOMBA N°20@22/38@40 | 2 | 4 | 2 | 5 | 8 | 42 |
| 36 | TCCN-SAG-REF-517 | RED REAC.COLEC. PRIM.BOMBA N°17@19/35@37 | 2 | 4 | 2 | 5 | 8 | 42 |
| 37 | TCCN-SAG-REF-511 | RED REAC.COLEC.MOLIB.BOMBA N°1@13/32@34 | 2 | 4 | 2 | 5 | 8 | 42 |
| 38 | TCCN-SAG-REF-503 | RED REAC.ESP.SECUN.BOM.03@04/26@28/50@52 | 2 | 4 | 2 | 5 | 8 | 42 |
| 39 | TCCN-SAG-REF-501 | RED REA.ESP.PRI.BOM. N°01@02/14@16/44@46 | 2 | 4 | 2 | 5 | 8 | 42 |
| 40 | TCCN-SAG-REF-056 | RED SISTEMA CAPTADOR DE DERRAMES | 2 | 4 | 2 | 5 | 8 | 42 |
| 41 | TCCN-SAG-CTR-508 | CORREA 30" TRASPASO PEBB FINO A C/536 | 2 | 4 | 2 | 5 | 8 | 42 |
| 42 | TCCN-SAG-BOC-866 | BOMBA CIRCULACION CAL A PLANTA SAG-2 | 2 | 2 | 1 | 10 | 8 | 40 |
| 43 | TCCN-SAG-SEN-501 | SISTEMA ENFRIAMIENTO MOLINOS SAG-2 | 3 | 4 | 2 | 5 | 0 | 39 |
| 44 | TCCN-SAG-SEN-401 | TRATAMIENTO AGUA BLANDA | 3 | 4 | 2 | 5 | 0 | 39 |
| 45 | TCCN-SAG-MNR-535 | MONORRIEL 5 TON TUNEL CORREA (260-CV-16) | 2 | 1 | 1 | 10 | 8 | 38 |
| 46 | TCCN-SAG-GRU-506 | GRUA PUENTE 20/5 TON HARN (270-CN-33) | 2 | 1 | 1 | 10 | 8 | 38 |
| 47 | TCCN-SAG-GRU-505 | GRUA PUENTE 45/5 TON CHANC (270-CN-32) | 2 | 1 | 1 | 10 | 8 | 38 |
| 48 | TCCN-SAG-GRU-501 | GRUA DE 60/10 TON MOLINO SAG-2(260-CN-28 | 2 | 1 | 1 | 10 | 8 | 38 |
| 49 | TCCN-SAG-CTR-536 | CORREA 36" ALIMENTACION A MOLINO 512 | 2 | 6 | 2 | 5 | 0 | 34 |
| 50 | TCCN-SAG-CTR-535 | CORREA 36" ALIMENTACION A MOLINO 511 | 2 | 6 | 2 | 5 | 0 | 34 |
| 51 | TCCN-SAG-CTR-507 | CORREA 30" TRASPASO PEBB FINO A C/535 | 2 | 4 | 2 | 1 | 8 | 34 |
| 52 | TCCN-SAG-CTR-506 | CORREA 30" TRASPASO PEBB GRUES A C/534 | 2 | 4 | 2 | 1 | 8 | 34 |
| 53 | TCCN-SAG-BOC-518 | BOMBA AGUA N° 518 AGUA SELLO SAG2 | 2 | 4 | 1 | 5 | 8 | 34 |
| 54 | TCCN-SAG-BOC-415 | BOMBA AGUA SELLO SAG1 Y 2 | 2 | 4 | 1 | 5 | 8 | 34 |
| 55 | TCCN-SAG-BOC-865 | BOMBA CIRCULACION CAL A PLANTA SAG-2 | 2 | 2 | 1 | 5 | 8 | 30 |
| 56 | TCCN-SAG-BOC-505 | BOMBA PULPA TRASPASO A SAG-1 (260-PP-19 | 2 | 2 | 1 | 5 | 8 | 30 |
| 57 | TCCN-SAG-REF-999 | RED AGUA CONTRAINCENDIO SAG N°1 | 2 | 2 | 2 | 10 | 0 | 28 |
| 58 | TCCN-SAG-MNR-545 | MONORRIEL CONTRAPESO COR 527 (CV-32) | 2 | 1 | 1 | 5 | 8 | 28 |
| 59 | TCCN-SAG-MNR-543 | MONORRIEL POLEA MOTRIZ COR 534 (CV-39) | 2 | 1 | 1 | 5 | 8 | 28 |
| 60 | TCCN-SAG-MNR-541 | MONORRIEL CONTRAPESO COR 533 (CV-38) | 2 | 1 | 1 | 5 | 8 | 28 |
| 61 | TCCN-SAG-MNR-539 | MONORRIEL CONTRAPESO COR-534 (CV-39) | 2 | 1 | 1 | 5 | 8 | 28 |
| 62 | TCCN-SAG-GRU-531 | GRUA PUENTE 5 TON MONOVIGA ALIMENTADORE | 2 | 1 | 1 | 5 | 8 | 28 |
| 63 | TCCN-SAG-GRU-502 | GRUA DE 60/10 T MOL BOLA SAG-2(260-CN-29 | 2 | 1 | 1 | 5 | 8 | 28 |
| 64 | TCCN-SAG-SEN-502 | SISTEMA ENFRIAMIENTO SELLADO MOLINO | 3 | 4 | 2 | 1 | 0 | 27 |
| 65 | TCCN-SAG-BUZ-DOS | DOSIFICADORES DE BOLAS | 3 | 4 | 2 | 1 | 0 | 27 |

ANEXO XI TABLA DE PARETO “Análisis de Gastos 2005 – 2007”

Tabla N°3.1

| ITEM | EQUIPO | GASTO | % DEL TOTAL | % ACUMULADO |
|------|------------------|-----------|-------------|-------------|
| 1 | TCCN-SAG-MOL-501 | 8.778.491 | 43,34% | 43% |
| 2 | TCCN-SAG-MOL-511 | 2.285.645 | 11,28% | 55% |
| 3 | TCCN-SAG-MOL-512 | 2.186.857 | 10,80% | 65% |
| 4 | TCCN-SAG-BOC-508 | 595.795 | 2,94% | 68% |
| 5 | TCCN-SAG-BOC-507 | 505.169 | 2,49% | 71% |
| 6 | TCCN-SAG-BOC-502 | 503.161 | 2,48% | 73% |
| 7 | TCCN-SAG-BOC-506 | 481.674 | 2,38% | 76% |
| 8 | TCCN-SAG-HRD-511 | 445.976 | 2,20% | 78% |
| 9 | TCCN-SAG-BOC-509 | 395.939 | 1,95% | 80% |
| 10 | TCCN-SAG-REF-052 | 383.496 | 1,89% | 82% |
| 11 | TCCN-SAG-CTR-520 | 352.091 | 1,74% | 84% |
| 12 | TCCN-SAG-CTR-516 | 336.323 | 1,66% | 85% |
| 13 | TCCN-SAG-BOC-503 | 298.140 | 1,47% | 87% |
| 14 | TCCN-SAG-CTR-522 | 201.105 | 0,99% | 88% |
| 15 | TCCN-SAG-CTR-521 | 197.843 | 0,98% | 89% |
| 16 | TCCN-SAG-CTR-519 | 196.754 | 0,97% | 90% |
| 17 | TCCN-SAG-CTR-518 | 191.031 | 0,94% | 91% |
| 18 | TCCN-SAG-EIN-252 | 183.290 | 0,90% | 91% |
| 19 | TCCN-SAG-BHI-512 | 167.800 | 0,83% | 92% |
| 20 | TCCN-SAG-BHI-511 | 158.557 | 0,78% | 93% |
| 21 | TCCN-SAG-HRD-512 | 132.804 | 0,66% | 94% |
| 22 | TCCN-SAG-CTR-517 | 132.582 | 0,65% | 94% |
| 23 | TCCN-SAG-REF-055 | 120.051 | 0,59% | 95% |
| 24 | TCCN-SAG-CTR-523 | 106.106 | 0,52% | 95% |
| 25 | TCCN-SAG-MAE-401 | 83.782 | 0,41% | 96% |
| 26 | TCCN-SAG-REF-051 | 62.413 | 0,31% | 96% |
| 27 | TCCN-SAG-TOL-501 | 60.014 | 0,30% | 96% |
| 28 | TCCN-SAG-REF-053 | 59.377 | 0,29% | 97% |
| 29 | TCCN-SAG-REF-999 | 42.647 | 0,21% | 97% |
| 30 | TCCN-SAG-GRU-501 | 36.623 | 0,18% | 97% |

ANEXO XI TABLA DE PARETO “Análisis de Gastos 2005 – 2007”

Tabla N°3.2

| ITEM | EQUIPO | GASTO | % DEL TOTAL | % ACUMULADO |
|------|------------------|--------|-------------|-------------|
| 31 | TCCN-SAG-EMT-511 | 36.337 | 0,18% | 97% |
| 32 | TCCN-SAG-REF-054 | 29.705 | 0,15% | 97% |
| 33 | TCCN-SAG-MAE-511 | 26.215 | 0,13% | 98% |
| 34 | TCCN-SAG-GRU-505 | 22.776 | 0,11% | 98% |
| 35 | TCCN-SAG-MAE-501 | 22.534 | 0,11% | 98% |
| 36 | TCCN-SAG-BUZ-ALI | 22.411 | 0,11% | 98% |
| 37 | TCCN-SAG-EIN-322 | 22.388 | 0,11% | 98% |
| 38 | TCCN-SAG-SCO-SA2 | 21.149 | 0,10% | 98% |
| 39 | TCCN-SAG-CTR-549 | 20.937 | 0,10% | 98% |
| 40 | TCCN-SAG-BOC-414 | 20.806 | 0,10% | 98% |
| 41 | TCCN-SAG-GRU-506 | 20.526 | 0,10% | 98% |
| 42 | TCCN-SAG-BHI-501 | 18.954 | 0,09% | 99% |
| 43 | TCCN-SAG-CTR-509 | 18.640 | 0,09% | 99% |
| 44 | TCCN-SAG-EMT-512 | 16.902 | 0,08% | 99% |
| 45 | TCCN-SAG-BUZ-500 | 16.068 | 0,08% | 99% |
| 46 | TCCN-SAG-SCO-SA1 | 15.789 | 0,08% | 99% |
| 47 | TCCN-SAG-MNR-535 | 14.748 | 0,07% | 99% |
| 48 | TCCN-SAG-BOC-519 | 14.554 | 0,07% | 99% |
| 49 | TCCN-SAG-EIN-321 | 13.505 | 0,07% | 99% |
| 50 | TCCN-SAG-BOC-866 | 12.992 | 0,06% | 99% |
| 51 | TCCN-SAG-GRU-502 | 9.642 | 0,05% | 99% |
| 52 | TCCN-SAG-BOC-518 | 9.623 | 0,05% | 99% |
| 53 | TCCN-SAG-CTR-554 | 9.445 | 0,05% | 99% |
| 54 | TCCN-SAG-CTR-535 | 9.139 | 0,05% | 99% |
| 55 | TCCN-SAG-REF-056 | 9.100 | 0,04% | 99% |
| 56 | TCCN-SAG-CTR-536 | 8.461 | 0,04% | 99% |
| 57 | TCCN-SAG-SEN-401 | 7.463 | 0,04% | 99% |
| 58 | TCCN-SAG-EIN-317 | 7.397 | 0,04% | 100% |
| 59 | TCCN-SAG-BOC-415 | 6.827 | 0,03% | 100% |
| 60 | TCCN-SAG-SCO-CLI | 6.713 | 0,03% | 100% |

ANEXO XI TABLA DE PARETO “Análisis de Gastos 2005 – 2007”

Tabla N°3.3

| ITEM | EQUIPO | GASTO | % DEL TOTAL | % ACUMULADO |
|------|--------------------------|-------|-------------|-------------|
| 61 | TCCN-SAG-PES-401-SCI | 6.628 | 0,03% | 100% |
| 62 | TCCN-SAG-GRU-531 | 5.883 | 0,03% | 100% |
| 63 | TCCN-SAG-SEN-501 | 5.336 | 0,03% | 100% |
| 64 | TCCN-SAG-EIN-320 | 4.875 | 0,02% | 100% |
| 65 | TCCN-SAG-CTR-540 | 4.416 | 0,02% | 100% |
| 66 | TCCN-SAG-CTR-534 | 3.383 | 0,02% | 100% |
| 67 | TCCN-SAG-MNR-539 | 3.189 | 0,02% | 100% |
| 68 | TCCN-SAG-BOC-865 | 3.182 | 0,02% | 100% |
| 69 | TCCN-SAG-MNR-543 | 2.975 | 0,01% | 100% |
| 70 | TCCN-SAG-CTR-581 | 2.806 | 0,01% | 100% |
| 71 | TCCN-SAG-AGI-851-SCE-MOT | 2.780 | 0,01% | 100% |
| 72 | TCCN-SAG-MNR-545 | 2.578 | 0,01% | 100% |
| 73 | TCCN-SAG-BOC-534 | 2.486 | 0,01% | 100% |
| 74 | TCCN-SAG-MNR-541 | 2.432 | 0,01% | 100% |
| 75 | TCCN-SAG-CTR-508 | 2.171 | 0,01% | 100% |
| 76 | TCCN-SAG-CTR-582 | 2.167 | 0,01% | 100% |
| 77 | TCCN-SAG-ELE-502 | 1.867 | 0,01% | 100% |
| 78 | TCCN-SAG-DIP-501 | 1.814 | 0,01% | 100% |
| 79 | TCCN-SAG-EIN-318 | 1.725 | 0,01% | 100% |
| 80 | TCCN-SAG-MOG-501 | 1.706 | 0,01% | 100% |
| 81 | TCCN-SAG-AGI-852 | 1.495 | 0,01% | 100% |
| 82 | TCCN-SAG-BUZ-DOS-501 | 1.401 | 0,01% | 100% |
| 83 | TCCN-SAG-BOC-501 | 1.335 | 0,01% | 100% |
| 84 | TCCN-SAG-BOC-505 | 1.335 | 0,01% | 100% |
| 85 | TCCN-SAG-DIP-502 | 1.248 | 0,01% | 100% |
| 86 | TCCN-SAG-EIN-502 | 1.131 | 0,01% | 100% |
| 87 | TCCN-SAG-SHI-501 | 1.102 | 0,01% | 100% |
| 88 | TCCN-SAG-MAC-501 | 923 | 0,00% | 100% |
| 89 | TCCN-SAG-ANE-501 | 886 | 0,00% | 100% |
| 90 | TCCN-SAG-ELE-501 | 846 | 0,00% | 100% |

| ITEM | EQUIPO | GASTO | % DEL TOTAL | % ACUMULADO |
|------|----------------------|-------|-------------|-------------|
| 91 | TCCN-SAG-CTR-506 | 841 | 0,00% | 100% |
| 92 | TCCN-SAG-SCO-SA3 | 774 | 0,00% | 100% |
| 93 | TCCN-SAG-MNR-542 | 672 | 0,00% | 100% |
| 94 | TCCN-SAG-BOC-542 | 654 | 0,00% | 100% |
| 95 | TCCN-SAG-SEN-502 | 579 | 0,00% | 100% |
| 96 | TCCN-SAG-BUZ-501 | 480 | 0,00% | 100% |
| 97 | TCCN-SAG-CTR-507 | 473 | 0,00% | 100% |
| 98 | TCCN-SAG-BOC-504 | 414 | 0,00% | 100% |
| 99 | TCCN-SAG-BOC-543 | 329 | 0,00% | 100% |
| 100 | TCCN-SAG-ANE-503 | 207 | 0,00% | 100% |
| 101 | TCCN-SAG-MNR-537 | 154 | 0,00% | 100% |
| 102 | TCCN-SAG-SUP-501 | 150 | 0,00% | 100% |
| 103 | TCCN-SAG-ANE-SCI | 141 | 0,00% | 100% |
| 104 | TCCN-SAG-ANE-502 | 129 | 0,00% | 100% |
| 105 | TCCN-SAG-MNR-532 | 82 | 0,00% | 100% |
| 106 | TCCN-SAG-MNR-536 | 73 | 0,00% | 100% |
| 107 | TCCN-SAG-VEN-502 | 70 | 0,00% | 100% |
| 108 | TCCN-SAG-MNR-534 | 8 | 0,00% | 100% |
| 109 | TCCN-SAG-EST-537-SCI | 3 | 0,00% | 100% |
| 110 | TCCN-SAG-BOC-512 | 0 | 0,00% | 100% |
| 111 | TCCN-SAG-EIN-253 | 0 | 0,00% | 100% |
| 112 | TCCN-SAG-MNR-524 | 0 | 0,00% | 100% |
| 113 | TCCN-SAG-MNR-546 | 0 | 0,00% | 100% |
| 114 | TCCN-SAG-MNR-552 | 0 | 0,00% | 100% |

ANEXO XII LEY 19886 “Bases sobre contratos administrativos de suministro y prestación de servicios”.

Identificación Norma : LEY-19886
Fecha Publicación : 30.07.2003
Fecha Promulgación : 11.07.2003
Organismo : MINISTERIO DE HACIENDA
Última modificación :
LEY NUM. 19.886
LEY DE BASES SOBRE CONTRATOS ADMINISTRATIVOS DE
SUMINISTRO Y PRESTACION DE SERVICIOS

Artículo 7°.- Para efectos de esta ley se entenderá por:

a) Licitación o propuesta pública: el procedimiento administrativo de carácter concursal mediante el cual la Administración realiza un llamado público, convocando a los interesados para que, sujetándose a las bases fijadas, formulen propuestas, de entre las cuales seleccionará y aceptará la más conveniente.

En las licitaciones públicas cualquier persona podrá presentar ofertas, debiendo hacerse el llamado a través de los medios o sistemas de acceso público que mantenga disponible la Dirección de Compras y Contratación Pública, en la forma que establezca el reglamento. Además, con el objeto de aumentar la difusión del llamado, la entidad licitante podrá publicarlo por medio de uno o más avisos, en la forma que lo establezca el reglamento.

b) Licitación o propuesta privada: el procedimiento administrativo de carácter concursal, previa resolución fundada que lo disponga, mediante el cual la Administración invita a determinadas personas para que, sujetándose a las bases fijadas, formulen propuestas, de entre las cuales seleccionará y aceptará la más conveniente.

c) Trato o contratación directa: el procedimiento de contratación que, por la naturaleza de la negociación que conlleva, deba efectuarse sin la concurrencia de los requisitos señalados para la licitación o propuesta pública y para la privada. Tal circunstancia deberá, en todo caso, ser acreditada según lo determine el reglamento.

La Administración no podrá fragmentar sus contrataciones con el propósito de variar el procedimiento de contratación.

Artículo 8°.- Procederá la licitación privada o el trato o contratación directa en los casos fundados que a continuación se señalan:

a) Si en las licitaciones públicas respectivas no se hubieren presentado interesados. En tal situación

procederá primero la licitación o propuesta privada y, en caso de no encontrar nuevamente interesados, será procedente el trato o contratación directa.

Las bases que se fijaron para la licitación pública deberán ser las mismas que se utilicen para contratar directamente o adjudicar en licitación privada. Si las bases son modificadas, deberá procederse nuevamente como dispone la regla general;

b) Si se tratara de contratos que correspondieran a la realización o terminación de un contrato que haya debido resolverse o terminarse anticipadamente por falta de cumplimiento del contratante u otras causales y cuyo remanente no supere las 1.000 unidades tributarias mensuales;

c) En casos de emergencia, urgencia o imprevisto, calificados mediante resolución fundada del jefe superior de la entidad contratante, sin perjuicio de las disposiciones especiales para casos de sismos y catástrofes contenidas en la legislación pertinente. Sin perjuicio de la validez o invalidez del contrato, el jefe superior del servicio que haya calificado indebidamente una situación como de emergencia, urgencia o imprevisto, será sancionado con una multa a beneficio fiscal de diez a cincuenta unidades tributarias mensuales, dependiendo de la cuantía de la contratación involucrada. Esta multa será compatible con las demás sanciones administrativas que, de acuerdo a la legislación vigente, pudiera corresponderle, y su cumplimiento se efectuará de conformidad a lo dispuesto en el artículo 35 del decreto ley N° 1.263, de 1975;

d) Si sólo existe un proveedor del bien o servicio;

e) Si se tratara de convenios de prestación de servicios a celebrar con personas jurídicas extranjeras que deban ejecutarse fuera del territorio nacional;

f) Si se trata de servicios de naturaleza confidencial o cuya difusión pudiere afectar la seguridad o el interés nacional, los que serán determinados por decreto supremo;

g) Cuando, por la naturaleza de la negociación, existan circunstancias o características del contrato que hagan del todo indispensable acudir al trato o contratación directa, según los criterios o casos que señale el reglamento de esta ley, y

h) Cuando el monto de la adquisición sea inferior al límite que fije el reglamento.

En todos los casos señalados anteriormente, deberá acreditarse la concurrencia de tal circunstancia, la que contará con las cotizaciones en los casos que señale el reglamento.

En los casos previstos en las letras señaladas anteriormente, salvo lo dispuesto en la letra f), las resoluciones fundadas que autoricen la procedencia del trato o contratación directa, deberán publicarse en el Sistema de Información de Compras y Contratación Pública, a más tardar dentro de las 24 horas de dictadas. En igual forma y plazo deberán publicarse las resoluciones o acuerdos emanados de los organismos públicos regidos por esta ley, que autoricen la procedencia de la licitación privada.

Siempre que se contrate por trato o contratación directa se requerirá un mínimo de tres cotizaciones previas, salvo que concurren las causales de las letras c), d), f) y g) de este artículo.

Artículo 9°.- El órgano contratante declarará inadmisibles las ofertas cuando éstas no cumplieren los requisitos establecidos en las bases. Declarará desierta una licitación cuando no se presenten ofertas, o bien, cuando éstas no resulten convenientes a sus intereses. En ambos casos la declaración deberá ser por resolución fundada.

Artículo 10.- El contrato se adjudicará mediante resolución fundada de la autoridad competente, comunicada al proponente.

El adjudicatario será aquel que, en su conjunto, haga la propuesta más ventajosa, teniendo en cuenta las condiciones que se hayan establecido en las bases respectivas y los criterios de evaluación que señale el reglamento.

Los procedimientos de licitación se realizarán con estricta sujeción, de los participantes y de la entidad licitante, a las bases administrativas y técnicas que la regulen. Las bases serán siempre aprobadas previamente por la autoridad competente.

El reglamento determinará las características que deberán reunir las bases de las licitaciones.

BIBLIOGRAFIA

1. JAY HEIZER & BARRY RENDER Editorial Pearson Prentice Hall
2. CHASE-JACOBS-AQUILANO [2004] Administración de la producción y operaciones, Décima Edición Editorial Mc Graw Hill.
3. HILLER Y LIEBERMAN [2003], Investigación de operaciones, séptima edición Editorial Mc Graw Hill.
4. INTRANET CODELCO. [2008]. División El Teniente.
5. www.codelco.cl Visitada en septiembre 2008-11-05
6. www.chilecompra.cl/secciones/formacion/documentos/guias-practicas-html/index.html, visitada en Enero 2008.
7. www.fundibeq.org/metodologias/herramientas/diagrama_de_pareto.pdf, visitada en Enero 2008
8. www.fundibeq.org/metodologias/herramientas/amfe.pdf, visitada en Enero 2008
9. www.mantonline.com/Plan%20apoyado%20en%20el%20RCM.php, visitada en Noviembre 2008
10. Apuntes asignatura Administración de Operaciones II

