Universidad de Valparaíso

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Civil Industrial

"Propuesta de una estrategia de requerimiento de materiales para revestimientos y piezas fundidas, utilizando el método MRP"

Por

Elizabeth Andrea Torres Ponce

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

Prof. Guía Augusto Vargas Schüler

Octubre, 2017

Agradecimientos

El presente trabajo de titulación, es la culminación de años de esfuerzo y metas no solo mías, sino de mi familia completa, que creyó y aposto por mí, contando siempre con su apoyo incondicional, en especial quiero mencionar a mis padres Ernesto y Giovanna y a mi hermana Katherin, quienes son mis pilares en la vida, los que soportaron momentos de tristeza y felicidad, realizando grandes sacrificios para que yo pudiese cumplir mi meta, es por esto que a ellos les debo todo. También mencionar a mis padrinos que de una u otra forma siempre trataron de ayudarme y apoyarme en momentos difíciles, así como también participar de mis logros.

A mi tutor Gonzalo Calderón en Codelco Andina, quien tuvo la disposición de entregarme todas las herramientas necesarias, tanto para este proyecto, como para mi vida profesional, generando siempre un desarrollo como Ingeniera, a todas las personas que conocí durante dicho proyecto de memoria quienes siempre fueron amables y atentos haciendo de mi estadía una gran experiencia, mencionando también a la empresa quien me permitió acceder a sus instalaciones y conocer sus sistemas desde la práctica.

A mi profesor guía, por brindar toda su disposición ante cualquier duda y principalmente orientarme a terminar este trabajo de título de la mejor manera, y a su vez mostrar mi gratitud ante la formación que me brindo la universidad.

A todas las personas que conocí durante mi estadía en Valparaíso, siendo un gran apoyo para poder mantenerme lejos de mi hogar, a mis amigos de infancia y finalmente a los amigos incondicionales que me entrego esta gran etapa en mi vida, los que me acompañaron en buenos y malos momentos, y se hicieron parte de ella, Patricio y Ronald.

Sin dejar de mencionar a Dios y a la vida por haberme dado la oportunidad de llevar a cabo esta etapa y a mis abuelos quienes me guían y protegen desde el cielo.

Dedicatoria

Para mis padres por todo su amor y apoyo
incondicional haciendo posible el logro
de mis objetivos y sueños.

A mi familia que siempre ha estado
presente y a los amigos que me entrego
esta linda etapa.

Tabla de contenido

Glosario **11**
Resumen **12**
Abstract **13**
CAPÍTULO I: ANTECEDENTES **14**
1.1 Descripción de la Empresa 14
1.1.1 Codelco, producción mundial de Cobre y Reservas 14
1.1.2 Productos y Mercado que abarca Codelco 16
1.1.3 Ventas en 2016 16
1.1.4 Codelco División Andina 18
1.2 Cadena de abastecimiento 25
1.2.1 Usuarios y/o clientes 25
1.2.2 Gestor de compra 25
1.2.3 Gestor de contratos 25
1.2.4 Proveedor 26
1.2.5 Lead Time 26
1.2.6 Ingeniero de materiales 26
1.3 Descripción general de procesos 27
1.3.1 Planificación y Generación de la necesidad 28
1.3.2 Compra 29
1.3.3 Entrega del proveedor 30
1.3.4 Logística 31
1.3.5 Almacenamiento o Gestión de Bodegas 32
1.3.6 Flujo Procesos de Abastecimiento 34
1.3.7 Dimensiones para la elección de proceso 35
1.4 Descripción en detalle de los procesos a estudiar 36
1.4.1 Planificación y generación de la necesidad 36
1.4.2 Compra 39
1.5 El problema 41
1.5.1 Justificación 44
1.5.2 Viabilidad de la investigación 44
1.5.3 Elementos del problema 45
1.6 Causas del problema 48
1.6.1 Causa Efecto (Ishikawa) 48

1.6.2 Pareto 51
1.7 Diagrama causa-problema-impacto 54
1.8 Estado del arte 55
1.8.1 Análisis de Metodologías 55
1.8.2 Metodologías aplicadas 58
1.9 Objetivos 63
1.10 Limitaciones del estudio 64
1.11 Resultado esperados 64
2 CAPÍTULO II: METODOLOGÍA 65
2.1 Planificación de Requerimiento de Materiales (MRP) 65
2.2 Funcionamiento 66
2.3 Datos de entrada 67
2.3.1 Plan Maestro de Producción (PMP) 67
2.3.2 Estado del inventario 68
2.3.3 Lista de materiales (BOM, Bill of Materials) 69
2.4 Datos de salida 70
2.5 Dónde se Aplica 71
2.6 Beneficios 71
2.7 Limitantes 71
2.8 Diagrama de flujo del método 72
2.9 Flujo de aplicación MRP 74
3 CAPÍTULO III: APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA 76
3.1 Recopilar datos de entrada 76
3.1.1 Lista de materiales: 76
3.1.2 Estado inventario: 78
3.1.3 Programa maestro producción: 79
3.2 Agrupar datos 80
3.3 Calculo de necesidades 81
3.4 Generación de reportes 83
3.4.1 Escenario A 83
3.4.2 Escenario B 86
3.4.3 Informes de excepciones 88
4 CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS 89
4.1 Enfocado a compras 90

4.1.1 Situación actual 90
4.1.2 Escenario A 91
4.1.3 Escenario B 92
4.2 Enfocado a inventarios 94
4.3 Informes de excepciones 95
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 99
5.1 Costos de implementar la propuesta 105
5.2 Recomendaciones 106
Bibliografía 107
Anexos 110
Anexo A 110
Anexo B 112
Anexo C 112
Anexo D 113

Lista de Figuras

Figura 1.1: Participación en la producción de Cobre año 2016. 15
Figura 1.2: Productos Codelco 2016. 17
Figura 1.3: Evolución Ventas Codelco. 17
Figura 1.4: Ventas físicas de cobre por producto y Ventas físicas de cobre por mercado. 18
Figura 1.5: Producción año 2016 por cada División de Codelco. 20
Figura 1.6: Resumen de elementos del estado de resultado Codelco Andina 2016. 20
Figura 1.7: Monto compra en relación al proveedor. 22
Figura 1.8: Principales clientes Codelco. 22
Figura 1.9: Principales clientes de Codelco según ventas año 2016. 23
Figura 1.10: Principales competidores por nivel de producción a Nivel Nacional. 23
Figura 1.11: Procesos de la Cadena de Abastecimiento DAND. 27
Figura 1.12: Proceso de Compra. 29
Figura 1.13: Recepción de Materiales en Sitrans. 30
Figura 1.14: Porcentaje en que el Lead Time real supera al estimado. 31
Figura 1.15: Logística. 32
Figura 1.16: Flujo de gestión de bodegas. 33
Figura 1.17: Procesos de Abastecimiento. 34
Figura 1.18: Planificación de Materiales usando Plan Mantenimiento (PM). 38
Figura 1.19: Proceso de Compra de Bienes. 40
Figura 1.20: Compras Enero a Marzo 2017 por proveedor. 40
Figura 1.21: Cobertura inventario marzo 2016 a marzo 2017. 41
Figura 1.22: Mantenciones Correctivas Planta 2016. 42
Figura 1.23: Impacto del equipo en la Planta 43
Figura 1.24: Equipos con 100 impacto en Planta 43
Figura 1.25: Diagrama Causa-Efecto. 50
Figura 1.26: Diagrama de Pareto. 52
Figura 1.27: Descripción de la problemática y su impacto. 54
Figura 1.28: Modelos de inventarios determinísticos. 59
Figura 1.29: Elección de Dimensiones para Estrategia de Requerimiento de Materiales. 62

Figura 2.1: Forma de atacar diversos conceptos.....65
Figura 2.2: Elementos que componen un programa general de MRP. 66
Figura 2.3: Registro del estado de una pieza inventariada. 68
Figura 2.4: Lista de Materiales (árbol estructural del producto) del producto A. 70
Figura 2.5: Diagrama flujo MRP adaptado a estudio. 73
Figura 3.1: Datos para visualizar el BOM de materiales.....76
Figura 3.2: BOM de revestimientos por equipo. 77
Figura 3.3: Datos para estado inventario. 78
Figura 3.4: Información de consumo de materiales. 78
Figura 3.5: Información de consumo de materiales. 79
Figura 3.6: Demanda declarada por usuario. 80
Figura 3.7: Datos agrupados. 80
Figura 3.8: Continuación de datos agrupados. 81
Figura 3.9: Formato calculo necesidades. 82
Figura 3.10: Orden de compra para febrero 2017. 83
Figura 3.11: Orden de compra para agosto 2017. 84
Figura 3.12: Monto total de cada orden de compra por mes, escenario A. 84
Figura 3.13: Monto en inventario a diciembre 2017 por equipo. 85
Figura 3.14: Monto en inventario a diciembre 2017 por revestimiento. 85
Figura 3.15: Orden de compra para febrero 2017 86
Figura 3.16: Monto total de cada orden de compra por mes, escenario B. 87
Figura 3.17: Monto en inventario a diciembre 2017 por equipo. 87
Figura 3.18: Monto en inventario a diciembre 2017 por revestimiento. 88
Figura 4.1: Matriz resultado MRP. 89
Figura 4.2: Monto por OC durante 2016. 90
Figura 4.3: Monto por OC durante 2017. 91
Figura 4.4: Equipos con mayor nivel de compras, escenario A. 92
Figura 4.5: Monto por OC durante 2017. 93
Figura 4.6: Equipos con mayor nivel de compras, escenario B. 93
Figura 4.7: Equipos con mayor nivel de compras, escenario B. 94

Figura 4.8: Equipos con mayor nivel de compras, escenario B. 95
Figura 4.9: Equipos con mayor nivel de compras, escenario B. 96
Figura 4.10: Inventario por escenario. 96
Figura 4.11: Matriz causa-problema-impacto. 97
Figura 5.1: Causas y consecuencias detectadas. 99
Figura 5.2: Monto total de cada orden de compra por mes, escenario B. 102
Figura 5.3: Monto en inventario a diciembre 2017 por equipo. 103
Figura 5.4: Compras, situación actual v/s escenario B. 103
Figura 5.5: Inventario, situación actual v/s escenario B. 104
Figura A.1: Encuesta para seleccionar causas relevantes. 110
Figura A.2: Causas generales agrupadas para Diagrama Pareto. 111
Figura B: Compras que representan el 80% del total en 2017, escenario A. 112
Figura C: Compras que representan el 80% del total en 2017, escenario B. 112
Figura D.1: Organigrama gerencia general División Andina 113
Figura D.2: Organigrama gerencia de administración División Andina. 114
Figura D.3: Mina rajo y mina subterránea. 116
Figura D.4: Proceso productivo Codelco Andina. 118

Lista de Tablas

Tabla 1.1: Productos y producción de cada uno en 2016. 16
Tabla 1.2: Ventas por Productos Codelco 2016. 16
Tabla 1.3: Producción Chilena de Cobre Codelco Chile año 2016. 19
Tabla 1.4: Listado proveedores en base al monto comprado. 21
Tabla 1.5: Resumen de principales proveedores, clientes y competidores. 24
Tabla 1.6: Proveedores principales de Revestimientos y piezas fundidas según cantidad de materiales. 26
Tabla 1.7: Asignación de responsabilidad según falencias a los Proceso de la Cadena de Abastecimiento. 35
Tabla 1.8: Causas Diagrama de Pareto. 51
Tabla 3.1: Escenarios y opciones para inventario. 88
Tabla 5.1: Parámetros planificación y compras. 99
Tabla 5.2: Resultados escenarios. 101
Tabla 5.3: Cobertura escenario B. 104
Tabla 5.4: Costos de implementar sistema. 105

Glosario

KPI: indicador clave de rendimiento.

Orden de Trabajo (OT): documento que registra información técnica y económica de un trabajo de mantenimiento. En él se especifica un trabajo a realizar, su prioridad, recursos necesarios y un horizonte esperado de ejecución. Es utilizado para el registro de información auditable e historial de equipos.

Plan Matriz: es el conjunto de planes de mantenimiento de todos los equipos y componentes que tengan frecuencias de fallas determinadas.

Planificación: proceso en el que se indica qué trabajos se realizarán y cómo se harán.

Programación: proceso en el que se distribuye en el tiempo los trabajos a realizar y se asignan recursos definidos en la planificación.

Reserva: hace referencia a un tipo de documento de SAP mediante el cual un usuario lo crea al solicitar productos para la compra, de manera que al momento de recibirlos queden "reservados" para él y no puedan recibir otro destino. La presencia de la Reserva asegura que los materiales presentes en el depósito o que se encuentren en proceso de ser recibidos del proveedor sean "reservados" (asignados) al usuario origen del mencionado documento.

Ubicación Técnica: es una estructura lógica permanente en el tiempo en la cual un objeto técnico puede ser instalado, y que permite llevar historial, pues sobre esta se realizan acciones de mantenimiento.

Resumen

Palabras-claves: *planificación de requerimiento de materiales, cobertura, inventario, revestimientos y piezas fundidas, chancadores y molinos.*

El presente trabajo de título tiene como objetivo principal generar una propuesta de estrategia de requerimiento de materiales enfocada al rubro de repuestos "revestimientos y piezas fundidas" utilizados en chancadores y molinos de Codelco División Andina. El propósito de la estrategia es determinar planes de aprisionamiento e informes de control de inventarios, lo que se logra calculando el monto y período en que se deben realizar las compras para cubrir la necesidad declarada por el usuario.

Las debilidades del actual sistema mantienen una cobertura de 4,6 (inventario disponible/consumo promedio período), asociado a exceso de inventario y falencias en la planificación, generando así detenciones de equipos por ausencia o retraso del material para reparar.

La propuesta consiste en aplicar MRP asociado a políticas determinadas para simular, decidiendo utilizar el escenario B como el adecuado para la empresa.

Los resultados abalan dicha afirmación, cobertura resultante de implementar la propuesta es de 2,81 es decir, se tiene stock disponible por 2,05 millones de USD y un consumo promedio de 0,73 millones de USD.

En vista que los materiales estudiados son de uso estratégico, formando parte de equipos críticos para la operación, se recomienda anticipar las órdenes de compra en 30 días a objeto de cubrir las variaciones del tiempo de entrega del proveedor. Salvaguardando al menos una unidad del material en inventario para equipos con 100% criticidad (detienen proceso producción).

Finalmente se sugiere a la empresa implementar esta propuesta en vista que los costos son mínimos, respecto al beneficio de llevar a cabo una planificación adecuada.

Abstract

Key words: *material requirements planning, coverage, inventory, coatings and castings, crushers and mills.*

The main objective of this title work is to generate a proposal for a material requirement strategy focused on the heading of "coatings and castings" used in crushers and mills of Codelco Andean Division. The purpose of the strategy is to determine lock-in plans and inventory control reports, which is achieved by calculating the amount and period in which purchases must be made to cover the need stated by the user.

The weaknesses of the current system maintain a coverage of 4.6 (available inventory / average period period), associated with excess inventory and planning failures, thus causing equipment detentions due to absence or delay of the material to be repaired.

The proposal is to apply MRP associated with specific policies to simulate, deciding to use scenario B as the right one for the company.

The results underpin this assertion, resulting coverage of implementing the proposal is 2.81, that is, stock is available for USD 2.05 million and an average consumption of USD 0.73 million.

Since the materials studied are of strategic use, being part of equipment critical for the operation, it is recommended to anticipate the purchase orders in 30 days in order to cover the variations of the delivery time of the supplier. Safeguarding at least one unit of material in inventory for equipment with 100% criticality (stop production process).

Finally, it is suggested that the company implement this proposal in view of the minimal costs, with respect to the benefit of carrying out adequate planning.

CAPÍTULO I: ANTECEDENTES

Se presentará una breve descripción de la empresa, los procesos que conforman la cadena de suministros, las áreas a trabajar, el problema y las causas que lo originan las cuales fueron encontradas durante la investigación, además se hace referencia a estudios realizados en temáticas relacionadas y se realiza la selección de la metodología que se adapte de mejor forma al problema planteado.

1.1 Descripción de la Empresa[1]

La Corporación Nacional del Cobre de Chile es una empresa minera estatal creada a partir de la nacionalización de los yacimientos de la gran minería del cobre, el 11 de julio de 1971. Esta corporación fue creada bajo el Decreto de Ley 1.350 del año 1976, concebida como una empresa de propiedad del Estado de Chile, siendo una empresa minera, industrial, comercial, con personalidad jurídica y patrimonio propio.

Las operaciones productivas con que cuenta Codelco para la extracción y el procesamiento del cobre, son mediante sus divisiones operativas, encargadas de la explotación de los yacimientos, del procesamiento de los minerales y de la obtención de los productos comerciales es decir el metal y subproductos, las divisiones son las siguientes: Chuquicamata, El Teniente, Gabriela Mistral, Ministro Hales, Radomiro Tomic, Salvador, Ventanas y Andina.

El negocio central de Codelco es la exploración, desarrollo y explotación de recursos minerales de cobre y subproductos, su procesamiento y comercialización. Su producto principal es el cobre refinado, el cual representa el 87% de su actividad. El 13% restante lo constituyen subproductos, tales como molibdeno y ácido sulfúrico, entre otros.

Es también el primer productor de cobre del planeta, con una producción de 1 millón 500 mil toneladas métricas de cobre fino en 1999, que corresponden al 15% del total producido en el mundo occidental.

1.1.1 Codelco, producción mundial de Cobre y Reservas

Codelco es el mayor productor de cobre del mundo, alcanzando en 2014 una producción de 1.841 miles de toneladas métricas de cobre fino, lo que equivale al 10% de la producción

[1] CODELCO. "*Codelco, la empresa de todos los chilenos y las chilenas*". Acceso el 28 de marzo de 2017. https://www.codelco.com/prontus_codelco/site/edic/base/port/inicio.html

mundial de cobre de mina y un 31% de la producción nacional, contando con una base de yacimientos de clase mundial que actualmente concentra alrededor del 9% de las reservas globales.[2]

Los 10 países con mayor participación en la producción de cobre mina se presentan a continuación, siendo Chile el principal productor a nivel mundial.

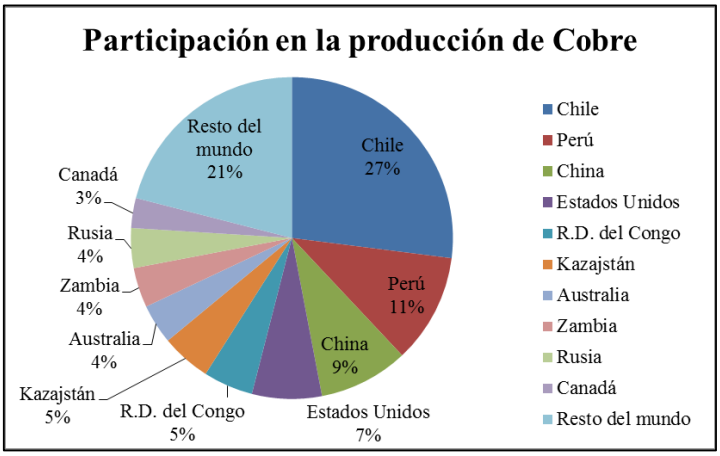

Figura 1.1: Participación en la producción de Cobre año 2016.

Fuente: Elaboración propia.

Los países con mayor participación en el consumo mundial de cobre refinado son China, con un consumo de 50%, seguido con una gran diferencia por Estados Unidos, que consume 8%, y Alemania, que registró un consumo de 5% en el año 2016. El resto de los países no superó el 5% en el consumo de cobre mina en el año 2016.[3]

La industria de la construcción es uno de los principales consumidores de cobre, utilizado para el cableado de edificaciones, tuberías de agua y de gas, sistemas térmicos, techumbres, terminaciones o como componente estructural.

---

[2] CODELCO. "*Codelco, la empresa de todos los chilenos y las chilenas*". Acceso el 28 de marzo de 2017. https://www.codelco.com/codelco-la-empresa-de-todos-los-chilenos-y-chilenas/prontus_codelco/2015-12-30/171746.html

[3] COCHILCO. *"Estudios, Informes trimestrales"*. Acceso el 2 de mayo de 2017. https://www.cochilco.cl/Mercado%20de%20Metales/02052017%20Informe%20de%20tendencias%20del%20mercado%20del%20cobre%20(003).pdf, página 15.

1.1.2 Productos y Mercado que abarca Codelco[4]

Tabla 1.1: Productos y producción de cada uno en 2016.

Productos	Producción	Unidad
Cobre	1.707.474	tmf
Molibdeno	30.641	tmf
Oro	2.543	kg
Plata	626.413	kg
Ácido Sulfúrico	3.155.944	ton

Fuente: Elaboración propia.

Los productores de cobre y sus clientes realizan las transacciones del metal rojizo en tres mercados internaciones: la Bolsa de Metales de Londres, el COMEX de la Bolsa Mercantil de Nueva York y la Bolsa de Metales de Shanghai.

En cuanto a la apertura de nuevas oportunidades de mercado, una de las de mayor interés es la exploración de focos de demandas emergentes en economías en desarrollo que experimentan una fuerte expansión, como las de China e India.

En tanto, el segundo principal producto que vende Codelco, es el molibdeno, cuyo uso principal es ser un elemento clave en la aleación del acero, aunque también se utiliza en otros productos, como los catalizadores.

1.1.3 Ventas en 2016[5]

Tabla 1.2: Ventas por Productos Codelco 2016.

Productos Codelco 2016 (en millones de US$)	
Cobre	10.534
Molibdeno	419
Otros	583
TOTAL	11.536

Fuente: Memoria Anual 2016 Codelco.

[4] CODELCO. "*Codelco, la empresa de todos los chilenos y las chilenas*". Acceso el 28 de marzo de 2017.
[5] CODELCO. "*Memoria Anual 2016*". Acceso el 6 de abril de 2017. https://www.codelco.com/prontus_codelco/site/artic/20170406/asocfile/20170406095943/memoria2016_codelco.pdf.

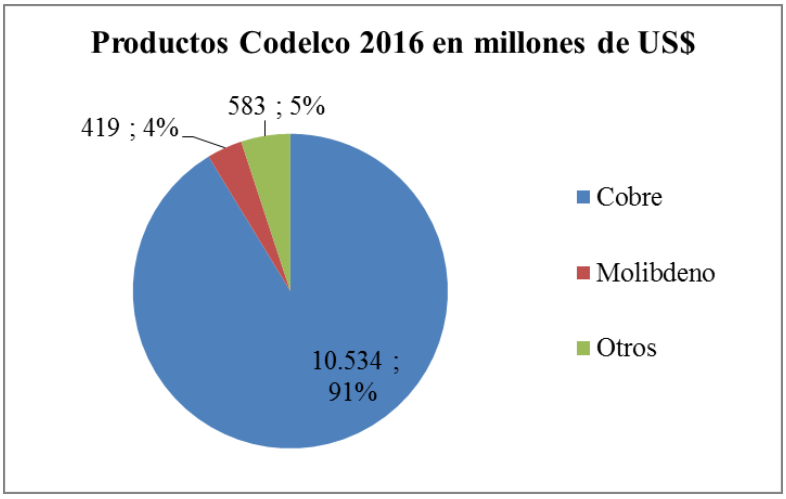

Figura 1.2: Productos Codelco 2016.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 1.3 se refleja la evolución que ha tenido las ventas de cobre para Codelco, indicando una disminución para el año 2016 correspondiente a 27% respecto a las ventas en 2012.

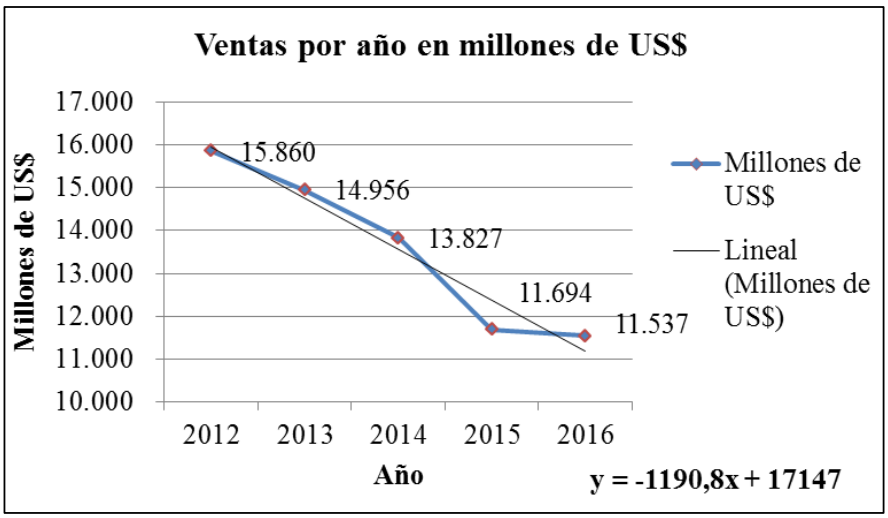

Figura 1.3: Evolución Ventas Codelco.

Fuente: Memoria Anual 2016 Codelco.

La pendiente representa la tasa de decrecimiento de las ventas desde el año 2012 al año 2016.

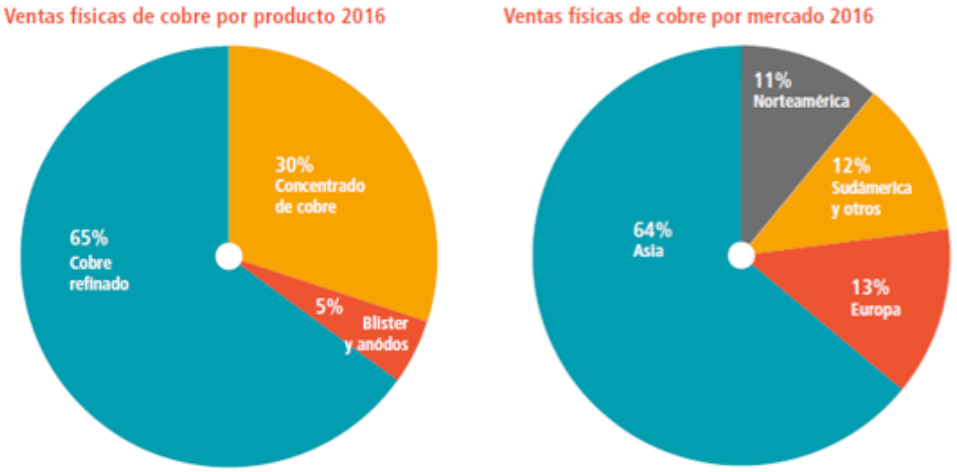

Figura 1.4: Ventas físicas de cobre por producto y Ventas físicas de cobre por mercado.

Fuente: Memoria Anual 2016, Codelco.

Según se observa en la figura 1.5 el producto que tuvo mayor nivel de ventas corresponde a cobre refinado con un 65% seguido del concentrado de cobre con 30%. En relación a las ventas por mercado, estas se realizaron en mayor proporción a Asia con 64% seguido de Europa con 13%.

1.1.4 Codelco División Andina

División Andina opera el yacimiento Río Blanco, cuya riqueza era conocida desde 1920 y cuya explotación inició medio siglo después, en 1970. Está ubicada sobre la reserva de cobre más grande del mundo encontrada hasta la fecha.

Ubicada a ochenta kilómetros al noreste de Santiago, entre los 3.700 y 4.200 metros sobre el nivel del mar, la división tiene un método de explotación mixto (subterráneo y a rajo abierto) y cuenta con las reservas minerales más importantes de Codelco.[6]

La División Andina produce alrededor de 220 mil toneladas de concentrado de cobre fino y 5.000 toneladas de molibdeno.

Cuenta con una dotación propia de 1.682 personas (a diciembre de 2016) y 2.808 pertenecientes a empresas colaboradoras de apoyo a la operación.

---

[6] Extraído desde el Portal Codelco (Intranet) División Andina. *Mi trabajo, Gerencia de Administración 2017.*

1.1.4.1 Visión Gerencia de Administración

Ser referente de la industria minera, en prácticas de gestión de excelencia por: planificación de negocios, control de gestión, conducción estratégica e impecabilidad en la asignación de recursos.

1.1.4.2 Misión Gerencia de Administración

Gestionar el plan estratégico de negocios y desarrollo de la División Andina asegurando rentabilidad y crecimiento competitivo, cautelando el uso correcto de los activos financieros.

1.1.4.3 Negocio

El negocio de la División Andina consiste fundamentalmente en producir concentrado de Cobre fino y concentrado de Molibdeno. Para obtener dichos productos, se procesa el mineral extraído desde los yacimientos. La operación minera considera la explotación simultánea de minería subterránea y a rajo abierto.

Tabla 1.3: Producción Chilena de Cobre Codelco Chile año 2016.

Producción Chilena de Cobre de Mina/ Chilean Copper Mine Production	**Unidad**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**% Producción 2016**
Chuquicamata (1)	Miles TM	528	443	356	339	340	309	302	18%
Radomiro Tomic (2)	Miles TM	375	470	428	380	327	316	318	19%
Ministro Hales	Miles TM	0	0	0	34	141	238	237	14%
Salvador	Miles TM	76	69	63	54	54	49	60	4%
Andina	Miles TM	189	234	250	237	232	224	193	11%
El Teniente	Miles TM	404	400	417	450	456	471	475	28%
Gaby	Miles TM	117	118	133	128	121	125	122	7%
Total Codelco	**Miles TM**	**1.689**	**1.735**	**1.647**	**1.622**	**1.672**	**1.732**	**1.708**	**100%**

Fuente: Producción de cobre de mina por empresa anual, Cochilco 2017.

[7]

[7] TM: tonelada métrica o unidad de masa equivalente a 1.000 kg.

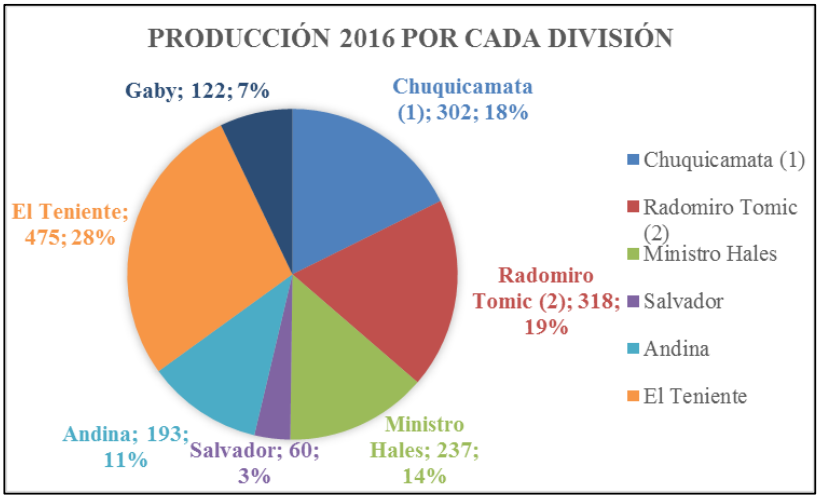

Figura 1.5: Producción año 2016 por cada División de Codelco.

Fuente: Elaboración propia.

1.1.4.4 Estado de resultados División Andina

Reporte financiero que en base a un período determinado (año 2016), muestra de manera detallada los ingresos obtenidos, los gastos, y como consecuencia el beneficio o pérdida que ha generado la empresa en el período. A continuación se indica el resumen del estado de Codelco Andina al cierre del período 2016.

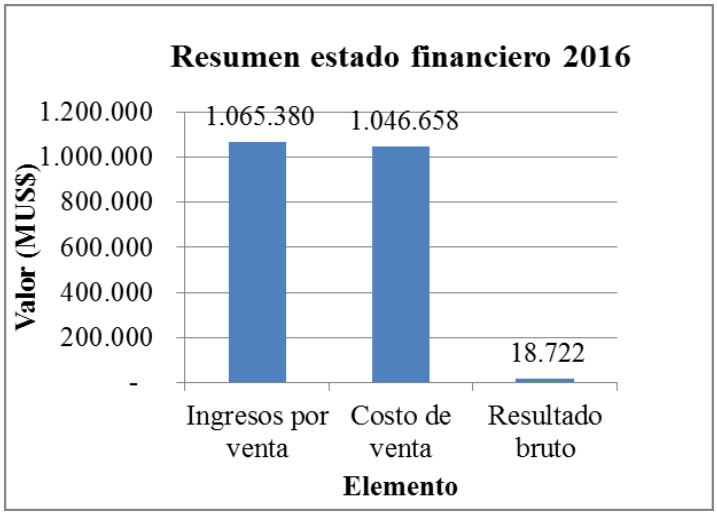

Figura 1.6: Resumen de elementos del estado de resultado Codelco Andina 2016.

Fuente: Elaboración propia.

1.1.4.5 Mercado Codelco

Respecto al mercado de Codelco, en este apartado se indicaran tanto los principales proveedores, clientes y competidores que presenta la empresa.

1.1.4.5.1 Principales proveedores[8]

Empresas que abastecen de revestimientos y piezas fundidas a Codelco Andina, las que se consideran repuestos para que el equipo principal pueda cumplir con el nivel de producción esperado, producción de la que resultada principalmente concentrado de cobre fino y concentrado de molibdeno. Se indican los principales proveedores según monto comprado entre enero y mayo 2017.

Tabla 1.4: Listado proveedores en base al monto comprado.

PROVEEDOR	MONTO COMPRADO USD
METSO CHILE SPA.	2.619.440
CIA ELECTRO METALURGICA S.A.	607.564
BRADKEN CANADA MANUFACTURED PRODUCT	584.136
FUNDICION TALLERES LTDA.	536.261
VEYANCE TECHNOLOGIES CHILE LTDA.	521.945
ACEROS CHILE S.A.	514.317
IMPORT. DISTRIB. Y EXPORT. CAUCHOVA	105.496
CIA. INDUSTRIAL DE CAUCHO LTDA.	5.954
VULCO S.A.	4.199
SIDERVAL S.A.	1.925
INBELT SRL	1.108
ABASOLO VALLEJO S.A.	13

Fuente: Elaboración propia.

[8] CODELCO. "*Codelco, la empresa de todos los chilenos y las chilenas*". Acceso el 28 de marzo de 2017. https://www.codelco.com/nuestro-proveedores/prontus_codelco/2016-06-30/114556.html

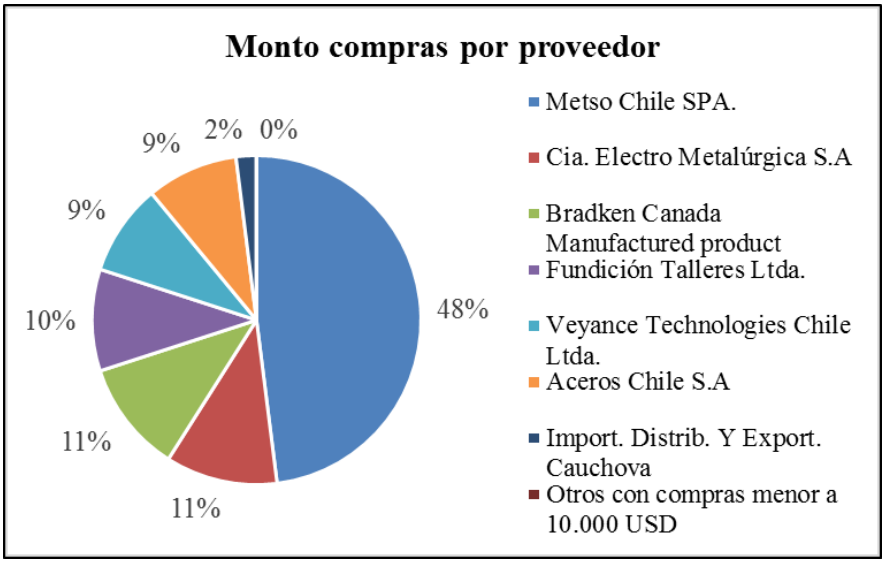

Figura 1.7: Monto compra en relación al proveedor.

Fuente: Elaboración propia.

1.1.4.5.2 Clientes de la empresa

Se indican los principales clientes con los que cuenta Codelco, las cuales son empresas que compran el producto regularmente, según las ventas en el año 2016.

Principales Clientes	**País**	**01-01-2016 31-12-2016 MUS$**
Trafigura Pte Ltd.	Singapur	719.899
Southwire Company	Estados Unidos	519.343
Glencore International Ag.	Suiza	399.452
Ls-Nikko Copper Inc.	Corea del Sur	386.152
Nexans France	Francia	362.926
Maike Metals International Ltd	China	356.937
Louis Dreyfus Company Metals S	Suiza	337.853
Mitsui & Co, Ltd.	Japón	325.855
Red Kite Master Fund Ltd.	Estados Unidos	261.283
Wanxiang Resources (Singapore)	Singapur	227.206
Total		**3.896.906**

Figura 1.8: Principales clientes Codelco.

Fuente: Memoria Anual 2016 Codelco.

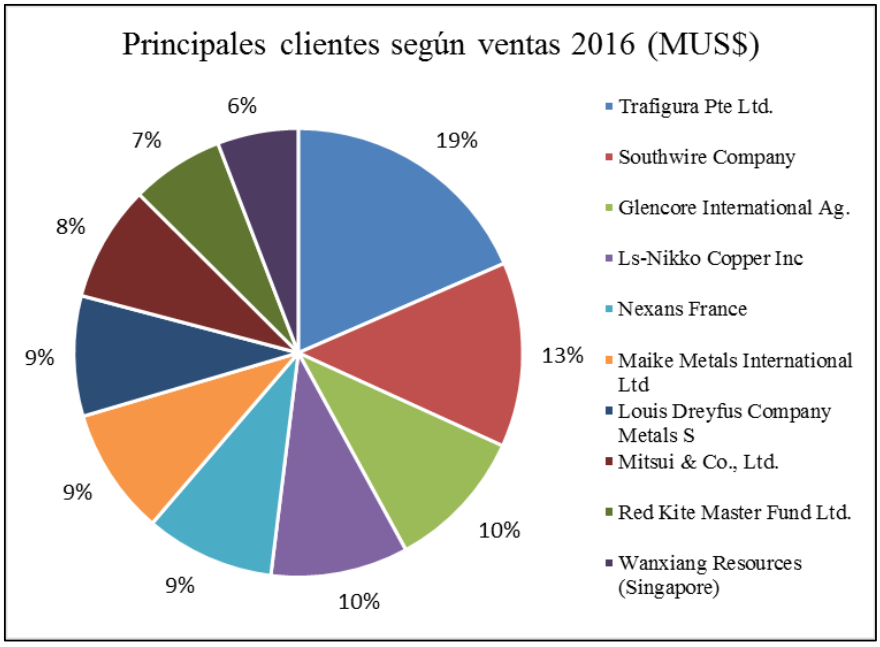

Figura 1.9: Principales clientes de Codelco según ventas año 2016.

Fuente: Elaboración propia.

1.1.4.5.3 Principales competidores

Se da a conocer un grupo de empresas cuyo negocio ofrece productos que satisfacen la misma necesidad en el cliente, es decir, su producto principal es cobre y otros metales.

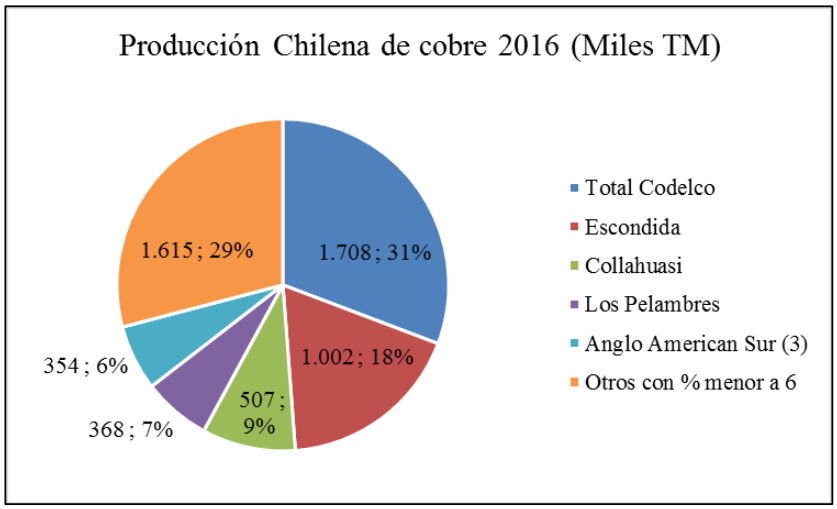

Figura 1.10: Principales competidores por nivel de producción a Nivel Nacional.

Fuente: Memoria Anual 2016 Codelco.

Tabla 1.5: Resumen de principales proveedores, clientes y competidores.

PRINCIPALES	PROVEEDOR	Monto comprado (enero a mayo 2017)en USD	% Compra	CLIENTES	01-01-2016 31-12-2016 MUS$	% Ventas	COMPETENCIA	Producción 2016 (Miles TM)	% Producción
1	Metso Chile SPA.	2.619.440	48%	Trafigura Pte Ltd.	719.899	18%	Escondida	1.002	18%
2	Cia Elecro Metalurgica S.A.	607.564	11%	Southwire Company	519.343	13%	Collahuasi	507	9%
3	Bradken Canadá Manufactured Product	584.136	11%	Glencore International Ag.	399.452	10%	Los Pelambres	368	7%
4	Fundición talleres Ltda.	536.261	10%	Ls-Nikko Copper Inc	386.152	10%	Anglo American Sur (3)	354	6%
5	Veyance Technologies Chile Ltda.	521.945	9%	Nexans France	362.926	9%	Otros	303	5%
6	Acero Chile S.A	514.317	9%	Maike Metals International Ltd	356.937	9%	Centinela (Súlfuros)	180	3%
7	Import. Distrib. y Export. Cauchova	105.496	2%	Louis Dreyfus Company Metals S	337.853	9%	Spence	167	3%
8	Cia. Industrial de Caucho Ltda.	5.954	0%	Mitsui & Co., Ltd.	325.855	8%	Candelaria	135	2%
9	Vulco S.A	4.199	0%	Red Kite Master Fund Ltd.	261.283	7%	Caserones	117	2%
10	Siderval S.A	1.925	0%	Wanxiang Resources (Singapore)	227.206	6%	Zaldívar	103	2%

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro anterior indica el resumen que indica que el principal proveedor de revestimientos es Metso Chile SPA., el cliente con mayor nivel de ventas para el año 2016 es Trafigura Pte Ltda. de Singapure y el competidor con mayor nivel de producción luego de Codelco es Minera Escondida.

1.2 Cadena de abastecimiento

Internamente, en todas las empresas, la Cadena de Suministros conecta a toda la Organización pero en especial las funciones comerciales (mercadotecnia, ventas, servicio al cliente) de Suministros de insumos para la producción (abastecimiento), productivas (control de producción, manufactura) y de almacenaje y distribución de productos terminados (distribución), con el objetivo de alinear las operaciones internas hacia el servicio al cliente, la reducción de tiempos de ciclo y la minimización del capital necesario para operar [J.A. Pulido,2014].[9]

Para entender el funcionamiento de la cadena de abastecimiento de Codelco Andina, se describen los principales actores que la conforman:

1.2.1 Usuarios y/o clientes

Los usuarios de la cadena de abastecimiento para los revestimientos y piezas fundidas son los mantenedores de las distintas áreas de producción, quienes son las encargadas de realizar la estimación de la demanda en base a los planes de mantención planificados. Es de su responsabilidad especificar claramente sus requerimientos tanto desde el punto de vista técnico como de la real necesidad de la adquisición, velando siempre por el correcto uso de los recursos de la corporación. Además, obtener las autorizaciones correspondientes para el requerimiento según lo indicado en el manual de alcance de facultades. El usuario cuenta con el apoyo y asesoría de las unidades de gestión de contratación de servicios para la realización de tales funciones.

1.2.2 Gestor de compra

Es quien realiza el proceso formal de adquisición de mercancías que no estén dentro de un convenio corporativo, se debe encargar de salir al mercado a buscar proveedores que cumplan con los requerimientos del cliente, y con los protocolos de la corporación. [10]

1.2.3 Gestor de contratos

La Gestión de Proveedores y Contratistas realiza tareas como; contactar a proveedores y gestionar eficientemente la Adquisición de insumos, materiales, repuestos y suministros requeridos por las distintas áreas usuarias, manteniendo una relación sólida entre proveedores y clientes internos.

---

[9] José Luis Pulido, "*Gestión de la Cadena de Suministros. El último secreto*" (Venezuela: Caracas, 2014), edición en PDF, primer edición, página 23.

[10] Extraído desde el Portal Codelco (Intranet) División Andina. *Mi trabajo, Gerencia de Administración 2017.*

1.2.4 Proveedor

La empresa posee proveedores nacionales e internacionales. Los principales proveedores están indicados en la tabla 1.2 que corresponde a los datos de un análisis hecho a la compra de 70 materiales de tipo revestimiento, mostrando como principal proveedor a Metso Chile SPA quien además es el fabricante del Equipo Madre donde se utiliza el repuesto, lo que indica que el mercado es bastante acotado, puesto que se cuenta con pocos proveedores que cuentan con alto poder de mercado.

Tabla 1.6: Proveedores principales de Revestimientos y piezas fundidas según cantidad de materiales.

NOMBRE PROVEEDOR	CÓDIGOS
METSO CHILE SPA.	65
ACEROS CHILE S.A.	48
CIA ELECTRO METALURGICA S.A.	41
FUNDICION TALLERES LTDA.	23
VEYANCE TECHNOLOGIES CHILE LTDA.	12
IMPORT. DISTRIB. Y EXPORT. CAUCHOVA	11
SIDERVAL S.A.	8
ABASOLO VALLEJO S.A.	3
BRADKEN CANADA MANUFACTURED PRODUCT	3
CIA. INDUSTRIAL DE CAUCHO LTDA.	3
INBELT SRL	1
VULCO S.A.	1
TOTAL GENERAL	**219**

Fuente: Elaboración Propia.

1.2.5 Lead Time

El tiempo desde que se genera el requerimiento hasta que se resuelve la necesidad, en materiales del tipo fabricación es un Lead Time superior que en promedio llega a los 96 días, lo cual influye en las mantenciones correctivas presentando retrasos en la entrega del material y por tanto generando detenciones del equipo.

1.2.6 Ingeniero de materiales

La función de la Ingeniería de Materiales es canalizar de forma oportuna y eficiente, los requerimientos de insumos, materiales, repuestos, suministros, etc., necesarios para el funcionamiento normal de las operaciones de la Empresa. Realizar el seguimiento de las órdenes de compra y de servicios, tanto nacionales como internacionales. Mantener información integra en los sistemas que sobrellevan el proceso de compras. Coordinar los nuevos ítems que se incorporan al inventario de la Compañía, elaborar y preparar informes requeridos por jefaturas u otras áreas.[11]

[11] Función descrita por el Director de abastecimiento de Codelco Andina.

1.3 Descripción general de procesos

Abastecimiento tiene la misión de suministrar oportunamente los bienes y servicios requeridos por las distintas áreas de la Corporación, en las mejores condiciones de costo y calidad que ofrezca el mercado, a través de procesos confiables y sustentables.

Cabe mencionar que Codelco Andina, tiene tres grandes plantas de trabajo; mina subterránea, mina rajo abierto y planta concentradora. Esta última es la que mantiene el mayor monto en Inventario, abarcando aproximadamente 65% (25MMUS$) del inventario total de la División.

Dentro de las líneas de producción de la Planta Concentradora, el Chancado y la Molienda son las de carácter crítico, puesto que si una de ellas se detiene, lo puede hacer la producción completa.

El Rubro de Materiales a estudiar corresponde a Revestimientos y Piezas Fundidas, contando con aproximadamente el 15% del consumo total de materiales de la Empresa, además de representar un 20% (5MMUS) del Inventario Disponible para la Planta Concentradora.

A continuación se describen los principales procesos de la cadena de abastecimiento para materiales del Tipo Revestimiento y Piezas Fundidas.

Figura 1.11: Procesos de la Cadena de Abastecimiento DAND.

Fuente: Elaboración Propia.

1.3.1 Planificación y Generación de la necesidad

El proceso de planificación de la necesidad es responsabilidad del área usuaria que corresponde al área de mantención, se hace en función del plan matriz de producción, es decir, se hace un pronóstico de las mantenciones que tendrá cada equipo y del nivel de servicio que deben cumplir. Los Revestimientos y piezas fundidas, requieren un tratamiento especial, en general son materiales que se mandan a fabricar por lo que su Lead Time es mayor respecto a materiales de tipo genérico, cuentan con la presencia de pocos proveedores quienes tienen un alto poder de mercado, son repuestos de elevado costo y que pueden generar gran impacto en la línea de producción.

La estimación de demanda de este segmento de materiales incorpora el uso de algunos parámetros que se deben establecer de forma previa, en general, son los siguientes:

- Tipos de mantenimiento programado a aplicar, ya sea, inspección, cambio de componentes, grandes reparaciones, etc.
- Criterios de demanda de mantención: tiempo calendario, horómetro, cotas de kilometraje, etc.
- Exigencias y condiciones de trabajo, horario, lugar físico, especialidad, u otras.
- Prioridades: según tipo de mantenimiento, según actividad, etc.

Las órdenes preventivas, predictivas y búsqueda de fallas (inspecciones) son generadas desde los planes de mantenimiento proactivo (Plan Matriz); el trabajo de reparación llega usualmente como resultado de fallas reportadas por operadores. El comportamiento de la demanda de estos materiales no es constante por lo que siempre se utilizan requerimiento de emergencia.

Al contar con el material correcto acompañado de un diseño adecuado, el equipo realizara el proceso eficazmente, por el contrario, una mala elección puede llevar a un proceso deficiente, exceso de insumos, y altos costos de mantención tanto del revestimiento como del chancador o molino.

Los requerimientos de emergencia, es decir, para mantenciones correctivas, son validados y resueltos por el ejecutor en forma inmediata (no pasan por el ciclo de planificación).

1.3.2 Compra

Una vez establecida la necesidad del material, se procede a la compra del bien, en general el segmento de materiales de tipo revestimiento debería estar asociado a un contrato, ya que son materiales que cumplen funciones como; proteger la carcasa de los chancadores y molinos, optimizar el diseño el revestimiento y reducir los costos de los procesos., es decir, influyen directamente en el rendimiento del equipo.

Al estar asociado a un contrato, la compra se realiza de forma inmediata, es decir, no se aplica el ciclo del comprador, y tampoco el proceso de adjudicación, por lo que el Lead Time será lo que se demore el proveedor en responder ante la necesidad.

Sin embargo, se presentan falencias debido a que no está definida la planificación de la necesidad bajo modelos de pronóstico, se pueden presentar retrasos en la entrega del proveedor, materiales en condiciones distintas a las requeridas, etc.

Si un revestimiento no está incorporado a un convenio, es necesario realizar un proceso de compra en el cual el gestor tiene 20 días hábiles para realizar, posterior a eso se incluye el tiempo estimado del proveedor en entregar el material y finalmente el tiempo que transcurre hasta llegar al usuario y/o cliente.

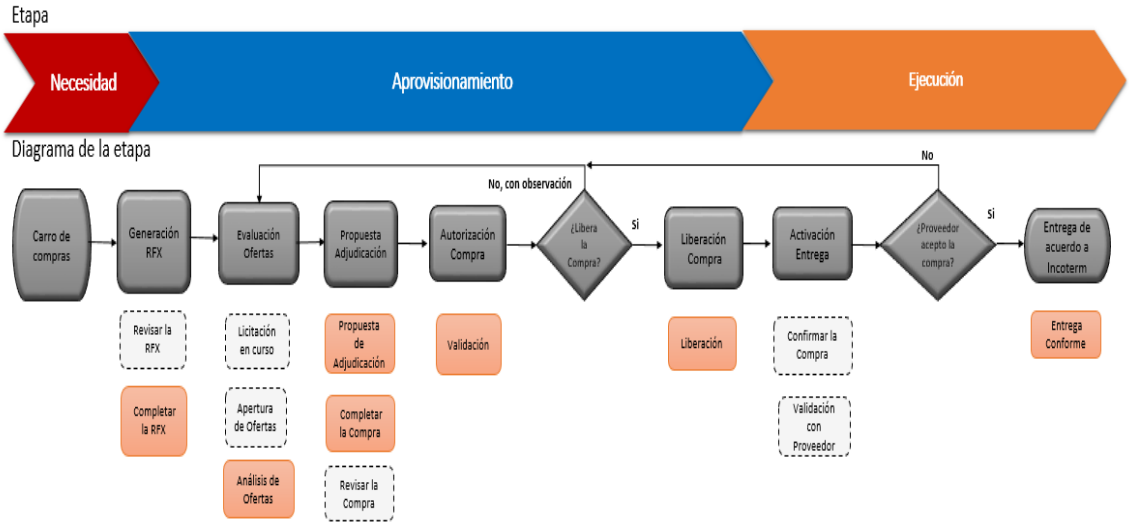

Figura 1.12: Proceso de Compra.

Fuente: Elaboración propia.

1.3.3 Entrega del proveedor[12]

El proveedor una vez listo el pedido, hacen entrega por dos modalidades:

1. Nacional a través de la Logística Nacional, en la cual participa la Empresa Externa Sitrans dejando los materiales en la Bodega de Consolidación, o directamente en la Bodega Divisional.

2. Internacional a través de la Logística Internacional, que puede ser Marítimo/ aéreo, Inland[13] (Ulog), Aduana (Telleria). Finalmente son puestos en la Bodega de Consolidación de Codelco Chile o directamente en la Bodega Divisional.

El plazo de entrega es variable, depende del tipo de material y del Proveedor que este en convenio, el plazo está asociado a cada código de material por lo que el usuario tiene conocimiento del tiempo mínimo en que podría ser resuelta su necesidad.

El Lead Time real promedio del proveedor para el rubro de Revestimientos y Piezas Fundidas es cercano a los 85 días desde que se genera la orden de compra. Presentando variaciones promedio de 15% respecto al plazo establecido en los convenios.

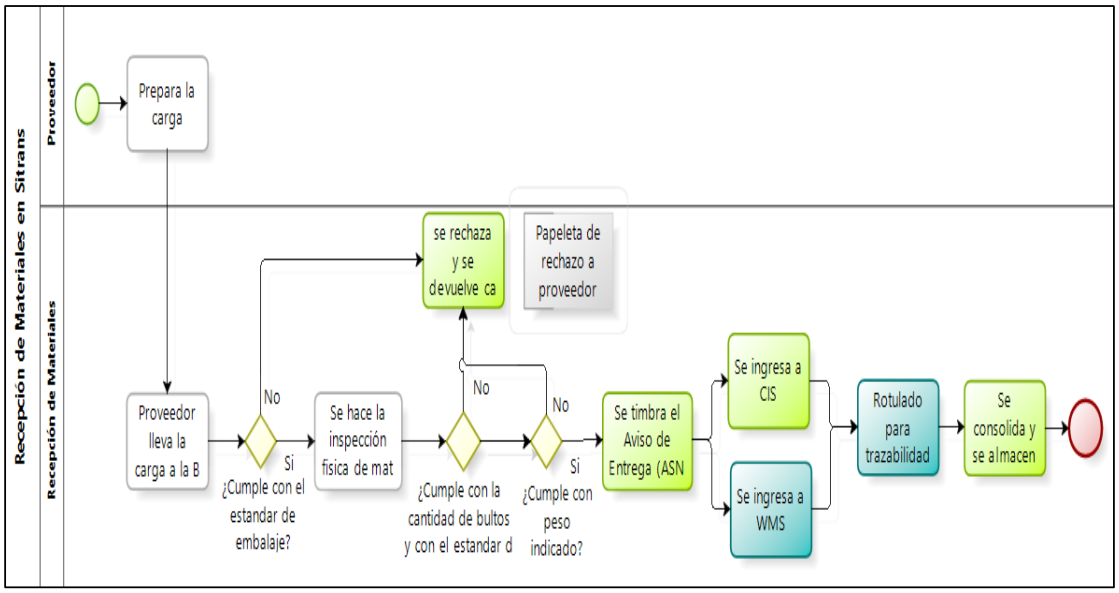

Figura 1.13: Recepción de Materiales en Sitrans.

Fuente: Abastecimiento DAND.

[12] Información proporcionada por el Ingeniero de Materiales Codelco Andina.

[13] Inland: Es el recorrido de la mercancía desde el almacén del exportador a la terminal del aeropuerto o bien el recorrido desde la terminal de destino hasta el almacén del importador.

Porcentaje en que el Promedio Lead Time Real del proveedor supera el Promedio de Tiempo Estimado de Entrega.

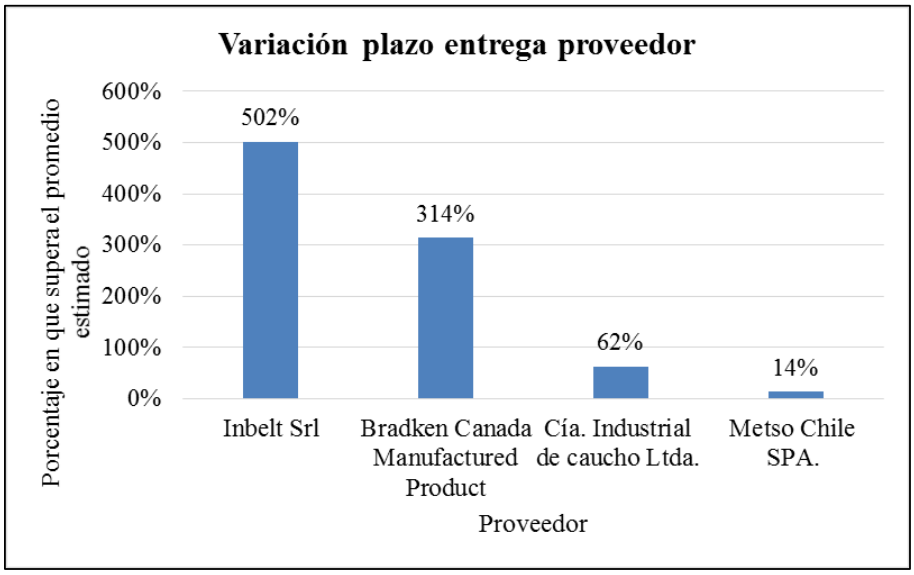

Figura 1.14: Porcentaje en que el Lead Time real supera al estimado.

Fuente: Elaboración propia.

1.3.4 Logística[14]

Este proceso debe ser el adecuado a las condiciones de entrega pactadas en la Orden de Compra o Contrato. Tanto para compras nacionales como de importación, Abastecimiento procurará disponer de contratos de servicios logísticos (consolidación, almacenamiento, despacho transporte, etc.) que faciliten la gestión y minimicen los riesgos en esta etapa.

Se deberá considerar las medidas preventivas y de control interno, cuando se trate de mercancías de medidas especiales, debiendo aplicar para ello, los procedimientos específicos que se definan, así como las normas legales vigentes.

Los revestimientos generalmente son retirados desde las bodegas del proveedor, hacia la bodega de consolidación de la Corporación y luego enviadas a la bodega Divisional Saladillo.

[14] Información proporcionada por el Jefe de Bodega.

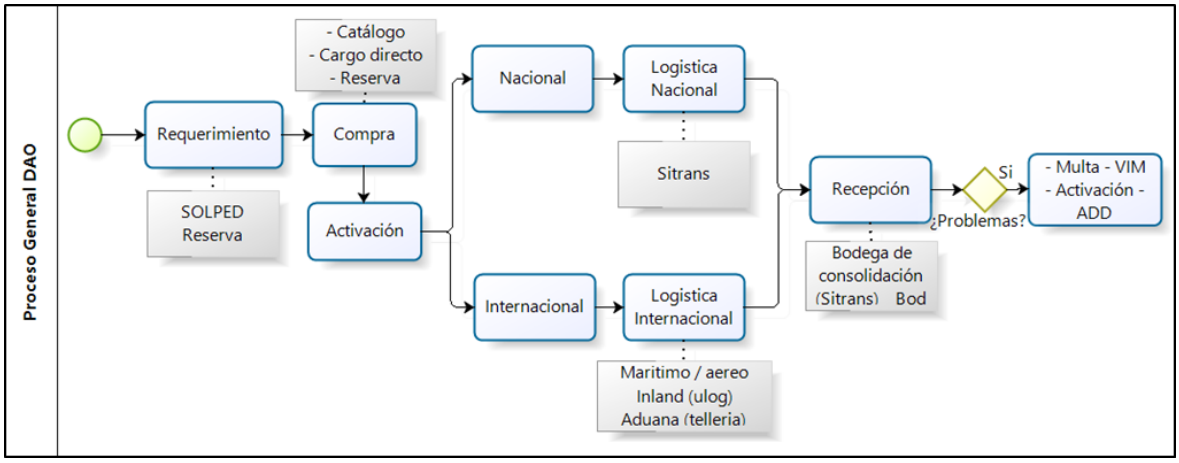

Figura 1.15: Logística.

Fuente: Abastecimiento DAND.

1.3.5 Almacenamiento o Gestión de Bodegas[15]

La Gerencia de Abastecimiento tiene bajo su responsabilidad las Bodegas de materiales de la Corporación cuya gestión de inventario es controlada por el sistema SAP.

Las Bodegas de Abastecimiento, tienen como funciones principales la recepción, registro, almacenamiento, custodia y despacho de las mercancías compradas, actividades que deben efectuarse en concordancia con los procedimientos e instructivos específicos.

En general el tratamiento que se hace al Segmento de Revestimientos, es el que se aplica a todos los tipos de materiales, una vez recepcionados en Bodega Saladillo, se procede a realizar el picking[16] para luego despachar el material al área usuaria.

[15] Información proporcionada por el Jefe de Bodega.
[16] Picking: preparación de pedidos.

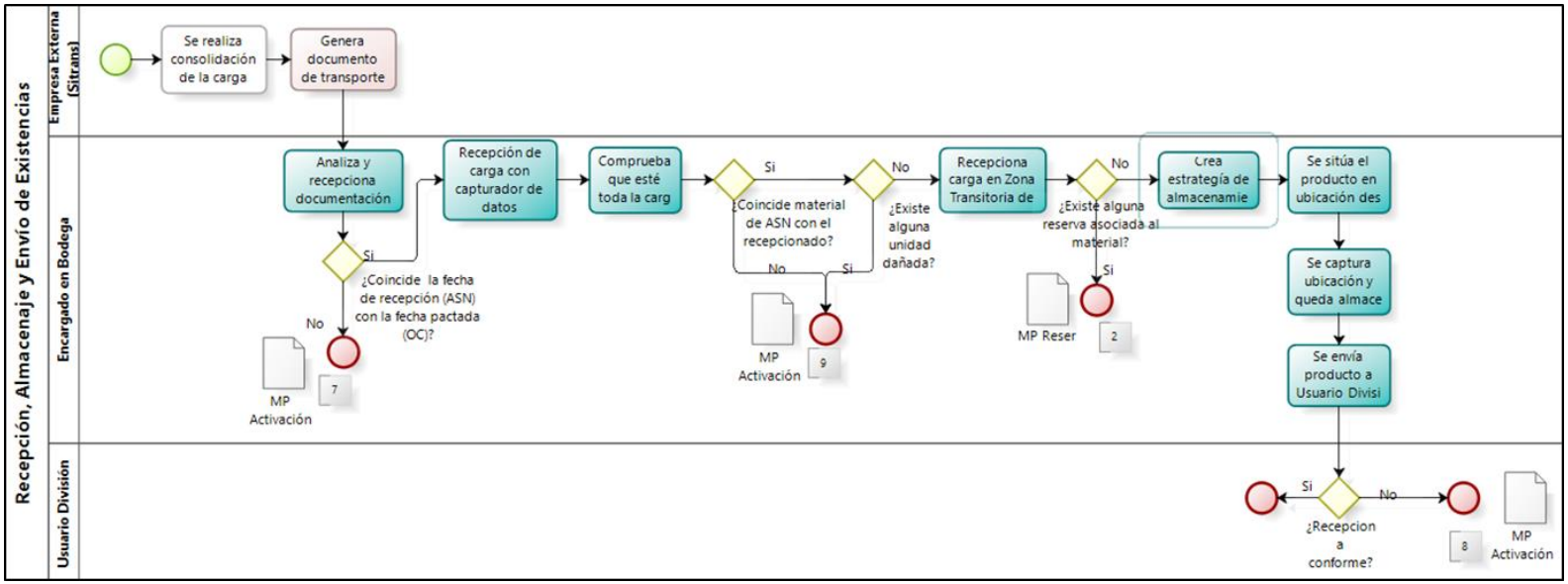

Figura 1.16: Flujo de gestión de bodegas.

Fuente: Elaboración propia.

1.3.6 Flujo Procesos de Abastecimiento

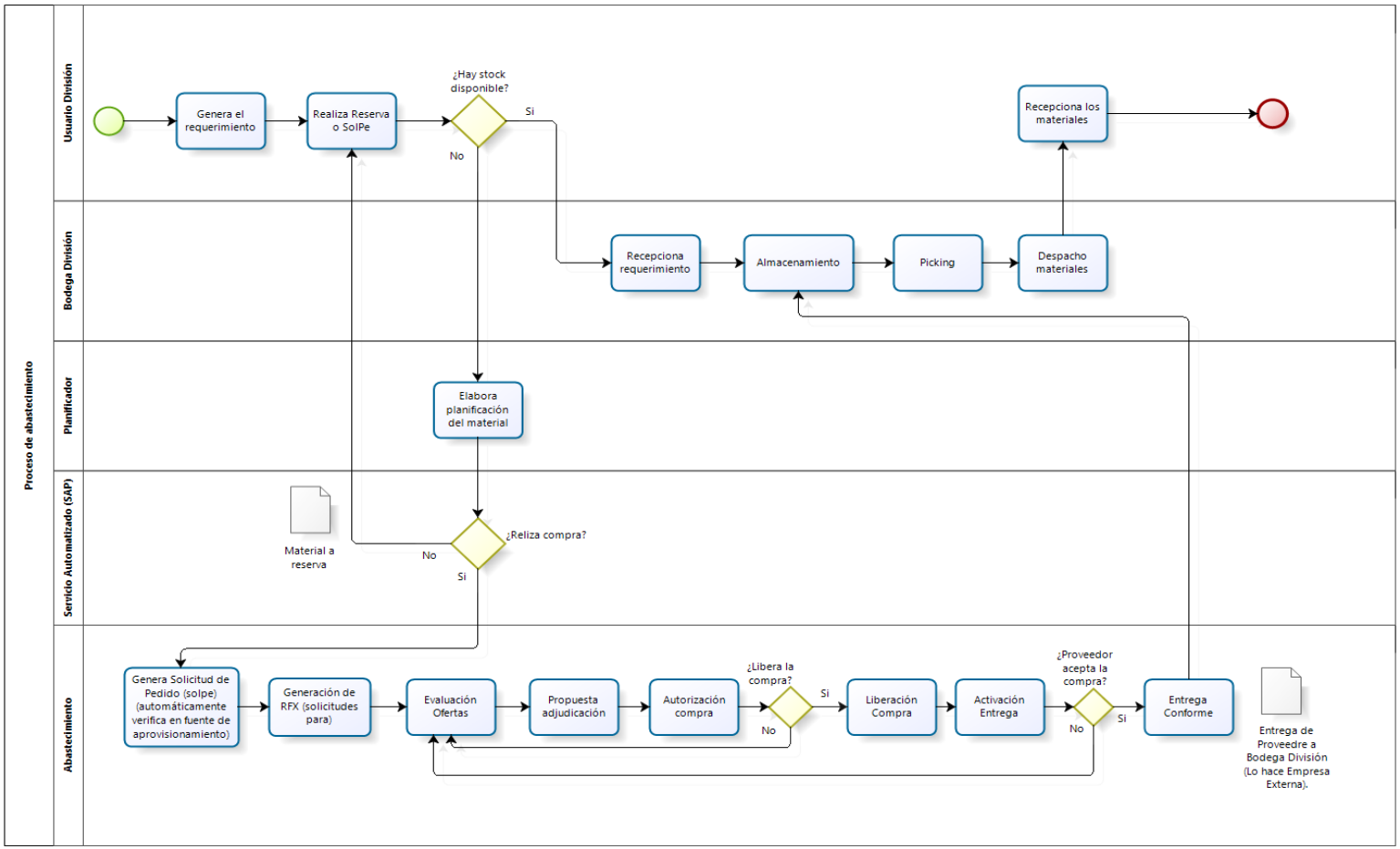

Figura 1.17: Procesos de Abastecimiento.

Fuente: Elaboración Propia.

1.3.7 Dimensiones para la elección de proceso

Mediante esta elección se determinará cuál o cuáles son los procesos que serán seleccionados como área de estudio, es que se ha dispuesto una encuesta a experto realizada al ingeniero de materiales quien está directamente involucrado en el funcionamiento de la cadena de suministros.

Encuesta a expertos: Análisis realizado por el Ingeniero de Materiales de Codelco Andina, con el fin de identificar la responsabilidad que tiene cada proceso en las falencias del sistema.

Tabla 1.7: Asignación de responsabilidad según falencias a los Proceso de la Cadena de Abastecimiento.

CAUSAS GENERALES	Planicicación y Generación de la necesidad	Compra	Entrega del Proveedor	Logística	Almacenamiento
Errores en la planificación	5	5	2	2	4
Mal control en la gestión de repuestos	4	5	1	1	2
Repuestos no enlazados a equipos y sin clasificación estratégica.	4	5	2	2	3
Mantener materiales de baja rotación	5	5	2	2	4
Usuarios no gestionan correctamente los requerimientos	4	4	2	2	3
Detalle técnico del material	4	4	2	2	3
Inconsistencias en la toma física del inventario	4	4	2	2	5
No se tiene en cuenta la trazabilidad de consumo al momento de realizar el	3	3	2	2	2
TOTAL	**33**	**35**	**15**	**15**	**26**
PONDERACIÓN PROMEDIO	**4,1**	**4,4**	**1,9**	**1,9**	**3,3**

Fuente: Elaboración Propia.

PONDERACIÓN	GRADO DE RESPONSABILIDAD
1	0%
2	25%
3	50%
4	75%
5	100%

Criterios de ponderación

Los resultados indican que los procesos que tienen mayor implicancia en las falencias del actual sistema, son el proceso de Planificación y Generación de la necesidad y el Proceso de Compras.

1.4 Descripción en detalle de los procesos a estudiar

Se realizó una encuesta a expertos con el fin de dimensionar la responsabilidad que tiene cada Proceso en ciertas falencias encontradas, lo que permitió establecer dos Procesos: primero el de planificación y generación de la necesidad que es donde se realiza la estimación de la demanda respecto al requerimiento y condiciones de cada material de revestimiento y segundo el de compras, encargado del aprovisionamiento del repuesto, proceso que garantiza además contar con los recursos necesarios para el correcto funcionamiento productivo de la Empresa.

1.4.1 Planificación y generación de la necesidad

Es el proceso mediante el cual se determina y preparan todos los elementos necesarios para efectuar trabajos de mantenimiento. En él se determinar qué se debe hacer y cómo se debe hacer, ambos de manera detallada. Se verifican recursos necesarios para la ejecución de la actividad, recursos tales como: repuestos, planos, manuales, procedimientos operativos y de seguridad, herramientas, autorización, permisos, servicios de terceros, mano de obra propia, entre otros. Dicha información es proporcionada por el área usuaria correspondiente a mantenimiento, quien es el encargado de estimar la demanda de cada material para un período determinado, lo que realizan por medio del Plan Matriz de Mantenimiento.

El Plan Matriz de Mantenimiento es según RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad), el cual está diseñado en base a medidas preventivas, procedimientos de operación y mantención, lista de mejoras donde se indique los repuestos de tipo revestimiento que deben permanecer en inventario, que se debe comprar y cuándo, y tomar medidas en caso de fallas imprevistas.

Para la operatividad del proceso de planificación se deben coordinar todos los movimientos de materiales, para el caso de estudio, materiales de tipo Revestimiento y Piezas Fundidas, movimiento que incluye actividades como:

- Coordinar retiro de materiales para actividades del plan matriz.
- Crear, modificar, visualizar y revisar las solicitudes de pedido en el ERP SAP.
- Inspecciones materiales y repuestos, verificando calidad y especificaciones.
- Revisión del estado de repuestos y materiales en SAP, verificando disponibilidad y fecha de entrega.
- Visualizar y revisar reservas de materiales en SAP.

Posteriormente al Programar el mantenimiento que se relaciona con el cómo se debe organizar el trabajo revisando los recursos disponibles en mano de obra interna, mano de obra externa, repuestos, planos, fechas, se obtiene como producto la emisión de los programas de mantenimiento. En dicho proceso se debe validar la disponibilidad de materiales, misión que corresponde al área de confiabilidad la cual debe verificar los materiales en bodega, servicios y equipos de apoyo.

Estas demandas posteriormente son analizadas por el Área de Planificación de Abastecimiento, quien define la característica de planificación que tendrá cada revestimiento según criterios como: demanda realizada por el cliente, historia de consumo o nivel de rotación, impacto del equipo en la producción, precio, Lead Time del proveedor, etc.

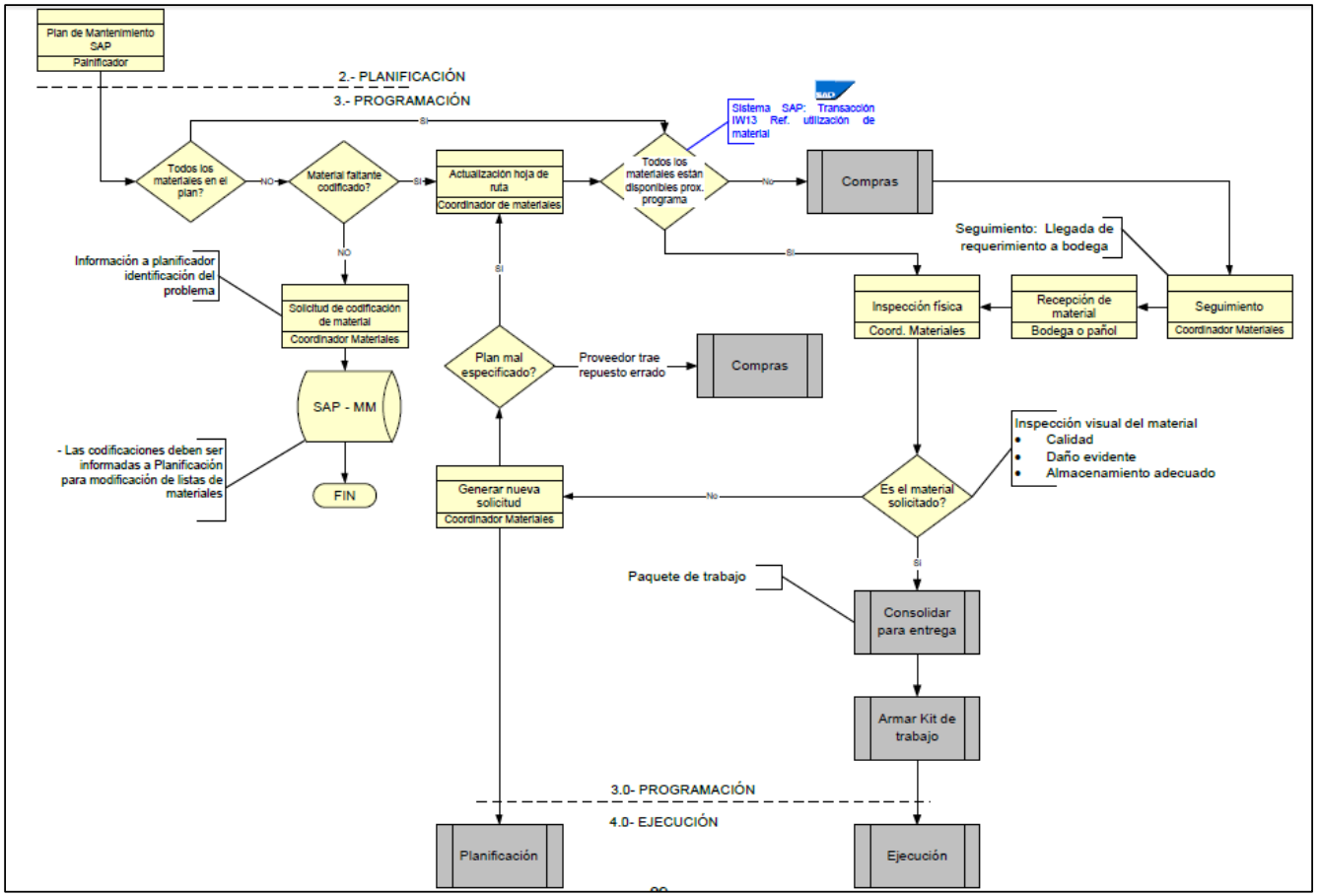

Figura 1.18: Planificación de Materiales usando Plan Mantenimiento (PM).

Fuente: Manual para la Gestión de Mantenimiento.

1.4.2 Compra[17]

Proceso que consiste en suministrar de manera ininterrumpida los revestimientos necesarios para el funcionamiento del chancado y la molienda.

La Gerencia de Abastecimiento es responsable de adquirir y almacenar los revestimientos solicitados para el correcto funcionamiento del equipo, el usuario emite la Orden de Trabajo (OT), en la que indica cantidad, período, condiciones técnicas, plazos, etc. Los revestimientos son materiales que requieren ingeniería y no cualquier proveedor puede fabricarlo, por lo que las modalidades de compra son limitadas. Para ello se definen estrategias de compras y suministros, es decir, conjunto de directrices y protocolos que utiliza la empresa para establecer las relaciones con sus proveedores. El desarrollo de la misma involucra la toma de decisiones financieras evaluando precios, condiciones de pago y mínimos montos por orden.

1.4.2.1 Etapas del Proceso de Compras

Emisión del requerimiento: El usuario y/o cliente genera el requerimiento de los Revestimientos para ser utilizados en los diferentes equipos, quien además tiene la responsabilidad de entregar especificaciones claras, completas y precisas, definiendo característica técnicas del repuesto, estimación de consumos, niveles de satisfacción de calidad, cantidad y oportunidad.

Proceso de compra: Detectada la necesidad y contando con los antecedentes del requerimiento, el área de Compras respectiva, resuelve la estrategia adecuada para requerir ofertas del mercado, definiendo la modalidad a utilizar para ello. La compra se desarrolla mediante la Licitación.

Adjudicación: Es la decisión y comunicación formal de la asignación del suministro de bienes o servicios para la Corporación, a un Proveedor, en base a su oferta, convenios previos, negociaciones, etc. La comunicación se efectuará en la forma y por los medios que se defina para los diferentes procesos de compra (escrito, electrónico, etc.). En los mismos procedimientos se debe definir las formalidades para la aceptación del proveedor.

Logística y recepción de materiales: Este proceso debe ser el adecuado a las condiciones de entrega pactadas en la Orden de Compra o Contrato. Tanto para compras

[17] Gutiérrez S, "*Manual de Adquisiciones*", Codelco.

nacionales como de importación, Abastecimiento procurará disponer de contratos de servicios logísticos (consolidación, almacenamiento, despacho transporte, etc.) que faciliten la gestión y minimicen los riesgos en esta etapa.

Figura 1.19: Proceso de Compra de Bienes.

Fuente: Abastecimiento DAND.

1.4.2.2 Estrategias de compra[18]

La empresa en general aplica diversas estrategias en función de la característica de la compra requerida, sin embargo el 90% corresponde a RFQ (solicitud de cotización) y RFP (solicitud de propuestas). La solicitud de propuesta corresponde a un proceso de licitación el cual finaliza con la adjudicación a un proveedor determinado.

En el período de enero a marzo de 2017 se han realizado compras por montos cercanos a los 3 MMUS$ correspondiente a materiales de Revestimientos y Piezas Fundidas. Un 70% corresponden a materiales incorporados a convenios, es decir, cuando se emite el requerimiento el sistema sale a comprar de forma automática según la planificación que tenga y los otros realizados por el proceso de compra antes descrito.

PROVEEDOR	MONTO COMPRA (USD)
Metso Chile SPA.	1.726.195
Acero Chile S.A	395.434
Bradken Canadá Manufactured Product	315.597
Fundición talleres Ltda.	264.877
Cia Elecro Metalurgica S.A.	220.183
Import. Distrib. y Export. Cauchova	52.703
Cia. Industrial de Caucho Ltda.	2.977
Siderval S.A	664
TOTAL	**2.978.631**

Figura 1.20: Compras Enero a Marzo 2017 por proveedor.

Fuente: Elaboración Propia.

[18] Racionaliza, “Diferencia entre RFI, RFG y RFP, http://racionaliza.com/2016/02/rfi-no-es-rfq-y-menos-rfp/

1.5 El problema

El tema de estudio surge de la necesidad de estimar la demanda de los distintos revestimientos de chancadores y molinos presentes en la planta concentradora, para realizar una mejor gestión del inventario y asistir en el proceso de mantención, puesto que el problema que se genera en este tipo de materiales afecta a los mantenedores retrasando el cambio de piezas por ausencia de materiales y a su vez directamente a la continuidad de la operación.

Andina cuenta con inventarios que fluctúan entre los 37 a 40 MMUS$, sin embargo su consumo es en promedio 7,5MMUS$ mensual, lo que implica tener una cobertura (relación entre inventario disponible respecto a consumo de material) en materiales para 5 meses pese a que el objetivo es 3. Este comportamiento se ve reflejado en la figura 1.21.

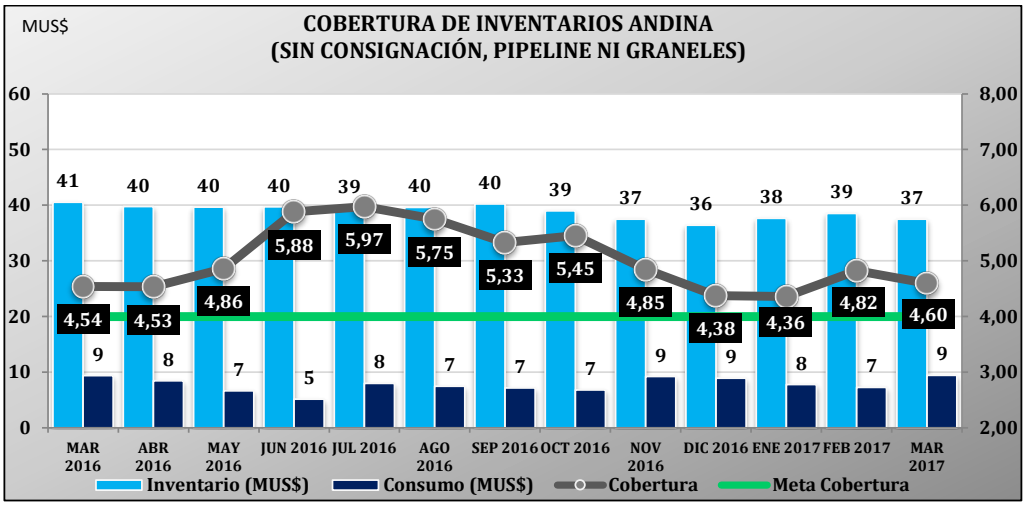

Figura 1.21: Cobertura inventario marzo 2016 a marzo 2017.

Fuente: Abastecimiento DAND.

La gerencia que representa mayor valor del stock es la Gerencia de Plantas con un 65%, seguida de la Gerencia de Minas con 29%, esto se debe a que en ambas Gerencias es donde se realiza el proceso productivo como tal, es decir a la Mina se le cargan todos los tipos de materiales utilizados para el proceso de exploración geológica, perforación, tronadura, carguío y transporte de mineral lo que posteriormente pasa a la Planta, donde se realiza el chancado, la molienda, la flotación, espesaje de concentrado y transporte a planta productos comerciales. En conjunto representan casi el 95% del inventario total de la División por lo que en estas áreas es donde se debe poner énfasis y ver estrategias de mejora.

En marzo 2017, dentro del inventario de Andina se presentan más de 5 MMUS$ en materiales de Tipo Revestimiento y Piezas Fundidas, lo que presenta un comportamiento constante, es decir, se mantiene un stock disponible que fluctúa en la cifra antes mencionada, sin embargo al hablar de consumo para el mismo período, este oscila en 1,1 MMUS$. En síntesis hay un inventario inmovilizado cercano a los 3,9 MMUS$. La cobertura actual que presenta el rubro estudiado corresponde a 4,6 meses.

La intervención de estos repuestos ocurre en Chancado y Molienda, procesos en los cuales pasa el 100% del mineral, para luego continuar su etapa de producción.

Durante 2016 se presentaron 778 mantenciones correctivas en la Planta Concentradora con una duración total de 2.515 horas.

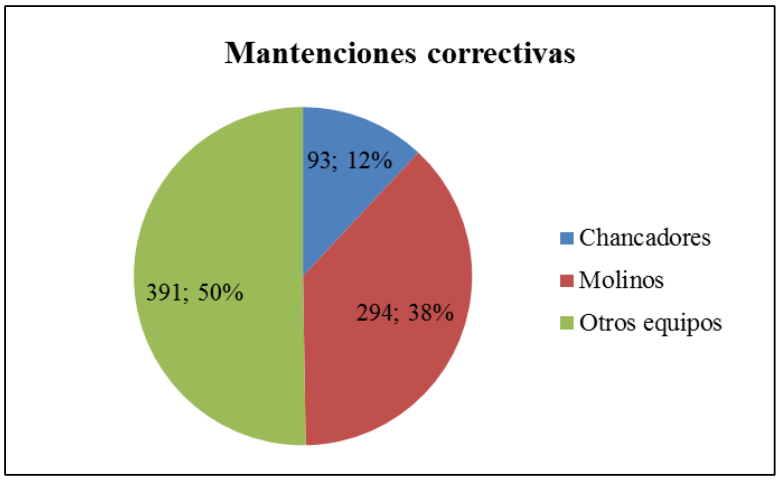

Figura 1.22: Mantenciones Correctivas Planta 2016.

Fuente: Elaboración Propia.

En conjunto chancadores y molinos presentan el 50% de las mantenciones correctivas que se realizaron durante el período.

Duración Detenciones del equipo en hrs.

- Chancadores : 707 hrs.
- Molinos : 870 hrs.
- Otros equipos : 938 hrs.

Los equipos a estudiar corresponden a 35, de los cuales:

- 18 son Chancadores
- 17 son Molinos

Descripción impacto	Impacto Planta	Total
Al parar no afecta en la línea	0%	11
Hay equipos en paralelo o el flujo puede seguir por algún by pass	0<x<100%	13
Si para el equipo, para toda la planta	100%	11
TOTAL EQUIPOS		**35**

Figura 1.23: Impacto del equipo en la Planta

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 1.24 se observa que 11 de los equipos presentan un impacto del 100%, es decir, si el equipo se detiene a su vez la planta completa también lo hace.

Equipo	Impacto Planta	Total
Chancador Allis Chalmers	100%	1
Chancador C160	100%	1
Chancador de Cono 7	100%	1
Chancador de Cono HP 800	100%	1
Chancador Giratorio Don Luis	100%	1
Chancador HP 800	100%	1
Chancador Secundario MP 1000	100%	1
Chancador Fuller Traylor 42x48	100%	1
Molino SAG 16.000 HP	100%	1
Molino Unitario 3.400 HP	100%	1
Molino Unitario 2 17.500 HP	100%	1
Total general		**11**

Figura 1.24: Equipos con 100 impacto en Planta

Fuente: Elaboración Propia.

Los revestimientos utilizados para los 35 equipos en cuestión son alrededor de 110 a 120 materiales, su valor va desde 3 a 280.000 US$ donde el precio promedio es de 17.000 US$, al ser materiales de fabricación su Lead Time es bastante elevado rondando los 86 días esto sin considerar el tiempo que transcurre desde que se emite el requerimiento hasta que se genera la orden de compra siendo el ciclo de abastecimiento en promedio 96 días.

El mercado en que se encuentran inmerso presenta un acotado grupo de Proveedores que cuentan con un alto poder, el proveedor en general tiene poca holgura para satisfacer los requerimientos en el sector minero, por lo que obtener los materiales para mantenciones correctivas se hace aún más complejo.

1.5.1 Justificación

El estudio se considera importante debido a su grado de complejidad y responsabilidad directa e indirecta en el proceso productivo de la organización, dar a conocer y dar juicio de valor a la Gerencia sobre la eficiencia con que se está llevando a cabo el sistema de inventarios y así brindar propuestas de permitan optimizar el modelo de gestión actual.

Es decir con la realización del trabajo de titulación, se pretende: Reducir y/o eliminar tiempos de maquinarias paralizadas (Just In Time), reducir el inventario disponible lo más cercano al consumido por la empresa, lograr una cobertura previamente establecida y diseñar propuestas al proceso de Mantenciones Preventivas y Correctivas con el fin de estimar la demanda de forma óptima.

Por medio de la integración entre planificación y requerimientos de mantención, se debe salvaguardar el stock adecuado para cada material, reduciendo capital inmovilizado, costos de almacenamiento, seguros e impuestos, pérdidas, deterioros, compras de emergencia, etc.

1.5.2 Viabilidad de la investigación

El estudio no presenta problemas de viabilidad, en general las empresas consideran contar con una Estrategia de Requerimiento de Materiales, asociado a la gestión de inventarios como uno de los temas más complejos en logística, por lo que ponen a disposición del investigador tanto la información necesaria como los recursos para poder llevar a cabo el proyecto. La empresa está interesada en diagnosticar su sistema actual de abastecimiento para el rubro estudiado, otorgando las facilidades de desarrollar la investigación, en base a que se les entreguen reportes que describan y generen soluciones a los problemas que aquejan a la organización.

Resumen del Problema

"No existe una adecuada Estrategia de Requerimiento de Materiales, que al presente concibe exceso de inventario y pérdidas de producción".

1.5.3 Elementos del problema

Se entiende como "No existe una adecuada Estrategia de Requerimiento de Materiales"

En este punto, se explicará el concepto de "estrategia adecuada" la cual se expone desde dos perspectivas, la primera en relación a lo que dice la literatura y la segunda lo que entiende la empresa y en función de que parámetros se mide.

- **Según literatura:** que carece de existencia[19]. La palabra adecuado es un término que generalmente usamos cuando queremos expresar que algo o alguien se acomodan, se acoplan a otro de excelente manera, o en su defecto, para referir que algo o alguien resultan ser apropiados para la concreción de un fin, para usar, o para llevar a cabo una acción determinada[20]. La estrategia de requerimientos de materiales[21] es una técnica de planeamiento de prioridades coordinada en el tiempo que calcula los requerimientos y programaciones de materiales para lograr la demanda en todos los productos y partes en una o más plantas.

"Se carece de una apropiada técnica de planeamiento de prioridades coordinada en el tiempo que calcule los requerimientos y programaciones de materiales de demanda en todos los productos y partes en una o más plantas, para llevar a cabo una acción determinada."

- **Según Codelco Andina:** adopta el concepto y define parámetros para establecer que la "estrategia es adecuada" o no bajo indicadores dimensionados a continuación:

Cobertura: Inventario Disponible/Consumo Promedio en un período. ➢ Cobertura Adecuada :0 < Cobertura ≤ 3 ➢ Cobertura Inadecuada : Cobertura >3	**Plazo Entrega Proveedores:** Promedio 77 días ➢ Plazo Entrega Adecuado : 0 < Promedio Plazo Entrega ≤ 77 ➢ Plazo Entrega Inadecuado : Promedio Plazo Entrega > 77
Pérdidas de Horas de producción: Horas de detención de chancadores y molinos. ➢ Horas Aceptadas : ≤ 1.000 x año ➢ Horas Elevadas de pérdida : > 1.000 x año	**Estimación de Demanda** ➢ Adecuada :Según rubro de material, con Lead Time, Costo Inventario, etc. ➢ Inadecuado :Promedio del Período Anterior.

[19] Gran Diccionario de la Lengua Española. S.v. "Inexistente." Retrieved June 5 2017 from http://es.thefreedictionary.com/inexistente

[20] Definición ABC, https://www.definicionabc.com/general/adecuado.php

[21] Revista virtual pro, "Planeación de la Producción" http://www.revistavirtualpro.com/revista/planeacion-de-la-produccion/12

Se entiende como "exceso de inventario"

En este punto, se explicará el concepto de "exceso de inventario" el cual se expone de la misma forma que el concepto anterior, es decir, desde dos perspectivas, la primera en relación a lo que dice la literatura y la segunda lo que dice la empresa.

- **Según literatura:** el exceso de inventario es uno de los problemas más comunes en empresas que almacenan stock para la venta (la gran mayoría), y no es otra cosa que la acumulación de stock en nuestros almacenes más allá de un nivel apropiado y que en la mayor parte de las ocasiones se estima de una forma bastante elemental.[22]

- **Según Codelco Andina:** contar con inventario inmovilizado por no uso de materiales, se dispone más de lo que se requiere, dicha situación implica un costo de capital.

Inventario ideal
3 meses disponibles para consumo

Inventario en exceso
Más de 3 meses de cobertura, respecto al consumo

Considerando que durante el mes de marzo 2017 se presenta stock disponible por 5 MMUS$, con consumo de 1,1 MMUS$ (cobertura 4,6), se estima un inventario inmovilizado valorizado en 3,9 MMUS$ por concepto de materiales de tipo "revestimiento y piezas fundidas", se presenta exceso de inventario según parámetros de la empresa.

Se entiende como "pérdidas de producción"

Se explica concepto "pérdida de producción" según dos perspectivas, primero la literatura y luego como entiende la empresa este concepto.

- **Según literatura:** pérdida de producción normal: pérdidas de velocidad y el tiempo en la planta de la puesta en marcha, parada, o el cambio.[23]

- **Según Codelco Andina:** horas en que el equipo se encuentra en detención debido a las mantenciones planificadas y correctivas, asociado al retraso en las mantenciones por: ausencia del repuesto, incumplimiento del proveedor, etc.

[22] https://meetlogistics.com/demand-planning/exceso-de-inventario/
[23] http://www.manufacturingterms.com/Spanish/Normal-Production-Loss.html

En base a los indicadores analizados y dimensionados por la Empresa para determinar si la estrategia es adecuada, se refleja que la cobertura actual es de 4,6, plazo de entrega promedio del proveedor 85 días, horas de detención de equipos superior a 1.577 horas y estimación actual se hace mediante el promedio de consumo del período anterior. Lo antes mencionado permite afirmar que la Estrategia de Requerimiento de Materiales actual es inadecuada para las condiciones operacionales que estima Codelco Andina, lo que concibe exceso de inventario y pérdidas de producción.

1.6 Causas del problema

Antes de identificar cual es la solución posible de un problema, se necesita conocer en detalle cuáles son los factores y/o causas que lo provocan. Es en vista de lo antes mencionado que en el apartado siguiente se identifican las causas del problema por medio del diagrama Ishikawa y Pareto.

1.6.1 Causa Efecto (Ishikawa)

Metodología Ishikawa es una técnica eficaz para el análisis de las diferentes causas que ocasionan en problema identificado. Su ventaja consiste en el poder visualizar las diferentes cadenas causa y efecto, que pueden estar presentes en un problema, facilitando los estudios posteriores de evaluación del grado de aporte de cada una de las causas.

A continuación se enumeran posibles deficiencias indicadas por el personal de la Dirección de Abastecimiento al estar analizando el actual sistema de gestión de inventarios para los “revestimientos y piezas fundidas”.

- No están clasificados por grupos estratégicos
- Falta matriz de clasificación
- Existencia de materiales obsoletos o caducados
- Exceso de inventario de materiales que no tienen alta rotación
- Falta detalle técnico de los materiales
- Los crean distintos usuarios
- No se exige cierto nivel de detalle
- Criticidad tiene falencias
- Hay repuestos mal categorizados
- No se hace control de la criticidad de forma especializada
- Falla de equipos
- Tiempo medio para reparar (MTTR)
- Tiempo medio entre fallas (MTBF)
- Falla en mantenciones
- Falta de repuestos o personal

- Alta cantidad de mantenciones
- Mantenciones no planificadas
- No se tienen en cuenta la trazabilidad de consumo al momento de realizar el reabastecimiento de materiales
- Inconsistencias en la toma física del inventario
- No se realiza inspección al proceso
- Poca integración de la información
- Mal uso del ERP SAP
- No reportan falencias del sistema
- Error en las reservas de material
- No se revisa AN02 (Centro logístico)
- Incongruencia en información de bodega
- Petición de material no se hace con detalle técnico
- No conocen la necesidad
- Falta de tiempo en la gestión
- Los mantenedores estiman los niveles de stock bajo la premisa mientras más mejor
- Planificación de producción y requerimientos se hace en base a promedios históricos
- No se considera el efecto que tiene el repuesto en la línea de producción
- No se aplican modelos de pronósticos más completos
- Mal control en Gestión de repuestos
- No se analizan los reclamos de los usuarios (mantenedores)
- Faltan KPI (indicador clave de rendimiento) para el comportamiento de los revestimientos
- Se mantienen materiales en inventario que presentan nula o baja rotación.
- Se mantiene inmovilizado un 60% del inventario.

La figura 1.25 que se muestra a continuación corresponde al diagrama causa-efecto el que se realizó mediante el listado antes mencionando, agrupando las deficiencias según categorías, indicando que el problema es la no existencia de una adecuada estrategia de requerimiento de materiales, es decir, se carece de una apropiada técnica de planeamiento de prioridades que permita cumplir con los requerimientos para la producción de la empresa.

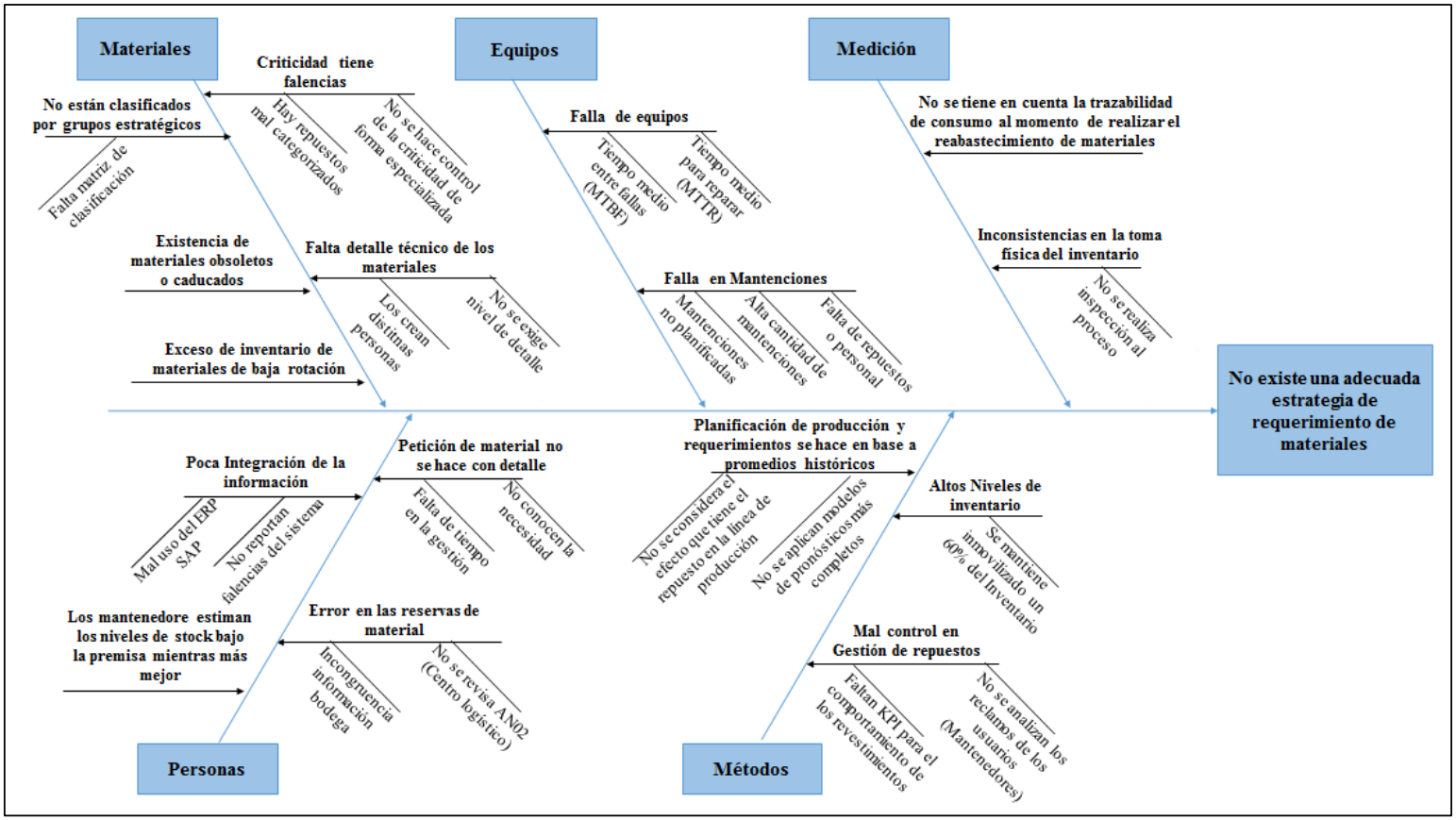

Figura 1.25: Diagrama Causa-Efecto.

Fuente: Elaboración propia.

1.6.2 Pareto

Se usa la el diagrama en vista que es una herramienta que ayuda a tomar decisiones en función de prioridades, basado en el principio de Pareto que indica “el 80% de los problemas se pueden solucionar, si se eliminan el 20% de las causas que los originan”.

A fin de construir de forma adecuada el Diagrama, es que, se realizaron reuniones con personal del área de abastecimiento, en las cuales se comentó la existencia de diferentes falencias, reflejadas en diagrama causa-efecto, las que para ser validadas como causas del problema, se llevaron a criterio del personal. Se presentó la información de las causas generales, de forma que cada trabajador pudiese seleccionar 5 de ellas que a su juicio son las más relevantes. (Ver detalles Anexo Nº 1 de la encuesta y resumen de los resultados).

100 trabajadores, cada uno selecciono 5 alternativas
Universo: 100*5= 500 datos a analizar.

Tabla 1.8: Causas Diagrama de Pareto.

CAUSA	CAUSAS GENERALES	Total	Frecuencia	Frecuencia Acumulada
C1	Errores en la planificación	147	0,3	29%
C2	Mal control en la gestión de repuestos	120	0,2	53%
C3	Mantener materiales de baja rotación	69	0,1	67%
C4	Usuarios no gestionan correctamente los requerimientos	65	0,1	80%
C5	Detalle técnico del material	52	0,1	91%
C6	Inconsistencias en la toma física del inventrio	27	0,1	96%
C7	No se tiene en cuenta la trazabilidad de consumo al momento de realizar el reabastecimiento de materiales	20	0,0	100%

Fuente: Elaboración Propia.

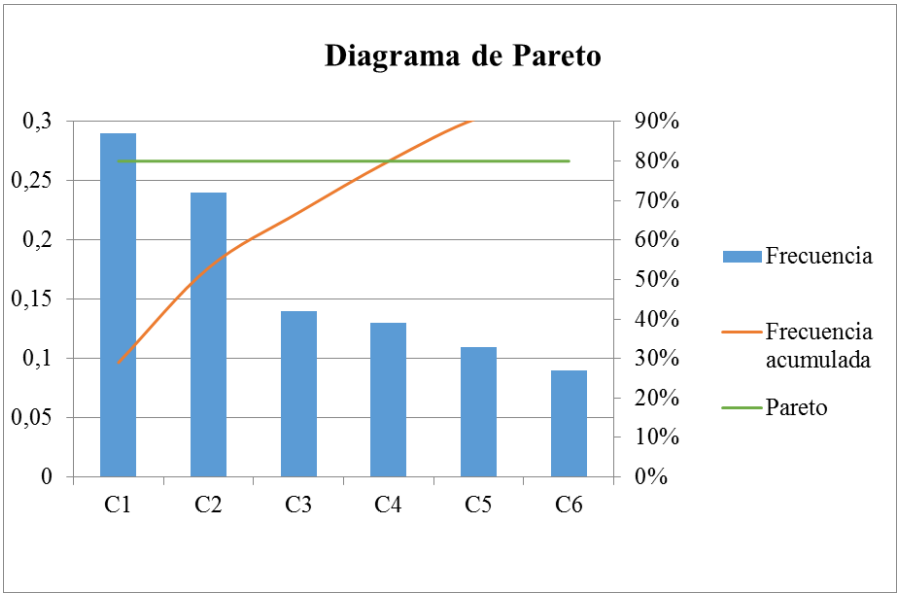

Figura 1.26: Diagrama de Pareto.

Fuente: Elaboración Propia.

La grafica indica que las deficiencias 1 a la 4 son las que generan el 80% de los problemas en la estrategia de planificación.

C1: Errores en la planificación: causa relacionada a que la planificación de producción y requerimientos se hace en base a promedios históricos, no se aplican modelos de pronóstico completos en cuanto al comportamiento de cada material, al hacerlo solo con datos históricos se pasan por alto factores que afectan el nivel de requerimientos futuro, influyendo en las mantenciones, tal es el caso cuando se retrasa la entrega de un revestimiento en una mantención que fue planificada.

C2: Mal control en la gestión de repuesto: existencia de materiales obsoletos[24] o caducados, se presenta una gran cantidad de materiales en estado de obsolescencia, aumentando el nivel de inventario inmovilizado, utilizando recursos que podría ser aplicado en la compra de otros materiales, proyectos de inversión u otro, es decir, no se verifica de forma frecuente la información que tiene el sistema.

[24] Obsoletos: material que no presenta consumos en un período cercano a 5 años que cuentan con stock disponible.

C3: Materiales de baja rotación[25]: esto se funda en que al mantener materiales que presentan nula o baja rotación, se genera capital inmovilizado, reduciendo la posibilidad de invertir en proyectos que pueden brindar beneficios a la organización.

C4: Usuarios no gestionan correctamente los requerimientos: los errores al solicitar un material, son frecuentes e influyen directamente en las características técnicas que debe poseer, estas faltas ocasionan materiales erróneos, compuestos de materias primas distintas a las requeridas, retrasos en la entrega u otros.

[25] Baja rotación: materiales que no se han consumido en 5 o menos ocasiones en 12 meses.

1.7 Diagrama causa-problema-impacto

Para tener claridad respecto al impacto que tiene el problema dentro de la Empresa, se coordinó una reunión con el Ingeniero de Materiales que es quien lleva el control actual del sistema, determinando como las que se observan a simple vista:

- Al menos 3,9 Millones de USD de inventario inmovilizado en revestimientos y piezas fundidas.
- Las planificaciones se realizan de forma respecto al consumo histórico.
- No se relaciona el repuesto en base al impacto que tiene en el equipo y este a su vez en la línea de producción.

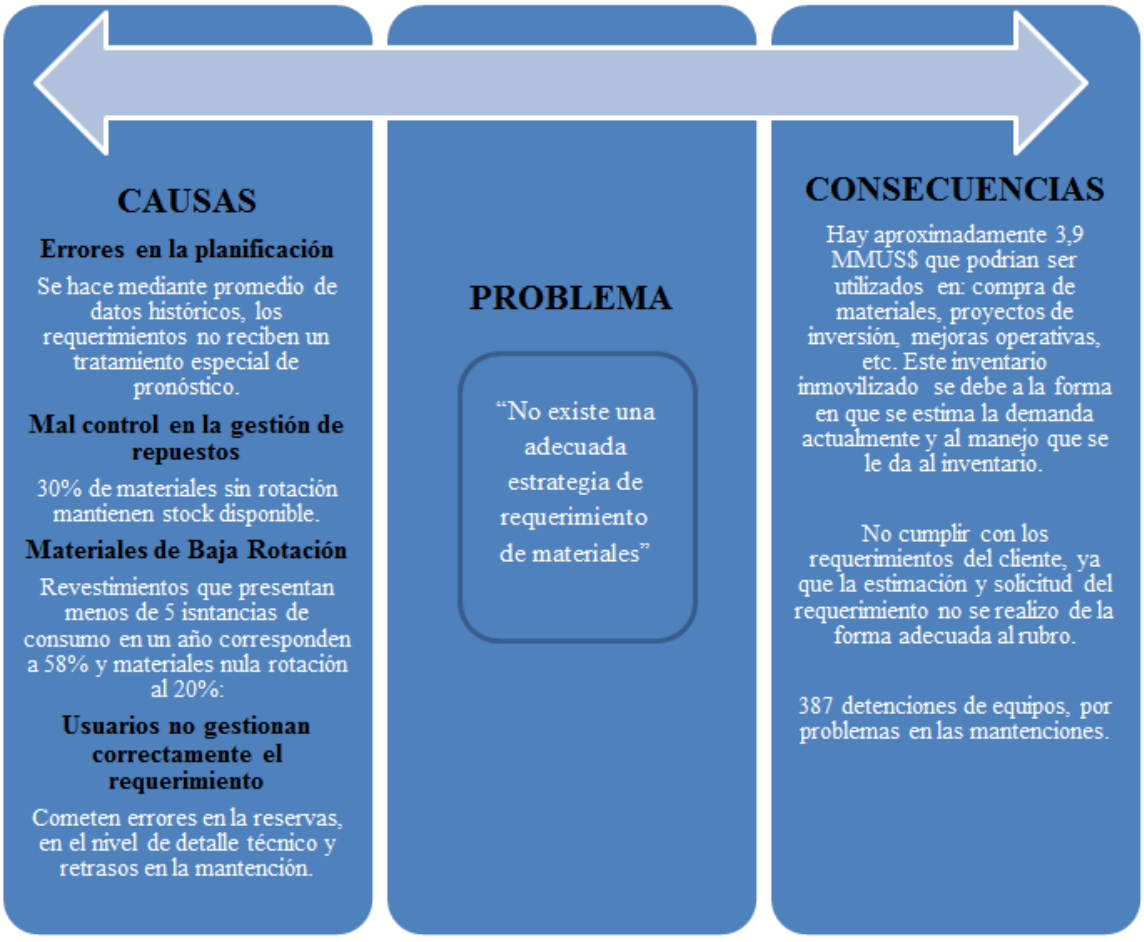

Figura 1.27: Descripción de la problemática y su impacto.

Fuente: Elaboración Propia.

1.8 Estado del arte

En este apartado se muestra la actividad de carácter investigativo y formativo que permite determinar la forma como ha sido tratado el tema, avances, tendencias, etc., es decir, es el estudio del conocimiento acumulado escrito del área de estudio.

1.8.1 Análisis de Metodologías

Se identifican las metodologías y las aplicaciones que han tenido en la industria, las cuales podrían ser utilizadas para llevar a cabo el tema de estudio. Luego de conocer los distintos resultados se debe realizar un análisis de cada una de ellas por medio de sustento teórico en Libros, Papers u otras redes, con el fin de avalar la metodología adecuada para el desarrollo del tema.

Estudio 1: *"Clasificación multicriterio ABC en empresa* forestal" la investigación realizada por Torres et. al (2014)[26] se enfocó en realizar un diseño de sistema experto para toma de decisiones de compra de materiales, el objetivo de esta investigación es verificar la factibilidad de integración entre las teorías de inventarios y de sistemas expertos a través del diseño de un sistema informático basado en el conocimiento para apoyar el proceso de toma de decisiones en el área de logística y abastecimiento de una empresa forestal líder en Latino América. La metodología utilizada consistió en criterios de Clasificación Multicriterio ABC e identificación de los componentes de sistemas expertos basados en el conocimiento. Lo que se hace es clasificar los materiales según los consumos por ejemplo el Grupo A según segmentación multicriterio ABC relacionada al Grupo A según clasificación estadística que son materiales de Alto consumo y Frecuencia regular, debería utilizar un Modelo de inventario EOQ (Cantidad económica de pedido) con SS (Stock de Seguridad). A cada segmento se puede aplicar distintos modelos de inventario según las clasificaciones que presente, entre ellos, modelo Wagner-Whitin, Silver-Meal, lote a lote, etc. Las principales conclusiones son que es factible la integración entre la teoría de inventarios, la utilización de una clasificación Multicriterio ABC con la teoría de sistemas expertos basados en conocimientos de tipo tácito y explícito y además, es posible lograr una reducción del 40% del capital de trabajo retenido en inventarios.

[26] Carlos Torres, Javier Córdova, *"Diseño de sistema experto para toma de decisiones de compra de materiales"* (Chile: Concepción, 2014), edición en PDF.

Estudio 2: "*Mejoras al stock de repuestos para equipos médicos usando técnicas estadísticas*" la investigación realiza por Morales et. al (2015)[27] se trata de Optimización del stock de piezas de repuestos para equipos médicos, que surge en vista de uno de los problemas más comunes durante la gestión de almacenes es la planificación de stock de piezas de repuesto para la satisfacción de las necesidades de reparación o mantenimiento de equipos médicos. En el centro de ingeniería clínica y electromedicina la planificación de piezas de repuesto para mantenimiento y recambio se realiza a través de los reportes realizados por electromédicos que laboran en las áreas de salud del territorio nacional. Actualmente la información almacenada, más el criterio de los expertos no es suficiente para realizar una buena planificación que permita suministrar la cantidad correcta de piezas en el tiempo adecuado. Teniendo en cuenta estas insuficiencias, se presenta en este trabajo un algoritmo que permita la optimización del stock de piezas de repuesto para equipos médicos. Para su conformación, se utilizaron técnicas estadísticas de estimación: Muestreo Aleatorio Estratificado, Correlación y Regresión Lineal Simple, ofreciendo la posibilidad de realizar pronósticos de futuras observaciones y la modelación de relaciones entre variables. Al aplicar estas técnicas se evidencio el aporte de la relación establecida entre las variables dependiente stock anual e independiente frecuencia de fallas anuales (consideras de tal forma en el caso de estudio) a la estimación, en resumen se logra reducir el stock de piezas de repuesto para equipos médicos.

Estudio 3: *"RCM aplicado al cálculo de cantidades a mantener en stock a partir de análisis de modos de fallas"* la investigación realizada por Gómez (2008)[28] en la cual se presenta un modelo para el cálculo de las cantidades óptimas de inventario de repuestos a mantener en stock a partir del análisis de los modos de falla del equipo. Dicho análisis de los modos de falla consiste en el cálculo de los tiempos operativos del equipo, la tipificación de los modos de falla y el ajuste de los datos a distribuciones estadísticas. Para demostrar la operacionalización del modelo, los parámetros que se utilizaron en la modelación fueron el tiempo de reabastecimiento de los repuestos, el costo de almacenamiento, y la distribución estadística de los tipos de modos de falla. La metodología implementada corresponde a modelo de simulación basado en RCM y su evolución RCS. Los resultados del modelo asocian la cantidad a mantener en inventario de un repuesto con el costo de cada una. Dicho costo se expresa como el producto de la probabilidad de tener o no el repuesto disponible con la consecuencia económica para la compañía.

---

[27] Zoila Morales, Efrén Vásquez, Yailé Caballero, *"Optimización del stock de piezas de repuesto para equipos médicos"* (Cuba: La Habana, 2015), edición en PDF.

[28] Aníbal Gómez*, "Modelo para determinar políticas de inventario basado en los conceptos de riesgo y confiabilidad de equipos"* (Colombia: Barranquilla, 2008), edición PDF.

Estudio 4: *"MRP para reducir costos de inventario en materia prima"* la investigación realizada por Campos (2015)[29], que tuvo como objetivo general La Propuesta de Implementación de un Sistema MRP para reducir los costos de inventario de materia prima en la producción de alimento balanceado para pollos en molino El Cortijo S.A.C. Con este propósito se siguieron pasos definidos entre los cuales se hallaban el analizar el estado actual de la gestión de inventarios en la organización, determinar el nivel de ventas y el cumplimiento de la producción, examinar los niveles de inventario actuales y determinar los costos de inventario relacionados con la producción de alimento balanceado para pollos. Luego era propuesta la metodología de planificación de materiales MRP, con el fin de aprovechar la oportunidad de mejora, la cual se relaciona a la reducción de los costos de inventario. Los resultados que se lograron fueron, reducir el costo de mantener inventarios de (Ahorro estimado de 23,67%). Se redujo asimismo el costo total de inventario, generándose un ahorro total de 31.26%. Este ahorro involucra el costo de ordenar los pedidos de aprovisionamiento y el costo anual de mantener inventario por materia prima y producto terminado.

[29] Samuel Campos, *"Propuesta de implementación de un sistema MRP para reducir los costos de inventario de materia prima en la producción de alimentos balanceados para pollos en Molino El Cortijo S.A.C."* (Perú: Trujillo, 2015), edición en PDF.

1.8.2 Metodologías aplicadas

Se identifican y describen metodologías que podrían ser utilizadas en el desarrollo del trabajo de titulación, para luego comparar según características por medio de ponderaciones para finalmente seleccionar la metodología adecuada para solucionar el problema detectado.

1.8.2.1 Clasificación Multicriterio ABC

El enfoque tradicional de la clasificación ABC consiste en organizar todos los ítems de manera descendente según el criterio de consumo o utilización anual (para materias primas o repuestos) o de demanda o ventas anuales (para productos terminados), ambas medidas en pesos al año. De esta manera se espera que una cantidad reducida de ítems que se encuentran en la parte superior de la clasificación serán parte del grupo A, y requerirán la mayor atención por parte de la gerencia; la mayor cantidad de ítems que se encuentran en la parte inferior de la clasificación son asignados al grupo C y requerirán una mínima atención de la gerencia y la cantidad restante de ítems hará parte del grupo B y requieren mediana atención[30]. Cuando el análisis ABC incluye dos o más criterios, en la literatura científica es denominado Clasificación Multicriterio del Inventario, para dos criterios se realiza por medio de una matriz cruzada tabular.

1.8.2.1.1 Beneficios de usar multicriterio ABC

- Ayuda a entender el comportamiento de los costos de la organización y permite hacer proyecciones de tipo financiero.
- Proporciona información sobre las causas que generan la actividad y el análisis de cómo se realizan las tareas.
- Permite una visión real de lo que sucede en la Empresa.
- Permite conocer medidas de tipo no financiero muy útiles para la toma de decisiones.

1.8.2.1.2 Desventajas

- La metodología se vuelve complicada y difícil de manejar, cuando tres o más criterios se incluyen en el análisis.
- Consume una parte importante de recursos en las fases de diseño e implementación.
- Dificultad al definir los factores que desencadenan la actividad.

---

[30] Carlos Castro, Mario Vélez, Jaime Castro, *"Clasificación ABC Multicriterio: Tipos de Criterios y Efectos en la Asignación de pesos"* (Colombia: Medellín, 2011), edición PDF, página 3.

1.8.2.2 Modelo Determinísticos de Inventario

El tema de gestión de inventarios es por excelencia uno de los temas más investigado por los académicos por su repercusión directa sobre los estados financieros de una empresa y por el gran interés de la industria por darle soluciones a una de las problemáticas que más impacta en las organizaciones[31]. Modelo Determinísticos, son aquellos cuya demanda es conocida con certeza. Para estos modelos, se supone que la demanda de un producto es constante y uniforme. Los modelos de inventarios, pueden abarcar dos clases de modelos determinísticos: estáticos y dinámicos. Los modelos estáticos tienen una demanda constante en función del tiempo. En los modelos dinámicos, la demanda cambia en función del tiempo.

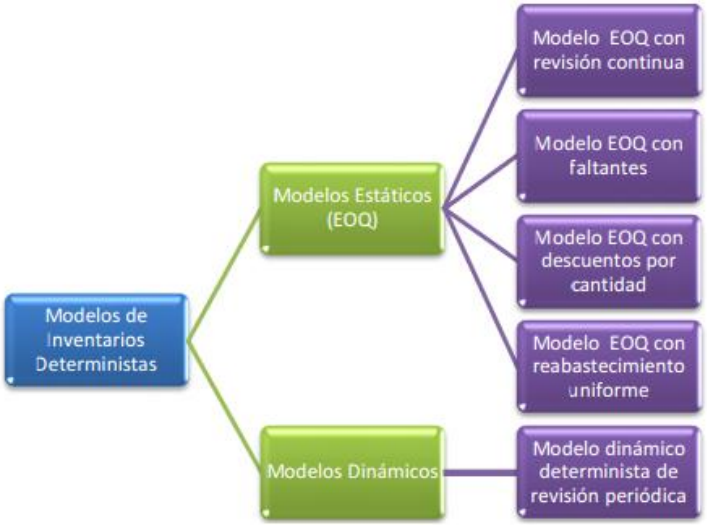

Figura 1.28: Modelos de inventarios determinísticos.

Ejemplo: Modelo de la Cantidad Económica de Pedido (EOQ)

Es un elemento de uso común de un sistema de revisión de inventario continuo. Se basa en una fórmula que calcula el número de artículos más económicos que una empresa debe pedir para minimizar los costos y maximizar el valor cuando renueva el inventario.

1.8.2.2.1 Beneficios de aplicar modelos deterministas de inventario.

- Minimizar el almacenamiento y los costos de mantenimiento, la principal ventaja son las recomendaciones hechas a la medida con respecto al número más económico de unidades por pedido.

[31] Katherin Sala, *"Diseño de una estrategia de gestión de inventarios colaborativo para escenarios de incertidumbre de una cadena de suministros multi-nivel: caso de aplicación sector madera y muebles de la región caribe de Colombia"* (Colombia: Cartagena de Indias, 2013), edición PDF.

1.8.2.2.2 Desventajas

- Complicados cálculos matemáticos.
- Se base en supuestos, supone demanda constante de un producto y disponibilidad inmediata de los elementos a ser re-abastecidos, además de no tener en cuenta las fluctuaciones estacionales económicas.

1.8.2.3 Repuestos Centrado en Confiabilidad (RCS)

Consiste en hacer una serie de preguntas, comenzando con los modos de la falla y los efectos de un faltante (indisponibilidad del repuesto) para establecer la política de stock adecuada para cada repuesto. La primera pregunta es expresada como parte de un análisis de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM). Las cuatro preguntas siguientes aseguran que los inventarios de repuestos y sistema satisfagan las necesidades de operaciones y mantenimiento.[32]

- ¿Cuáles son los requerimientos de mantenimiento del equipo?
- ¿Qué ocurre si no se dispone del repuesto?
- ¿Es posible predecir la necesidad del repuesto?
- ¿Qué inventario del repuesto es necesario?
- ¿Qué ocurre si los requerimientos de mantenimiento son necesarios para reducir el riesgo de que ocurra el faltante?

1.8.2.3.1 Beneficios de RCM

- El beneficio inmediato y más evidente de aplicar RCS a repuestos críticos es que los niveles de stock parten directamente de los requerimientos de mantenimiento y operaciones. Como el método está basado en el análisis de consecuencias, los requerimientos son alcanzados con la inversión óptima en repuestos, comúnmente ahorrando entre 30% y 60% del valor de inventario mientras se cumple con los requerimientos de producción, seguridad y medio ambiente.

1.8.2.3.2 Desventajas

- No puede ser llevado a cabo por cualquier técnico.
- Tiempo que se requiere para llevarlo a cabo.
- El coste, profesionales caros y escasos. Es necesario realizar una inversión inicial en tiempo versus recursos valiosos.

---

[32] Aníbal Gómez*, 2008.*

1.8.2.4 Planificación de Requerimiento de Materiales (MRP)

Es un procedimiento sistemático de planificación de componentes de fabricación, el cual traduce un Plan Maestro de Producción en necesidades reales de materiales, en fechas y cantidades. El MRP funciona como un sistema de información con el fin de gestionar los inventarios de demanda dependiente y programar de forma eficiente los pedidos de reabastecimiento. [33]

Clasifica como una técnica de planificación de la producción y de gestión de stock más utilizada en la actualidad; se fundamenta en un soporte matemático y se utiliza cuando el método de gestión del flujo de material, es programado y se parte de una demanda conocida.

1.8.2.4.1 Beneficios de usar MRP

- Se previenen y solucionan errores de aprovisionamiento de materias primas.
- El control de la producción y la gestión de stocks.
- Ayuda a la planificación de la producción, caracterizándose por su anticipación y tratando de establecer a futuro lo que se quiere hacer y con qué materiales se dispone o se necesitan para la fabricación de un producto.
- Reducción de inventario.
- Mejor respuesta a las demandas de los clientes.
- Reducción del tiempo de inactividad.
- Capacidad de fijar precios de una forma más competente.

1.8.2.4.2 Desventajas

- No es un sistema autónomo por lo cual depende en gran manera de la correcta organización de la empresa y sobre todo de su gerencia.
- El sistema MRP asume que cada línea tienen capacidad infinita, y esto genera problemas cuando los niveles de producción están o no en el límite o por encima de la capacidad disponible.

---

[33] Ingeniera industrial Online, https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/producci%C3%B3n/planeaci%C3%B3n-de-requerimientos-de-materiales-mrp/

1.8.2.5 Jerarquización de las metodologías

Se analizaran las distintas metodologías propuestas, permitiendo obtener mediante una encuesta al ingeniero de materiales cual sería la que mejor se adapta al problema considerando los elementos que debe contener una estrategia de requerimiento de materiales.

	DIMENSIONES DE UNA ESTRATEGIA DE REQUERIMIENTO DE MATERIALES						
METODOLOGÍA	Plan Maestro de producción	Análisis modos de falla	Estimación de demanda	Lead Time	Control de Inventarios	Cumplimiento producción y proceso de compras	N° de Dimendiones
Clasificación Multicriterio ABC			x	x	x	x	4
Modelo Determinístico de Inventario			x	x	x		3
Repuestos Centrado en Confiabilidad (RCS)		x	x	x	x	x	5
Planificación de Requerimiento de Materiales (MRP)	x	x	x	x	x	x	6

Figura 1.29: Elección de Dimensiones para Estrategia de Requerimiento de Materiales.

Fuente: Elaboración Propia.

Como se aprecia en la Figura 1.24, correspondiente a la elección según dimensiones, las cuales fueron seleccionadas en vista del problema detectado en el rubro revestimiento y piezas fundidas de Codelco División Andina, se indica que la metodología que cumple con la mayor participación respecto a las dimensiones, corresponde a planeación de requerimiento de materiales (MRP), la cual deberá responder al problema, sus causas y sus consecuencias.

Además de atacar los conceptos principales del problema, siendo un método de planificación requerimiento de materiales, maneja la información adecuada para conocer la forma de utilizar los recursos, evitando el exceso de inventario y/o disminuciones de producción por motivos relacionados a la estimación del material. Por medio de esta metodología será posible:

- Disminuir la cobertura (inventario disponible/consumo promedio en el mismo período) actual, a través de la planificación, utilizando órdenes de compra y de producción interna.
- Reducir las horas de detención de equipos en vista de la reprogramación del plan maestro de producción.
- Controlar y coordinar los materiales para que se encuentren en la cantidad y tiempo preciso sin necesidad de tener un exceso de inventario, por medio de reportes administrativos y actualización del inventario.

1.9 Objetivos

"Proponer una estrategia de requerimiento de materiales para revestimientos y piezas fundidas de chancadores y molinos, utilizando la metodología MRP en el período 2017 para la empresa Codelco División Andina".

Específicos

1. Identificar causas y consecuencias del problema, que permitan jerarquizar por orden de importancia para determinar los pasos a seguir.

2. Calcular los parámetros asociados a la planificación y compra de revestimientos y piezas fundidas para determinar el tipo de distribución estadística que se ajuste a los modos de falla que han presentado los equipos.

3. Desarrollar un modelo de planificación de requerimientos que permita definir las políticas de inventario adecuadas para los revestimientos.

4. Comparar la situación A "costo de mantener N unidades del repuestos en inventario" versus situación B "costo de detener el equipo por ausencia o retraso en la entrega del material".

1.10 Limitaciones del estudio

El estudio abarca los procesos de Planificación y Compras, ya que según los análisis previos se consideran como el origen de los problemas que aquejan a la cadena completa. Los procesos fuera del estudio, presentan menos impacto dentro del abastecimiento de forma global, tal es el caso de la entrega del proveedor que si bien influye en el Lead Time no es un factor que sea controlable totalmente por Codelco, ya que se realiza por medio de empresas externas. Situación similar ocurre con logística, depende de los acuerdos estipulados con cada proveedor o de la Incoterms[34] acordada y finalmente el almacenamiento que corresponde a la gestión que se realiza en bodega, si bien es controlada por personal de la Empresa en estudio, una empresa externa es quien se encarga del funcionamiento. Las deficiencias encontradas en el análisis de la situación actual comprueban dichas limitaciones, puesto que el 80% de los problemas se generan por la Planificación o Requerimientos y por las Compras.

Cabe mencionar que le método se aplicará en todas sus dimensiones siendo adaptado al problema, específicamente en el dato de entrada BOM o lista de materiales en el cual no se hará desglose de toda la estructura del producto ya que en este caso se trabaja con un rubro de materiales (revestimientos) que son considerado como componente o repuesto del equipo completo.

1.11 Resultado esperados

Reducir y/o eliminar tiempos de maquinarias paralizadas por concepto de repuestos, asociado al tiempo de entrega de proveedores, reducir el inventario disponible manteniendo cifras cercanas al consumo de la empresa y determinar los beneficios (económicos y técnicos) de llevar a cabo la propuesta.

El método se hace cargo del problema, estableciendo una estrategia de requerimiento de materiales que se adapta a las necesidades de la empresa, es decir, a la demanda requerida para cumplir los planes de producción y al cumplimiento en tiempos de entrega, las causas son resueltas mediante la reducción de errores en planificación, control del estado de los materiales (stock, rotación, etc.) y asesoramiento al usuario para solicitar de forma detallada el requerimiento, sustentando la necesidad de forma técnica. A su vez actúa sobre los efectos del problema, manejando de forma adecuada los recursos, disminuyendo el inventario y las posibles pérdidas de producción por ausencia y/o retraso de materiales para las mantenciones.

[34] Incoterms: términos que reflejan las normas de aceptación voluntaria del comprador y vendedor, acerca de las condiciones de entrega de las mercancías y/o productos.

2 CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

Como se mencionó en el Capítulo 1, la metodología que aplica a causas, problema y consecuencias detectadas en vista de las necesidades de la Empresa, es la Planificación de Requerimiento de Materiales (MRP).

2.1 Planificación de Requerimiento de Materiales (MRP)

Es un sistema de planificación de la producción y de gestión de stocks que responde a las preguntas: ¿Qué? ¿Cuánto? y ¿Cuándo?, se debe fabricar y/o aprovisionar. El objetivo del MRP es brindar un enfoque más efectivo, sensible y disciplinado a terminar los requerimientos de materiales de la empresa [A. Cárdenas, 1993].[35]

El MRP se creó en 1954 pero no se aplicó hasta 21 años más tarde, en 1975 cuando Joseph Orliky público su libro, debido a la falta de capacidad computacional de los ordenadores de la época. El sistema MRP necesita elevada información, tanto del proceso de producción como de la demanda de los productos.

	Técnicas Clásicas	**M.R.P**
Tipo de demanda	Independiente (aleatoria).	Dependencia (predeterminada).
Determinación de la demanda.	Previsión estadística en base a la demanda histórica.	Explosión de las necesidades en base al Plan Maestro de Producción.
Tipo de artículos	Finales y piezas de repuesto.	Partes y componentes.
Base de los pedidos	Reposición.	Necesidades.
Stocks de seguridad	Necesario para paliar la aleatoriedad de la demanda.	Tiende a desaparecer salvo en los productos finales.
Objetivos directos	Satisfacción del cliente.	Satisfacción de las necesidades de producción.

Figura 2.1: Forma de atacar diversos conceptos.

Fuente: Administración con el Método Japonés.

[35] Agustín Cárdenas, "*Administración con el Método Japonés*", (CECSA, 1993).

2.2 Funcionamiento

Consiste esencialmente en un cálculo de necesidades netas de los artículos introduciendo un nuevo factor, no considerado en métodos tradicionales de gestión de stocks, que es el plazo de fabricación o compra de cada uno de los artículos, lo que en definitiva conduce a modular a lo largo del tiempo las necesidades, ya que indica la oportunidad de fabricar (o aprovisionar) los componentes con la debida planificación respecto a su utilización en la fase siguiente de fabricación o producción.[36]

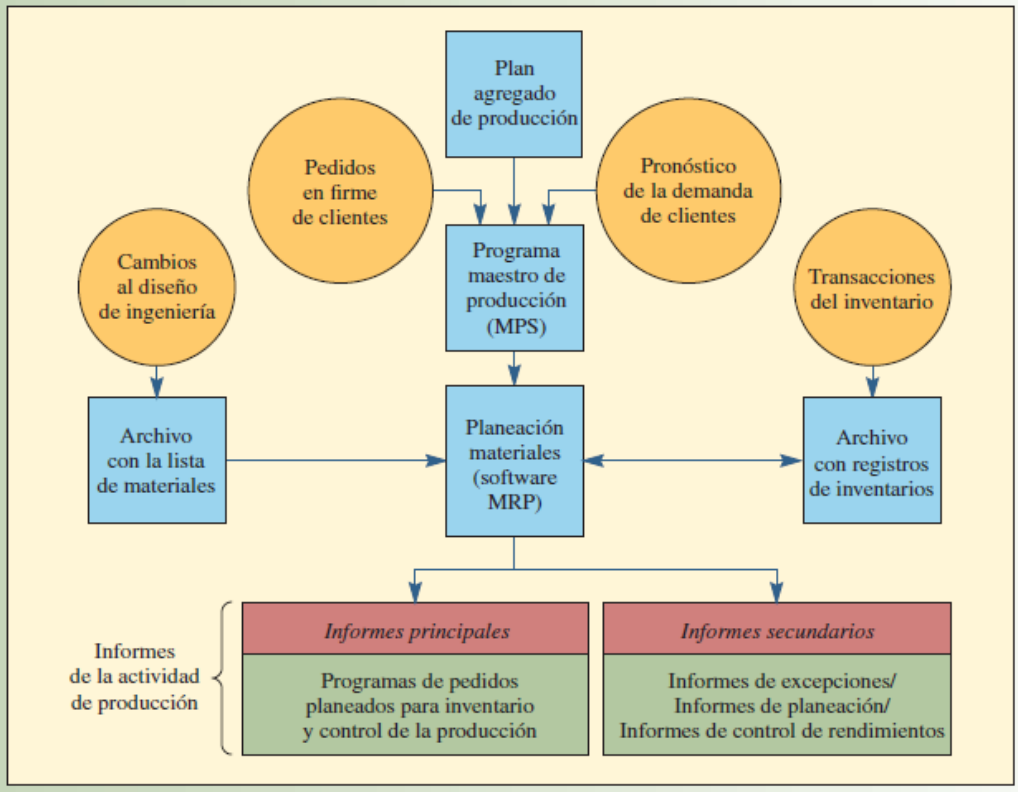

Figura 2.2: Elementos que componen un programa general de MRP.

Fuente: Chase, Administración de Operaciones.

[36] Ana Flores, *"Sistemas MRP Materials Requirement Planning (Planeación de recursos de materiales)"*, 2008)

2.3 Datos de entrada

El sistema MRP comprende la información obtenida de al menos tres fuentes o ficheros de información principales que a su vez suelen ser generados por otros subsistemas específicos, pudiendo concebirse como un proceso cuyas entradas son:

- El MPS (Plan Maestro de Producción), el cual contiene las cantidades y fechas en que han de estar disponibles los productos de la planta que están sometidos a demanda externa (productos finales fundamentalmente y, posiblemente, piezas de repuesto).

- El estado del inventario, que recoge las cantidades de cada una de las referencias de la planta que están disponibles o en curso de fabricación. En este último caso ha de conocerse la fecha de recepción de las mismas.

- La lista de materiales (BOM) que representa la estructura de fabricación en la empresa. En concreto, ha de conocerse el árbol de fabricación de cada una de las referencias que aparecen en el Plan Maestro de Producción.

2.3.1 Plan Maestro de Producción (PMP)

Es un plan maestro detallado de producción, que indica en base a los pedidos de los clientes y los pronósticos de demanda, qué productos finales hay que fabricar y en qué plazos debe tenerse terminados. Contiene cantidades y fechas que han de estar disponibles los productos de la planta que están sometidos a demanda externa (productos finales fundamentalmente y, posiblemente, piezas de repuesto). Las necesidades estimadas en el PMP se comparan con las existencias de dichos elementos en stock, derivándose las necesidades netas de cada uno de ellos.

Cálculo del PMP

1. Determinar la cantidad a producir por semana.
2. Determinar el límite de tiempo.
3. Cuantificar los pedidos.
4. Determinar el PMP, el cual debe cubrir los pedidos dejando un inventario de seguridad.
5. Determinar el Inventario Final.
   - Inventario Final 1° período: PMP-Pedidos
   - Inventario Final 2° período en adelante: Inventario Inicial + PMP – Pedidos
6. Calcular el Total
   - 1° período: PMP- Pedidos- Inv. Seguridad
   - 2° período en adelante: Inv. Inicial + PMP- Pedidos – Inv. Seguridad

2.3.2 Estado del inventario[37]

El archivo de registros de inventarios puede ser muy grande. En la figura 2.3 se muestra la variedad de la información contenida en esos registros. El programa MRP abre el segmento de estado del registro de acuerdo con periodos específicos (llamados racimos de tiempos en la jerga de MRP). Estos registros se consultan según se necesite durante la ejecución del programa.

Como se verá, el programa MRP realiza su análisis de la estructura del producto en forma descendente y calcula las necesidades nivel por nivel. Sin embargo, hay ocasiones en que es deseable identificar la pieza antecesora que generó la necesidad material. El programa MRP permite la creación de registros indexados, ya independientes, y como parte del archivo de registros de inventarios. Indexar las necesidades permite rastrearlas en la estructura de productos por cada nivel ascendente e identificar las piezas antecesoras que generaron la demanda.

Archivo de transacciones del inventario El archivo de estado del inventario se mantiene actualizado asentando las transacciones del inventario conforme ocurren. Estos cambios se deben a entradas y salidas de existencias, pérdidas por desperdicio, piezas equivocadas, pedidos cancelados, etcétera.

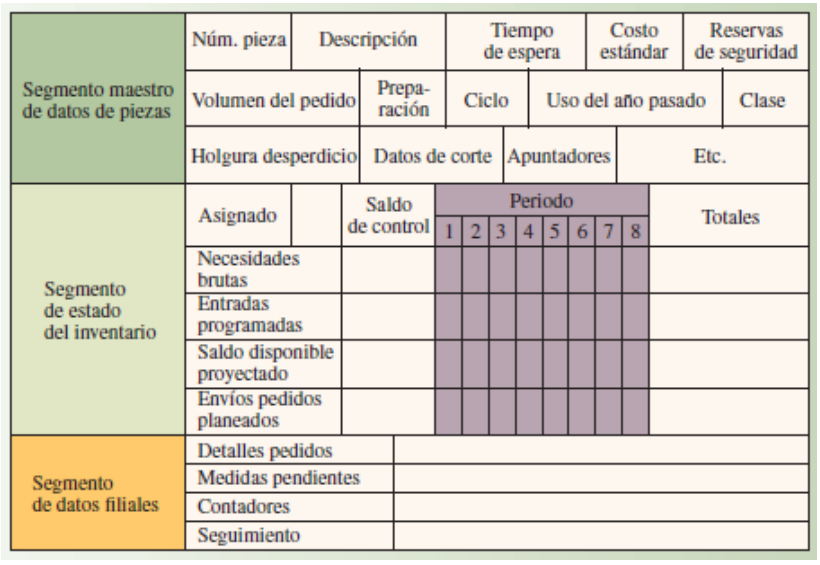

Figura 2.3: Registro del estado de una pieza inventariada.

Fuente: Chase, Administración de Operaciones.

[37] Chase, Jacobs, Aquilano, *"Administración de Operaciones: Producción y Cadena de Suministros"*, (México, 2006), página 596.

2.3.3 Lista de materiales (BOM, Bill of Materials)

El archivo con la lista de materiales (BOM) contiene la descripción completa de los productos y anota materiales, piezas y componentes, además de la secuencia en que se elaboran los productos. Esta BOM es uno de los principales elementos del programa MRP (los otros dos son el programa maestro y el archivo con los registros de inventarios).

El archivo con la BOM se llama también *archivo de estructura del producto* o *árbol del producto*, porque muestra cómo se arma un producto. Contiene la información para identificar cada artículo y la cantidad usada por unidad de la pieza de la que es parte. Para ilustrarlo, tómese el producto A mostrado en la figura 2.4. El producto A se hace de dos unidades de la pieza B y tres unidades de la pieza C. La pieza B se hace de una unidad de la pieza D y cuatro unidades de la pieza E. La pieza C se hace de dos unidades de la pieza F, cinco unidades de la pieza G y cuatro unidades de la pieza H.

Muchas veces, en la lista de materiales se anotan las piezas con una estructura escalonada. Así se identifica claramente cada pieza y la manera en que se arma, porque cada escalón representa los componentes de la pieza.

Una lista de materiales modular se refiere a piezas que pueden producirse y almacenarse como partes de un ensamble. También es una pieza estándar de un módulo, sin opciones. Muchas piezas finales que son grandes y caras se programan y se controlan mejor como módulos o subensambles. Es particularmente ventajoso programar módulos de subensambles idénticos que aparecen en varias piezas distintas. Por ejemplo, un fabricante de grúas puede combinar plumas, transmisiones y motores de diversas maneras para satisfacer las necesidades de los clientes. Usar una lista de materiales modular simplifica la programación y el control y también facilita el pronóstico del uso de distintos módulos. Otro beneficio de las listas modulares es que si la misma pieza se usa en varios productos, la inversión total en inventarios se minimiza.

Una superlista de materiales incluye piezas con opciones fraccionales (por ejemplo, una superlista especifica 0.3 de una pieza, lo que significa que 30% de las unidades producidas contienen esa pieza y 70% no). Las superlistas y las modulares se conocen también como listas de planeación de materiales, puesto que simplifican el proceso de planeación.

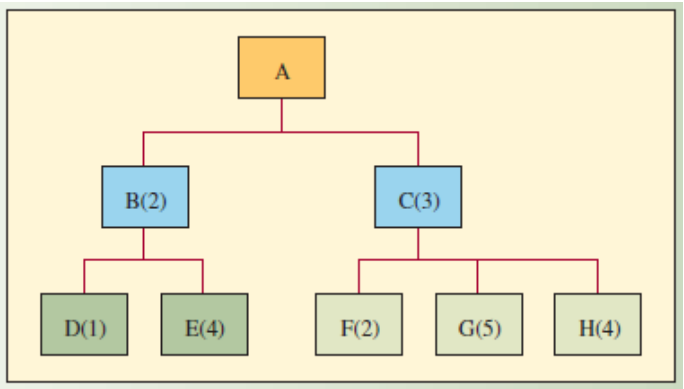

Figura 2.4: Lista de Materiales (árbol estructural del producto) del producto A.

Fuente: Chase, Administración de Operaciones.

2.4 Datos de salida

A partir de los datos de entrada la explosión de las necesidades proporciona como resultado la siguiente información:

- El plan de producción de cada uno de los ítems que han de ser fabricados, especificando cantidades y fechas en que han de ser lanzadas las órdenes de fabricación. Para calcular las cargas de trabajo de cada una de las secciones de la planta y posteriormente para establecer el programa detallado de fabricación.

- El plan de aprovisionamiento, detallando las fechas y tamaños de los pedidos a proveedores para todas aquellas referencias que son adquiridas en el exterior.

- El informe de excepciones, que permite conocer qué órdenes de fabricación van retrasadas y cuáles son sus posibles repercusiones sobre el plan de producción y en última instancia sobre las fechas de entrega de los pedidos a los clientes. Se comprende la importancia de esta información con vistas a renegociar estas si es posible o, alternativamente, el lanzamiento de órdenes de fabricación urgentes, adquisición en el exterior, contratación de horas extraordinarias u otras medidas que el supervisor o responsable de producción considere oportunas.

2.5 Dónde se Aplica

MRP tiene más provecho en las industrias donde varios productos se hacen en lotes con el mismo equipo de producción. MRP aprovecha más a las compañías dedicadas a las operaciones de ensamble y menos a las de fabricación. Hay que tomar nota de otro punto: MRP no funciona bien en compañías que producen pocas unidades al año. Especialmente en las compañías que fabrican productos caros y complicados que requieren investigación y diseño avanzados, la experiencia ha demostrado que los márgenes de tiempo son muy tardados e inseguros y la configuración de los productos es demasiado compleja. Estas compañías requieren las características de control que ofrecen las técnicas de programación en red.[38]

2.6 Beneficios

Ventajas

- Mejora del servicio al cliente: permite reducir tiempos de entrega y facilita el cumplimiento de los plazos de entrega.
- Reducción de los niveles de inventario: cada componente se recibe en el momento en que va a necesitarse.
- Mejora de la eficiencia operativa.

2.7 Limitantes

- No toma en cuenta restricciones a la disponibilidad o capacidad de los recursos escasos: en consecuencia se asume que se puede implementar (al menos que se indique explícitamente lo contrario) cualquier lotificación que sea factible y que logre cubrir los requerimientos.

- El tiempo real que demora en completarse una orden de fabricación o de compra depende muchas veces más de la congestión del sistema que del ítem propiamente tal: efectivamente para el desarrollo del MRP se asume que el tiempo de reposición o lead time es conocido y no existe incertidumbre en su comportamiento lo que claramente corresponde a una simplificación del análisis.

- Lo sensible que resultan los lotes de fabricación o compra frente a pequeños cambios en las necesidades brutas o netas requeridas, especialmente ante la presencia de lotes mínimos: para visualizar esta dificultad es suficiente con sensibilizar las necesidades brutas del ejemplo anterior y verificar que aun frente a modificaciones que se podrían

[38] Chase, Jacobs, Aquilano, *"Administración de Operaciones: Producción y Cadena de Suministros"*, (México, 2006), página 592.

considerar marginales perfectamente puede afectar el tamaño de los lotes de compra o fabricación.

En consecuencia a lo anteriormente expuesto en relación a las dificultades asociadas al uso del MRP, el empleo de dicha herramienta de planificación obliga a su uso de manera iterativa, reprogramando y modificando las capacidades en el plan agregado y/o el plan maestro una y otra vez hasta respetar los límites disponibles de capacidad del plan detallado a que da origen en MRP.[39]

2.8 Diagrama de flujo del método

Diagrama que muestra la secuencia de pasos que son requeridos para llevar a cabo la aplicación de la metodología, adaptada al problema en estudio, el que esta orientado a revestimientos y piezas fundidas.

En terminos simples, primeramente es necesario recopilar los datos de entrada correspondientes a: estado del inventario, lista de materiales y programa maestro de producción, luego al tener todos los datos necesarios se procede a aplicar MRP que consiste en calcular las necesidades en vista de ¿cuánto? y ¿cuándo? se requieren, dicho paso se realiza con una planilla excel en la que se considera; demanda, stock disponible y tiempo entrega proveedor, y en vista de lo anterior se determina si es necesario comprar, y en que período se debe realizar para cumplir con la necesidad del cliente en el tiempo previsto. Los calculos estipularan una serie de ordenes de compra que indicaran los plazos a seguir para abastecer al usuario, permitiendo también llevar un control del inventario, además de brindar reportes sobre planeación de necesidades, expeciones por diversos motivos, u otros.

La figura 2.5 corresponde al diagrama de flujo del método MRP, en el cual se indica el paso a paso de su funcionamiento, pasos que fueron adaptados al problema en estudio, específicamente en el BOM o lista de materiales que presenta desglose de un nivel en la estructura del producto ya que en este caso se trabaja con un rubro de materiales (revestimientos) que son considerado como componente o repuesto del equipo.

---

[39] Gestión de Operaciones, Plan de Requerimientos de Materiales (MRP), 2015. http://www.gestiondeoperaciones.net/plan-de-requerimientos-de-materiales/limitaciones-y-dificultades-de-la-planificacion-de-requerimientos-de-materiales-mrp/

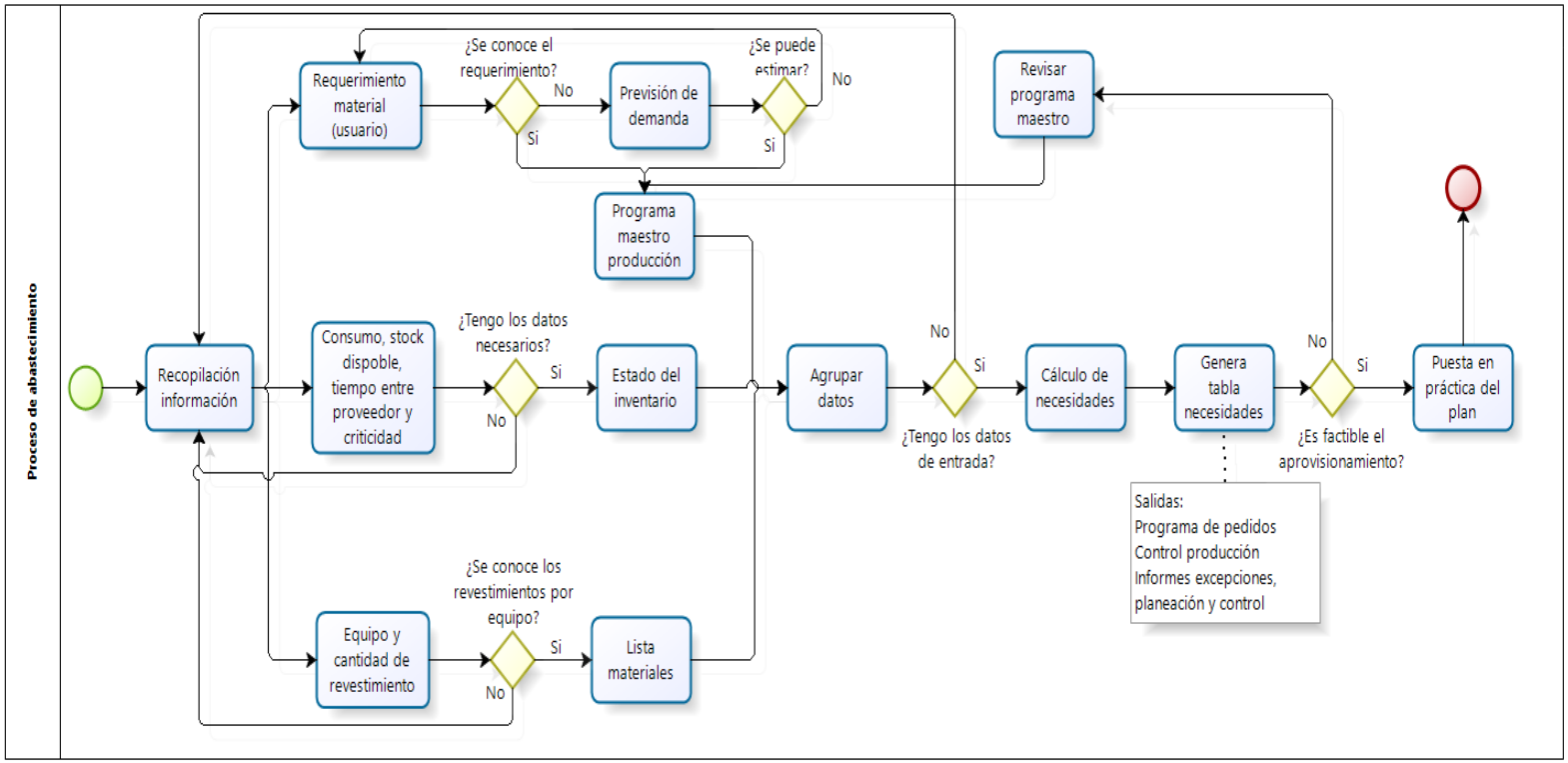

Figura 2.5: Diagrama flujo MRP adaptado a estudio.

Fuente: Elaboración propia.

2.9 Flujo de aplicación MRP

1. Recopilar datos de entrada

    1.1. Lista de materiales: esta entrada indica la estructura del producto, es decir, muestra cómo se arma el producto, permitiendo identificar cada componente y la cantidad que se usa por unidad de la pieza. Para el caso, no se requiere dicho nivel de desglose puesto que se analiza un rubro de materiales correspondiente a cada equipo (chancadores y molinos), es decir, esta información se obtiene mediante el sistema ERP SAP, lo que permite identificar cuales revestimientos corresponden a un equipo determinado.

    1.2. Estado inventario: se debe obtener datos, tales como, código de material, descripción material, criticidad en la operación, consumo en últimos 12 meses, proveedor, tiempo de entrega estimado y lead time real, posteriormente esta información es visualizada en una planilla donde se indica la rotación de cada revestimiento, y el monto de inventario que se mantiene durante el período de estudio.

    1.3. Programa maestro producción: esta información determina la demanda necesaria de cada material para el año 2017, se contacta al área usuaria, es decir, a los mantenedores de estos equipos quienes deben indicar el programa maestro de producción, datos que entregan en forma resumida indicando la cantidad y fecha de la necesidad, para cada mes del año en cuestión. En casos en que el usuario no entregue esta información, se debe hacer estimación de demanda aunque en poco probable debido al comportamiento de consumo, en vista que si no es posible determinar la demanda de esta forma, la opción es solicitar nuevamente al mantenedor que la indique, si esto no se realiza, se asume que la demanda para el período será 0.

2. Agrupar datos

Se debe agrupar los datos en forma ordenada a modo de conocer claramente: ¿dónde se ocupa el material?, ¿cuál es el comportamiento?, ¿qué monto representa en el inventario? y los tiempos de entrega tanto el estimado como el real.

Se procede a la pregunta ¿se tienen los datos necesarios para aplicar MRP?, si la respuesta es afirmativa, se procede al cálculo de necesidades, si la respuesta es negativa, es necesario volver a recopilar información del paso 1.

3. Calculo de necesidades

Se tiene una estructura tipo, utilizada en base a la teoría del método, la que mediante la necesidad bruta (cantidad y plazo), el inventario disponible y el tiempo de entrega estimado del proveedor, permite obtener la necesidad neta de cada período y la fecha en que se debe realizar el pedido para cumplir con la necesidad del usuario, indicando también si queda stock disponible o no, luego del período de planificación.

4. Generación de reportes, el cálculo de necesidades genera los siguientes datos de salida:

   4.1. Un plan de aprovisionamiento, detallando las fechas y tamaños de los pedidos a proveedores

   4.2. Segundo un control del inventario, mostrando el monto que se mantiene en stock al momento del análisis, las variaciones que este presentará durante los meses planificados y las medidas que se pueden aplicar sobre esta gestión

   4.3. Informes de excepciones, que permite conocer qué órdenes de producción que van retrasadas, efectos que tienen en el plan de producción, fechas de entrega o cumplimiento de los proveedores, etc.

5. Si es factible aprovisionar las necesidades previstas por medio de MRP, se procede a poner en práctica el plan, si no es factible aprovisionar, entonces es necesario revisar el programa maestro de producción, para corregir las demandas y/o aumentar la capacidad de aprovisionamiento.

3 CAPÍTULO III: APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

Este apartado consiste en aplicar el paso a paso del método seleccionado para luego llegar a los resultados o información para la toma de decisiones.

3.1 Recopilar datos de entrada

Actividad que consiste en recopilar la información que alimenta al MRP, para luego poder procesar los datos, a modo de convertirlo en conocimiento útil. Se obtendrá mediante los siguientes recursos.

3.1.1 Lista de materiales:

Se extrae desde el ERP SAP, la información referente al equipo, en la que a su vez se identifica la cantidad de material a utilizar en cada uno, en la figura 3.1 se puede observar que este grupo de materiales es utilizo por unidad (debido a que cada repuesto tiene su código especifico, se diferencian por el n° de parte determinado por el proveedor, ejemplo: manto inferior PLNR uno es al lado derecho del equipo y el otro al izquierdo).

PROCESO	LÍNEA	EQUIPO	Código	Descripción Texto Breve
Chancado	Don Luis	Chancador Don Luis Fuller 54"x74" 600 HP	1197833	MANTO SUPERIOR FULLER 720448502901
Chancado	Don Luis	Chancador Don Luis Fuller 54"x74" 600 HP	1231338	ELEM.DESGASTE 1era.CORRIDA PLNTR052530A
Chancado	Don Luis	Chancador Don Luis Fuller 54"x74" 600 HP	1231340	ELEM.DESGASTE 3era.CORRIDA PLNTR052827
Chancado	Don Luis	Chancador Don Luis Fuller 54"x74" 600 HP	1309576	CONCAVA 2DA CORRIDA, PL TR033066
Chancado	Don Luis	Chancador Don Luis Fuller 54"x74" 600 HP	1309595	MANTO INFERIOR PLNRF2614
Chancado	Don Luis	Chancador Don Luis Fuller 54"x74" 600 HP	1311468	MANTO INFERIOR PLNRF2612
Chancado	Don Luis	Chancador Don Luis Fuller 54"x74" 600 HP	1311469	MANTO INFERIOR OVERSIDE PLNRF2632
Chancado	Don Luis	Chancador Don Luis Fuller 54"x74" 600 HP	1349622	MANTO INFERIOR SUPER SOBRE MEDIDA81.25".
Chancado	Don Luis	Chancador Don Luis Fuller 54"x74" 600 HP	1370766	CONCAVA ROW 1 PLNBK55071A-1 (12 UN)
Chancado	Don Luis	Chancador Don Luis Fuller 54"x74" 600 HP	1370767	CONCAVA ROW 2 PLNBK55072A-2 (16 UN)
Chancado	Don Luis	Chancador Don Luis Fuller 54"x74" 600 HP	1370768	MANTO OVERSIZE PLNBK55143A
Chancado	Don Luis	Chancador Don Luis Fuller 54"x74" 600 HP	1370769	MANTO PLNBK55069A

Figura 3.1: Datos para visualizar el BOM de materiales.

Fuente: Elaboración propia.

Los datos antes reflejados, permiten armar de forma visual el listado de materiales completos. Para el caso en estudio en el que se considera el rubro revestimientos, el BOM es realizado en base al proceso, es decir, chancado, molienda y como caso puntual flotación, luego es desglosado por línea de producción (don Luis, convencional, sag y remolienda) y finalmente el listado de materiales que compone cada equipo.

Chancado							
Don Luis			***Convencional***				
Chancador Don Luis Fuller 54"x74" 600 HP	HP800	MP1000	Chancador Allis Chalmer 48x60	Chancador Fuller-Traylor 42x48	CHANCADOR METSO C-160	Chancador Symons 7"	HP800
1197833	1275902	1325210	1197810	1197812	1305708	1197815	1216963
1231338	1275903	1325222	1197811	1197813	1305709	1197816	1216964
1231340		1325224		1197814	1372226	1197817	1434022
1309576		1325225			1372227	1199107	1434023
1309595		1362793				1199108	
1311468		1362794				1370818	
1311469		1384001				1370819	
1349622		1384002					
1370766		1424838					
1370767							
1370768							
1370769							

Flotación	Molienda						
Remolienda	***Convencional***			***SAG***			
Molino Remolienda Vertimill	Molino barra 1000 HP D:11,5' L:16' (1,2 Y 3)	Molino Unitario 3400 HP	Molinos de Bolas Marcy n° 1 al 10	Chancador de Pebbles 1 y 2	Molino Bolas 1 y 2 Molienda SAG	Molino SAG 16.000 HP	Molino Unitario ABB D:25' L:37,5' 17500 HP (MUN2)
1238891	1198862	1018232	1018269	1199107	1199105	1021110	1318392
1238892	1198863	1168261	1018270	1199108	1232781	1021152	1318394
	1198864	1198883	1018385	1370818	1264757	1198966	1384121
	1198865	1198884	1018397	1370819	1264759	1198969	1411857
	1198866	1198885	1018404		1264760	1199101	1426844
	1198867	1253920	1018410		1282946	1199102	1440689
	1198868	1291798	1018438		1370784	1199109	1440690
		1298932	1171074		1385709	1266733	
			1171075			1273163	
			1171076			1426646	
			1193167			1427917	
			1413379			1427918	
			1413380			1443787	
			1413381				
			1413382				

Figura 3.2: BOM de revestimientos por equipo.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.2 Estado inventario:

Estos datos son extraídos desde Analyzer BW, una extensión de SAP. Se desprende de este listado que el inventario total disponible es de USD 4.771.033 para revestimientos.

Número de Material	Descripción material	UM base	Mat. Crítico	Caract. planif. nec.	Precio del Material (USD)	Stock propio físico	Valor del stock USD	Plazo entrega prev. (días)	Fecha último Consumo
1021110	CORAZA DEFLECTORA D03421200 PLNTR05915	UN	No	PD	3.440	12	41.276	150	24-03-2010
1021152	CONJUNTO DESCARGA SAG D05801499	UN	No	PD	9.578	0	0	112	14-03-2017
1198966	CORAZA INTERMEDIA PLNPC053461	UN	No	LL	4.089	0	0	90	03-05-2017
1198969	CORAZA TAPA ALIM D03421300 PLNTR805916	UN	Sí	LL	2.009	5	10.044	90	03-05-2017
1199101	ALZADOR ALIMENTACION PLNCO245254R2	UN	No	PD	3.807	35	133.238	90	31-03-2017
1199102	ALZADOR DESCARGA PLNCO245255R3	UN	No	PD	3.867	36	139.224	90	06-04-2017
1199109	REVESTIMIENTO PLNTR805920	UN	Sí	LL	554	72	39.877	50	31-03-2017
1266733	REVESTIMIENTO FUSIONADO PLNCRM1000	UN	Sí	LL	7.214	37	266.932	90	14-03-2017
1273163	PARRILLA DOBLE PLNPC053049	UN	No	LL	8.598	0	0	110	04-05-2017
1426646	DESCARGADOR UNIFICADO METSO ZX11185397	CJ	No	PD	208.478	0	0	65	03-05-2017
1427917	PLACA POLYMET METSO ZX11360900	UN	No	LL	3.672	0	0	65	15-04-2017
1427918	PLACA POLYMET METSO ZX11361046	UN	No	LL	3.672	0	0	65	15-04-2017
1443787	PARRILLA METSO WB12212791808157502A3	UN	No	PD	8.610	7	60.270	50	06-05-2017
1197833	MANTO SUPERIOR FULLER 720448502901	UN	No	LL	9.067	0	0	90	01-03-2016
1231338	ELEM.DESGASTE 1era.CORRIDA PLNTR052530A	JG	No	LL	22.012	0	0	60	05-07-2017
1231340	ELEM.DESGASTE 3era.CORRIDA PLNTR052827	JG	No	LL	30.376	0	0	60	05-07-2017
1309576	CONCAVA 2DA CORRIDA, PL TR033066	JG	No	LL	39.815	1	25.083	30	03-05-2017
1309595	MANTO INFERIOR PLNRF2614	CJ	No	LL	36.201	0	0	60	09-10-2014
1311468	MANTO INFERIOR PLNRF2612	UN	No	LL	27.078	0	0	120	06-12-2016
1311469	MANTO INFERIOR OVERSIDE PLNRF2632	UN	No	LL	21.169	0	0	120	21-06-2017

Figura 3.3: Datos para estado inventario.

Fuente: Reporte BW SAP.

Es posible conocer el consumo mes a mes, por un período estimado por lo que se debe acceder a SAP, módulo MM, transacción MC.1 en la que se ingresan los materiales requeridos y el período de análisis. En la figura 3.5 se ve el reporte que entrega esta transacción.

Figura 3.4: Información de consumo de materiales.

Fuente: Reporte SAP.

Serie cronológica

Centro AN01

Ratio Consumo total

Material	01.2016		02.2016		03.2016		04.2016	
Total	9,000	***	179,000	***	91,000	***	35,000	***
1021110	0	UN	0	UN	0	UN	0	UN
1021152	0	UN	9	UN	0	UN	0	UN
1197833	0	UN	0	UN	2	UN	0	UN
1198966	0	UN	0	UN	18	UN	0	UN
1198969	8	UN	0	UN	18	UN	0	UN
1199101	0	UN	36	UN	0	UN	0	UN
1199102	0	UN	32	UN	0	UN	2	UN
1199109	0	UN	36	UN	36	UN	0	UN
1231338	0	JG	0	JG	0	JG	0	JG
1231340	0	JG	0	JG	0	JG	0	JG
1266733	0	UN	0	UN	0	UN	33	UN
1273163	1	UN	0	UN	17	UN	0	UN
1309576	0	JG	0	JG	0	JG	0	JG
1309595	0	CJ	0	CJ	0	CJ	0	CJ
1311468	0	UN	0	UN	0	UN	0	UN
1311469	0	UN	2	UN	0	UN	0	UN
1426646	0	CJ	0	CJ	0	CJ	0	CJ
1427917	0	UN	32	UN	0	UN	0	UN
1427918	0	UN	32	UN	0	UN	0	UN
1443787	0	UN	0	UN	0	UN	0	UN

Figura 3.5: Información de consumo de materiales.

Fuente: Reporte SAP.

3.1.3 Programa maestro producción:

Esta información es proporcionada por los usuarios y/o clientes, es decir, los mantenedores de los equipos. Dichos datos son entregados como se observa en la figura 3.6, los que fueron declarados por el área usuaria quien indica el período y la cantidad del requerimiento, permitiendo al área de abastecimiento poder gestionar la compra y entrega del suministro.

Existen ocasiones en que esta información no es entregada, por lo que es necesario estimar la demanda, en general se hace mediante el comportamiento histórico que presenta el material, sin embargo en ocasiones no presenta tendencia ni estacionalidad clara, en ese caso, se debe exigir al usuario declararlo, si no se realiza dicha acción el sistema asume que no habrá demanda del revestimiento.

Código	Descripción Texto Breve	UMB	DEMANDA ESTIMADA											
			ene-17	feb-17	mar-17	abr-17	may-17	jun-17	jul-17	ago-17	sep-17	oct-17	nov-17	dic-17
1253920	REVESTIMIENTO CIL METSO PLNCA94305R9	JG	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0
1266733	REVESTIMIENTO FUSIONADO PLNCRM1000	UN	0	0	0	36	0	0	0	0	0	36	0	0
1216963	REVESTIMIENTO (LINER) METSO #4831-4364	UN	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
1264760	LIFTER GOMA 210X180X1.131 PLNCRM8952	UN	0	0	0	160	0	0	0	0	0	0	0	0
1199102	ALZADOR DESCARGA PLNCO245255R3	UN	36	0	0	0	36	0	0	0	36	0	0	36
1199101	ALZADOR ALIMENTACION PLNCO245254R2	UN	36	0	0	0	36	0	0	0	36	0	0	36
1216964	MANTO METSO # 5014-3852	UN	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0
1370768	MANTO OVERSIZE PLNBK55143A	UN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1282946	REVESTIMIENTO TAPA ALIM PLNCO2454481	UN	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0
1443787	PARRILLA METSO WB12212791808157502A3	UN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1171075	REVESTIMIENTO GOMA CILINDRO MOBO MARCY	JG	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
1199107	CORAZA TUERCA SYMONS 48307583	UN	0	0	0	0	0	0	3	0	2	1	0	0
1264759	CORAZA GOMA 1130X442X72MM PLNCRM8951	UN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1311468	MANTO INFERIOR PLNRF2612	UN	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
1325222	MANTLE SH METSO 1050144088	UN	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
1325225	MANTLE METSO MM0200072	UN	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1

Figura 3.6: Demanda declarada por usuario.

Fuente: Reporte SAP.

3.2 Agrupar datos

En este ítem se refleja la agrupación de los datos recopilados, generando la base de trabajo, con el fin de facilitar la siguiente etapa. Los datos se muestran en la figura 3.7, seguido de la 3.8 donde continúan los datos de cada revestimiento.

Código	Descripción Texto Breve	UMB	Critico	Precio del Material (USD)	CONSUMO REAL											
					ene-16	feb-16	mar-16	abr-16	may-16	jun-16	jul-16	ago-16	sep-16	oct-16	nov-16	dic-16
1253920	REVESTIMIENTO CIL METSO PLNCA94305R9	JG	Sí	280.360	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1266733	REVESTIMIENTO FUSIONADO PLNCRM1000	UN	Sí	7.214	0	0	0	33	3	0	0	0	0	0	36	0
1216963	REVESTIMIENTO (LINER) METSO #4831-4364	UN	Sí	10.713	3	1	3	2	2	1	3	1	2	2	0	3
1264760	LIFTER GOMA 210X180X1.131 PLNCRM8952	UN	Sí	194	0	160	460	30	71	0	170	0	480	0	0	60
1199102	ALZADOR DESCARGA PLNCO245255R3	UN	No	3.867	0	32	0	2	0	0	36	0	0	0	36	0
1199101	ALZADOR ALIMENTACION PLNCO245254R2	UN	No	3.807	0	36	0	0	0	0	36	0	0	0	36	0
1216964	MANTO METSO # 5014-3852	UN	Sí	11.758	3	1	3	3	2	1	3	1	3	2	0	2
1370768	MANTO OVERSIZE PLNBK55143A	UN	No	105.199	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1282946	REVESTIMIENTO TAPA ALIM PLNCO2454481	UN	No	16.913	0	1	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0
1443787	PARRILLA METSO WB12212791808157502A3	UN	No	8.610	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1171075	REVESTIMIENTO GOMA CILINDRO MOBO MA	JG	Sí	29.974	1	1	2	0	0	2	2	2	0	1	0	3
1199107	CORAZA TUERCA SYMONS 48307583	UN	Sí	7.283	1	0	2	2	2	1	1	0	2	2	3	2
1264759	CORAZA GOMA 1130X442X72MM PLNCRM895	UN	Sí	184	0	176	304	0	39	0	0	0	175	0	0	0
1311468	MANTO INFERIOR PLNRF2612	UN	No	27.078	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1

Figura 3.7: Datos agrupados.

Fuente: Elaboración propia.

DEMANDA ESTIMADA																	
ene-17	feb-17	mar-17	abr-17	may-17	jun-17	jul-17	ago-17	sep-17	oct-17	nov-17	dic-17	INVENTARIO	MONTO INVENTARIO USD	Tiempo de entrega estimado	PROCESO	LÍNEA	EQUIPO
0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	4	1.121.440	90	Molienda	Conv.	Molino Unitario 3400 HP
0	0	0	36	0	0	0	0	0	36	0	0	45	324.648	90	Molienda	SAG	Molino SAG 16.000 HP
0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	14	149.982	90	Chancado	Conv.	HP800
0	0	0	160	0	0	0	0	0	0	0	0	755	146.802	60	Molienda	SAG	Molino Bolas 1 y 2 Molienda SAG
36	0	0	0	36	0	0	0	36	0	0	36	53	204.968	90	Molienda	SAG	Molino SAG 16.000 HP
36	0	0	0	36	0	0	0	36	0	0	36	40	152.272	90	Molienda	SAG	Molino SAG 16.000 HP
0	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	9	105.825	90	Chancado	Conv.	HP800
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	105.199	120	Chancado	Don Luis	Chancador Don Luis Fuller 54"x74" 600 H
0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	4	67.653	60	Molienda	SAG	Molino Bolas 1 y 2 Molienda SAG
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	60.270	50	Molienda	SAG	Molino SAG 16.000 HP
0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	59.948	60	Molienda	Conv.	Molinos de Bolas Marcy n° 1 al 10
0	0	0	0	0	0	3	0	2	1	0	0	8	58.267	90	Chancado	Conv.	Chancador Symons 7"
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	305	56.160	60	Molienda	SAG	Molino Bolas 1 y 2 Molienda SAG
0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	3	81.234	120	Chancado	Don Luis	Chancador Don Luis Fuller 54"x74" 600 H

Figura 3.8: Continuación de datos agrupados.

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Calculo de necesidades

Según la estructura que presenta MRP, el cálculo de necesidades se estima mediante los siguientes elementos:

a) Necesidad bruta: determina la demanda declarada por el usuario indicando el período y cantidad de la necesidad.

b) Inventario: indica la cantidad que se mantiene en stock para el período consultado, en este caso se simulo con el inventario del mes de abril.

c) Pedidos pendientes: cantidad que se encuentra en stock en curso es decir se realizó la compra pero aún no se recepciona desde el proveedor.

d) Necesidad neta: cantidad que se requiere comprar, es decir, el delta de la necesidad bruta menos lo que se tiene disponible en inventario.

e) Recepción prevista: fecha y cantidad en que se espera recibir el pedido según la necesidad neta.

f) Realizar pedido: período en que se debe realizar la compra, a modo de cumplir con la demanda en el tiempo estimado, esto depende del tiempo de entrega estimado que tiene el proveedor.

Finalmente el dato que creará los reportes u órdenes de aprovisionamiento es el elemento antes mencionado, en vista que determina la cantidad y fecha en que se deben poner las órdenes de compra por material.

Código o material	Descripción material	Elementos	feb-17	mar-17	abr-17	may-17	jun-17	jul-17	ago-17	sept-17	oct-17	nov-17	dic-17	Inventario inicial	Tiempo de entrega estimado
1199102	ALZADOR DESCARGA PLNCO245255R3	**Necesidad bruta**	**0**	**0**	**0**	**36**	**0**	**0**	**0**	**36**	**0**	**0**	**36**		90
1199102	ALZADOR DESCARGA PLNCO245255R3	**Inventario**			**53**	**17**				**0**			**0**	53	0
1199102	ALZADOR DESCARGA PLNCO245255R3	**Pedidos pendientes**													0
1199102	ALZADOR DESCARGA PLNCO245255R3	**Necesidad neta**				**0**				**19**			**36**		0
1199102	ALZADOR DESCARGA PLNCO245255R3	**Recepción prevista**				**0**				**19**			**36**		0
1199102	ALZADOR DESCARGA PLNCO245255R3	**Realizar pedido**					**19**			**36**					0

Figura 3.9: Formato calculo necesidades.

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la figura 3.9 la necesidad bruta es de 36 unidades para los meses de mayo, septiembre y diciembre, contando con inventario inicial respecto al mes de abril de 53 unidades lo que determina:

- Demanda de mayo: 36 unidades, inventario 53, pedidos pendientes no se aplican, en vista que el stock supera la demanda, no se deben realizar compras para dicho mes.

- Demanda de septiembre: 36 unidades, inventario 17, pedidos pendientes no se aplica, lo que estima una necesidad neta de 19 unidades que son las faltantes luego de considerar el stock, la recepción prevista de las 19 unidades se espera en septiembre, y finalmente el dato de salida a considerar es la fecha en que se debe realizar el pedido, que para el caso ocurre en junio para las 19 unidades. La fecha se calcula en consideración del tiempo de entrega estimado del proveedor que para el material analizado es de 90 días por lo que la compra de debe realizar 3 meses antes de que se presente la necesidad.

- Demanda de diciembre: 36 unidades, inventario 0, pedidos pendientes no se aplica, lo que indica que la necesidad neta es igual a la necesidad bruta, es decir, 36 unidades, la recepción es en diciembre por el total de la necesidad, y el pedido se debe realizar 3

meses antes igual que para la demanda anterior, correspondiente a septiembre por las 36 unidades, para cubrir la demanda de diciembre.

Los mismos conceptos y cálculos se aplican al total de materiales que se encuentran en que rubro de estudio, lo que finalmente permite obtener informes o datos de salida, que se reflejan en el apartado siguiente.

3.4 Generación de reportes

Se determinan dos escenarios de aplicación de MRP, orientados a decidir que opción se adecua de mejor forma a las necesidades y a resolver el impacto que actualmente presenta el problema.

A partir de los datos de entrada, la explosión de necesidades o cálculo de necesidades proporciona los siguientes informes:

3.4.1 Escenario A

No se considera el impacto de los equipos que detienen la producción y se mantienen las compras como lo indica el MRP, según demanda.

3.4.1.1 Plan de aprovisionamiento

El elemento "realizar pedido" es el que permite crear planes de aprovisionamiento, mediante el conocimiento de la cantidad y la fecha en que es necesario comprar para poder cumplir con el requerimiento del cliente y/o usuario.

OC	feb-17

Código o material	Descripción material	Necesidad de compra	Precio USD	Total
1198867	CORAZA CABEZAL ALIMENTACION PLNC025036	20	770	15.404
1198966	CORAZA INTERMEDIA PLNPC053461	18	4.089	73.609
1198969	CORAZA TAPA ALIM D03421300 PLNTR805916	13	2.009	26.115
1238892	REVESTIMIENTO METSO 0003156375	4	7.469	29.877
1273163	PARRILLA DOBLE PLNPC053049	18	8.598	154.762
1384121	MEGALINER PLACA ANILLO METSO DO3525714	46	4.759	218.911
1427917	PLACA POLYMET METSO ZX11360900	31	3.672	113.819
Total general				**632.497**

Figura 3.10: Orden de compra para febrero 2017.

Fuente: Elaboración propia.

La figura 3.10 refleja el plan que se tenía que llevar a cabo para el mes de febrero de 2017, totalizado en USD 632.497 en el cual se requieren 7 materiales de tipo revestimiento con sus respectivas cantidades.

OC	ago-17

Código o material	Descripción material	Necesidad de compra	Precio USD	Total
1198863	CORAZA N°1 PLNCO245167	26	1768	45.964
1198864	CORAZA N°2 PLNCO245167	26	1970	51.229
1198865	CORAZA N°3 PLNCO245167	21	2085	43.776
1198866	CORAZA CONO ALIMENTACION PLNSF2716	12	1493	17.919
1198868	CORAZA CABEZAL DESCARGA PLNCO245164	20	1419	28.384
1199108	MANTO SYMONS 50139001	1	5916	5.916
1309595	MANTO INFERIOR PLNRF2614	1	36201	36.201
1311468	MANTO INFERIOR PLNRF2612	1	27078	27.078
1325210	BOWL LINER SH METSO MM0201016	1	14305	14.305
Total general				**270.772**

Figura 3.11: Orden de compra para agosto 2017.

Fuente: Elaboración propia.

La figura 3.11 refleja el plan para el mes de agosto de 2017, totalizado en USD 270.772 en el cual se requieren 9 materiales de tipo revestimiento para cumplir con las demandas futuras.

Los datos reflejados a continuación indican, los montos por compras que se deberían realizar para cada mes durante el año 2017, arrojando como valor total de dicho plan de aprovisionamiento USD 2.950.067.

OC	Total
feb-17	632.497
mar-17	168.470
abr-17	22.523
may-17	406.862
jun-17	585.679
jul-17	129.069
ago-17	270.772
sep-17	633.887
oct-17	100.308
Total general	**2.950.067**

Figura 3.12: Monto total de cada orden de compra por mes, escenario A.

Fuente: Elaboración propia.

3.4.1.2 Control del inventario

EQUIPO	Monto a DIC 2017 (inv USD)
Chancador Don Luis Fuller 54"x74" 600 HP	294.532
Molino Unitario 3400 HP	283.461
Molino Unitario ABB D:25' L:37,5' 17500 HP (MUN2)	277.466
HP800	232.825
MP1000	219.448
Molino Bolas 1 y 2 Molienda SAG	206.138
Molino SAG 16.000 HP	166.472
Molinos de Bolas Marcy n° 1 al 10	163.036
Chancador Symons 7"	86.679
CHANCADOR METSO C-160	16.750
Chancador Fuller-Traylor 42x48	5.589
Molino barra 1000 HP D:11,5' L:16' (1,2 Y 3)	1.201
Chancador Allis Chalmer 48x60	-
Molino Remolienda Vertimill	-
TOTAL	**1.953.597**

Figura 3.13: Monto en inventario a diciembre 2017 por equipo.

Fuente: Elaboración propia.

La imagen anterior refleja el monto que se presentaría a diciembre de 2017, correspondiente a USD 1.953.597 muy por debajo del que se mantenía en la actualidad considerando un 59 % de reducción en inventario inmovilizado.

Código	Descripción Texto Breve	Crítico	EQUIPO	Monto a DIC 2017 (inv USD)	Pareto
1253920	REVESTIMIENTO CIL METSO PLNCA94305R9	Sí	Molino Unitario 3400 HP	280.360	14%
1411857	REVESTIMIENTO TAPA ALIM METSO ZX11336150	No	Molino Unitario ABB D:25' L:37,5' 17500 HP (MUN2)	259.415	28%
1349622	MANTO INFERIOR SUPER SOBRE MEDIDA81.25".	No	Chancador Don Luis Fuller 54"x74" 600 HP	189.333	37%
1264760	LIFTER GOMA 210X180X1.131 PLNCRM8952	Sí	Molino Bolas 1 y 2 Molienda SAG	146.802	45%
1216963	REVESTIMIENTO (LINER) METSO #4831-4364	Sí	HP800	128.556	51%
1384001	TAZA P/CHANCADOR MP1000 PLNTQ2894	No	MP1000	119.451	58%
1370768	MANTO OVERSIZE PLNBK55143A	No	Chancador Don Luis Fuller 54"x74" 600 HP	105.199	63%
1266733	REVESTIMIENTO FUSIONADO PLNCRM1000	Sí	Molino SAG 16.000 HP	64.926	66%
1443787	PARRILLA METSO WB12212791808157502A3	No	Molino SAG 16.000 HP	60.270	69%
1171075	REVESTIMIENTO GOMA CILINDRO MOBO MARCY	Sí	Molinos de Bolas Marcy n° 1 al 10	59.948	72%
1197816	CORAZA POSTE INFERIOR #5013-8801	Sí	Chancador Symons 7"	58.153	75%
1434023	MORDAZA FIJA STDM METSO 1048314345	No	HP800	57.236	78%
1264759	CORAZA GOMA 1130X442X72MM PLNCRM8951	Sí	Molino Bolas 1 y 2 Molienda SAG	56.160	81%

Figura 3.14: Monto en inventario a diciembre 2017 por revestimiento.

Fuente: Elaboración propia.

Los montos visualizado en anteriormente permiten identificar los materiales que representan mayor el 80% del monto total del inventario, son 13 revestimientos que se utilizan en los equipos principales de chancado y molienda, específicamente: Chancador Don Luis Fuller 54"x74" 600 HP, Molino Unitario 1 3400 HP, Molino Unitario ABB D: 25’ L: 37,5’ 17500 HP (MUN2), Chancado HP 800 y Molino SAG 16.000 HP

3.4.2 Escenario B

Se considera la criticidad del equipo en la operación y del repuesto en el equipo, para chancadores y molinos que tengan impacto del 100% en la producción, es decir, que sean capaces de detener su línea productiva, se mantendrá en inventario al menos una unidad de cada material.

Dicha política se aplica a 16 revestimientos que se encuentran clasificados como críticos y además son utilizados en equipos que detienen la producción.

3.4.2.1 Plan de aprovisionamiento

OC	feb-17

Código o material	Descripción material	Necesidad Bruta	Precio USD	Total
1198867	CORAZA CABEZAL ALIMENTACION PLNC025036	20	770	15.404
1198966	CORAZA INTERMEDIA PLNPC053461	18	4.089	73.609
1198969	CORAZA TAPA ALIM D03421300 PLNTR805916	14	2.009	28.124
1238892	REVESTIMIENTO METSO 0003156375	4	7.469	29.877
1273163	PARRILLA DOBLE PLNPC053049	18	8.598	154.762
1291798	REVESTIMIENTO METSO CB90516TA	1	30.556	30.556
1298932	REVESTIMIENTO METSO CB90516TD	1	28.176	28.176
1384121	MEGALINER PLACA ANILLO METSO DO3525714	46	4.759	218.911
1427917	PLACA POLYMET METSO ZX11360900	31	3.672	113.819
Total general				**693.238**

Figura 3.15: Orden de compra para febrero 2017

Fuente: Elaboración propia.

La figura 3.15 refleja el plan que se tenía que llevar a cabo para el mes de febrero de 2017, totalizado en USD 693.238 en el cual se requieren 7 materiales de tipo revestimiento con sus respectivas cantidades, a diferencia del escenario A, la coraza código: 1198969 no contaba con inventario, por lo que para las políticas de criticidad por impacto en la producción fue necesario realizar la compra de una unidad más para mantener en stock.

Los datos reflejados a continuación indican, los montos por compras que se deberían realizar para cada mes durante el año 2017, arrojando como valor total de dicho plan de aprovisionamiento USD 3.044.220

OC	Total
feb-17	693.238
mar-17	169.024
abr-17	41.178
may-17	415.149
jun-17	585.679
jul-17	134.985
ago-17	270.772
sep-17	633.887
oct-17	100.308
Total general	**3.044.220**

Figura 3.16: Monto total de cada orden de compra por mes, escenario B.

Fuente: Elaboración propia.

3.4.2.2 Control del inventario

EQUIPO	Monto a DIC 2017 (inv. USD)
Molino Unitario 3400 HP	342.193
Chancador Don Luis Fuller 54"x74" 600 HP	294.532
Molino Unitario ABB D:25' L:37,5' 17500 HP (MUN2)	277.466
HP800	250.125
MP1000	219.448
Molino Bolas 1 y 2 Molienda SAG	206.138
Molino SAG 16.000 HP	169.039
Molinos de Bolas Marcy n° 1 al 10	163.036
Chancador Symons 7"	102.236
Chancador Metso C-160	16.750
Chancador Fuller-Traylor 42x48	5.589
Molino barra 1000 HP D:11,5' L:16' (1,2 Y 3)	1.201
Chancador Allis Chalmer 48x60	-
Molino Remolienda Vertimill	-
TOTAL	**2.047.753**

Figura 3.17: Monto en inventario a diciembre 2017 por equipo.

Fuente: Elaboración propia.

De la figura 3.17 muestra el monto que se presentaría a diciembre de 2017, correspondiente a USD 2.047.753, superior al escenario B en una baja proporción, con motivo de salvaguardar al menos una unidad de los materiales críticos en la operación.

Código	Descripción Texto Breve	Crítico	EQUIPO	Monto a DIC 2017 (inv. USD)	Pareto
1253920	REVESTIMIENTO CIL METSO PLNCA94305R9	Sí	Molino Unitario 3400 HP	280.360	14%
1411857	REVESTIMIENTO TAPA ALIM METSO ZX11336150	No	Molino Unitario ABB D:25' L:37,5' 17500 HP (MUN2)	259.415	26%
1349622	MANTO INFERIOR SUPER SOBRE MEDIDA81.25".	No	Chancador Don Luis Fuller 54"x74" 600 HP	189.333	36%
1264760	LIFTER GOMA 210X180X1.131 PLNCRM8952	Sí	Molino Bolas 1 y 2 Molienda SAG	146.802	43%
1216963	REVESTIMIENTO (LINER) METSO #4831-4364	Sí	HP800	128.556	49%
1384001	TAZA P/CHANCADOR MP1000 PLNTQ2894	No	MP1000	119.451	55%
1370768	MANTO OVERSIZE PLNBK55143A	No	Chancador Don Luis Fuller 54"x74" 600 HP	105.199	60%
1266733	REVESTIMIENTO FUSIONADO PLNCRM1000	Sí	Molino SAG 16.000 HP	64.930	63%
1443787	PARRILLA METSO WB12212791808157502A3	No	Molino SAG 16.000 HP	60.270	66%
1171075	REVESTIMIENTO GOMA CILINDRO MOBO MARCY	Sí	Molinos de Bolas Marcy n° 1 al 10	59.948	69%
1197816	CORAZA POSTE INFERIOR #5013-8801	Sí	Chancador Symons 7"	58.153	72%
1434023	MORDAZA FIJA STDM METSO 1048314345	No	HP800	57.236	75%
1264759	CORAZA GOMA 1130X442X72MM PLNCRM8951	Sí	Molino Bolas 1 y 2 Molienda SAG	56.160	77%
1216964	MANTO METSO # 5014-3852	Sí	HP800	47.033	80%
1021110	CORAZA DEFLECTORA D03421200 PLNTR05915	No	Molino SAG 16.000 HP	41.276	82%

Figura 3.18: Monto en inventario a diciembre 2017 por revestimiento.

Fuente: Elaboración propia.

Los montos visualizado en anteriormente permiten identificar los materiales que representan mayor el 80% del monto total del inventario, son 15 revestimientos que se utilizan en los equipos principales de chancado y molienda.

3.4.3 Informes de excepciones

Tabla 3.1: Escenarios y opciones para inventario.

	ESCENARIO A	ESCENARIO B
Característica	***Monto Inv. 2017 (USD)***	***Monto Inv. 2017 (USD)***
Impacto 100% C	593.709	687.865
Impacto 100% NC	989.513	989.513
Menor impacto	370.375	370.375
TOTAL INVENTARIO	**1.953.597**	**2.047.753**

Fuente: Elaboración Propia.

La tabla anterior, entrega información para la toma de decisiones sobre qué hacer con el inventario que se mantiene disponible.

4 CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS

A continuación se realizará una comparación de los resultados obtenidos a través de los cálculos realizados con la metodología MRP, y con las mejoras propuestas en vista de los escenarios trabajados.

Primeramente la matriz que arroja como resultado la metodología, permite realizar los análisis posteriores, por lo es necesario explicar estos datos en detalle.

Código	*Descripción material*	*Tiempo entrega estimado*
1238892	REVESTIMIENTO METSO 0003156375	90 días

	Necesidades											Valor Compra USD										
Elementos	feb-17	mar-17	abr-17	may-17	jun-17	jul-17	ago-17	sep-17	oct-17	nov-17	dic-17	feb-17	mar-17	abr-17	may-17	jun-17	jul-17	ago-17	sep-17	oct-17	nov-17	dic-17
Necesidad bruta	0	0	0	2	0	0	4	4	0	0	2											
Inventario			6	0			0	0			0											
Pedidos pendientes																						
Necesidad neta				4			4	4			2											
Recepción prevista				4			4	4			2											
Realizar pedido	4			4	4			2				29.877			29.877	29.877			14.938			

Figura 4.1: Matriz resultado MRP.

Fuente: Elaboración propia.

Al aplicar MRP, se obtiene una matriz como la visualizada en la figura 4.1 en la cual se estima las compras que se deben realizar para suplir la demanda declarada por el usuario, el caso que se muestra corresponde a un revestimiento metso, que tiene un tiempo de entrega de 90 días según indica el proveedor y al mes de abril que es donde se realizan los cálculos se contaba con un inventario de 6 unidades.

La información antes descrita permite calcular las necesidades para los siguientes meses, determinando la fecha y cantidad en que se deben realizar las compras a modo de cubrir la demanda del cliente. El material en cuestión presenta demanda los meses de mayo, agosto, septiembre y diciembre, por lo que las compras para cada mes se deben realizan con una anticipación mínima de 90 días, llegando al final de 2017 con 0 unidades en stock.

Estos datos son entregados para cada material de tipo revestimiento, es decir, se aplica el método al segmento en estudio, y luego se puede agrupar a modo de obtener informes resumen para el plan de aprovisionamiento y el control del inventario.

4.1 Enfocado a compras

4.1.1 Situación actual

Es necesario mencionar que las compras que se llevan registradas desde enero a abril de 2017 se valorizan en USD 2.978.631, lo que indica la tendencia de compra que presentan, durante el año 2016 las compras llegaron a USD 8.624.938 y el inventario que se mantiene es de USD 4.753.536 cifras que superan los resultados de la propuesta.

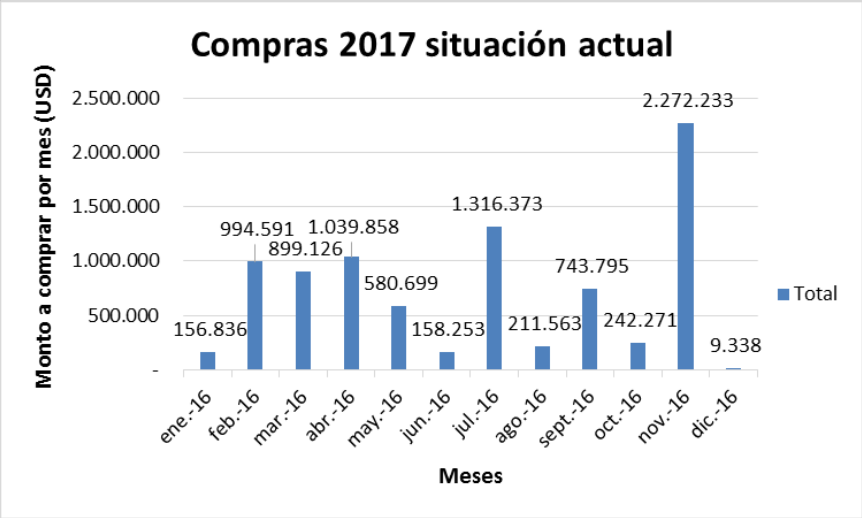

Figura 4.2: Monto por OC durante 2016.

Fuente: Elaboración propia.

Se refleja que los meses de mayor demanda en vista que se trabaja contra el correctivo es el mes de noviembre principalmente, seguido de Julio, al no planificar la demanda se trabaja contra lo requerido en el minuto, por ende se ponen las órdenes de compra en la fecha, pero el material es recibido por el usuario aproximadamente 3 meses después.

4.1.2 Escenario A

Los resultados arrojados para el escenario A, luego de trabajar con las demandas estimadas por los usuarios, es decir, los mantenedores de los equipos, además de los tiempos de entrega determinados por los proveedores, estiman que se deben realizar compras por USD 2.950.067, lo que a su vez mantiene disponible como inventario USD 1.953.597, aplicaciones desde la lógica de mantener a abril 2017 fecha en que se realizan los cálculos stock disponible de USD 4.753.536.

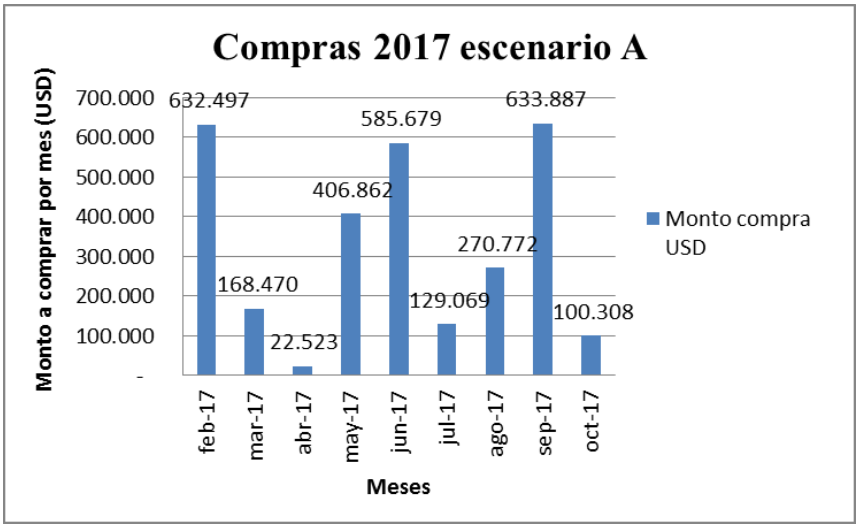

Figura 4.3: Monto por OC durante 2017.

Fuente: Elaboración propia.

La grafica 4.3 muestra que los meses en que se realizan compras por mayores montos corresponden a febrero y septiembre, es necesario mencionar que en general los materiales de tipo revestimiento tienen un tiempo de fabricación superior a 60 días, por lo que estas compras deberían cubrir demandas de mayo y diciembre respectivamente.

La grafica siguiente presenta los equipos que para el escenario A, representan los mayores niveles de compra (80%), en Anexo 2 se puede ver en detalle el material que es necesario comprar.

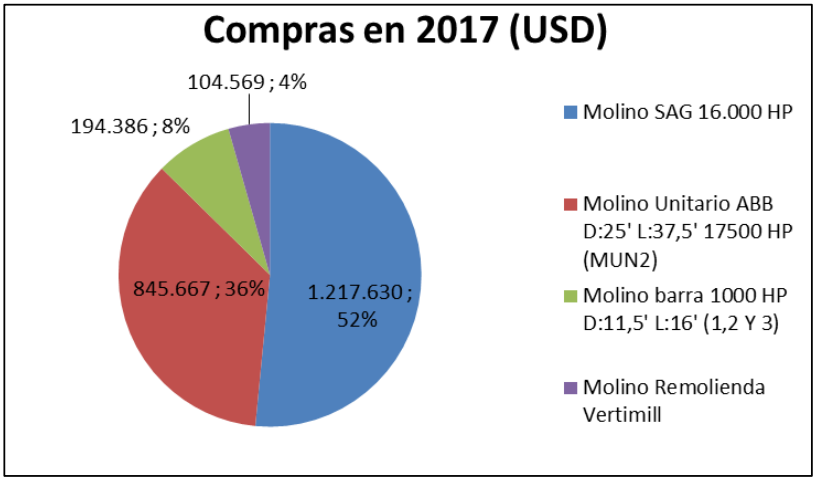

Figura 4.4: Equipos con mayor nivel de compras, escenario A.

Fuente: Elaboración propia.

Claramente el Molino SAG, es quien se lleva el mayor monto, puesto que utiliza una gran cantidad de materiales y requiere de mantenciones periódicas, seguido del molino unitarios 2, ambos equipos son de la línea SAG que es donde para la mayor cantidad de mineral que procesa la empresa.

4.1.3 Escenario B

Los resultados para el escenario B, agregando el impacto en la producción que presentan los equipos críticos, y trabajando bajo una política de mantener en inventario al menos una unidad de cada revestimiento que forme parte de dichos chancadores y molinos, se reflejan compras por cifras que fluctúan en USD 3.044.220, y mantener disponible USD 2.047.753 en materiales.

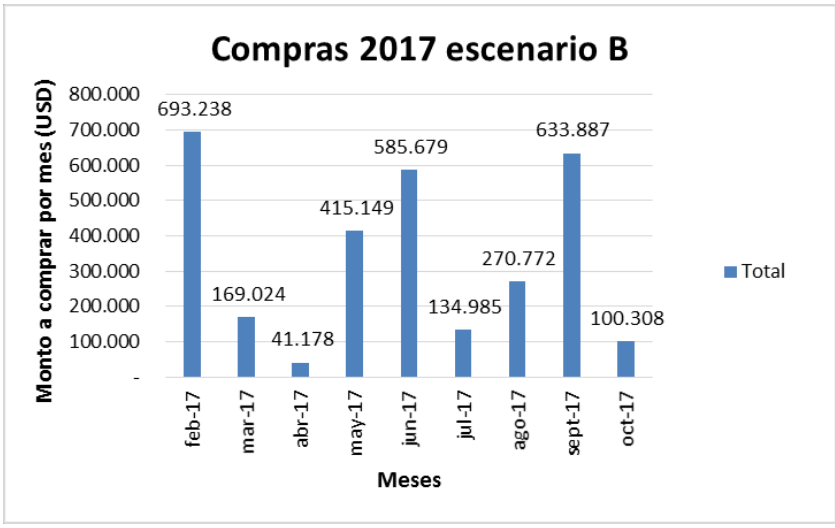

Figura 4.5: Monto por OC durante 2017.

Fuente: Elaboración propia.

La grafica siguiente presenta los equipos que para el escenario A, representan los mayores niveles de compra (80%), en Anexo 3 se puede ver en detalle el material que es necesario comprar.

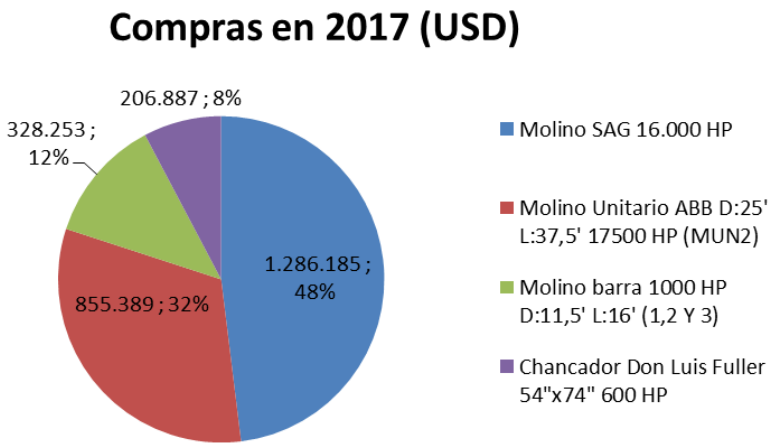

Figura 4.6: Equipos con mayor nivel de compras, escenario B.

Fuente: Elaboración propia.

Igualmente el Molino SAG es quien lidera el grupo, seguido del molino unitarios 2, ambos equipos son de la línea SAG, se agrega a esta categoría el chancador Don Luis, en vista que este escenario sugiere mantener en inventario al menos una unidad de material para todos aquellos repuestos que sean utilizados en un equipo que puede detener el proceso productivo.

4.2 Enfocado a inventarios

Análisis que permite visualizar los cambios respecto al inventario a mantener disponible, comparando la situación actual de la empresa, el escenario A y el escenario B, todo respecto a los datos obtenidos sobre estrategia de requerimiento de materiales.

EQUIPO	INV. ABRIL 2017 SITUACIÓN ACTUAL	INV. ESCENARIO A	INV. ESCENARIO B
Molino SAG 16.000 HP	1.317.202	166.472	169.039
Molino Unitario 3400 HP	1.124.541	283.461	342.193
Chancador Don Luis Fuller 54"x74" 600 HP	467.969	294.532	294.532
HP800	379.341	232.825	250.125
MP1000	356.024	219.448	219.448
Molino Unitario ABB D:25' L:37,5' 17500 HP (MUN2)	324.909	277.466	277.466
Molino Bolas 1 y 2 Molienda SAG	281.855	206.138	206.138
Chancador Symons 7"	182.783	86.679	102.236
Molinos de Bolas Marcy n° 1 al 10	163.036	163.036	163.036
Molino Remolienda Vertimill	83.721	-	-
Chancador Metso C-160	37.023	16.750	16.750
Molino barra 1000 HP D:11,5' L:16' (1,2 Y 3)	29.543	1.201	1.201
Chancador Fuller-Traylor 42x48	5.589	5.589	5.589
Chancador Allis Chalmer 48x60	-	-	-
TOTAL	**4.753.536**	**1.953.597**	**2.047.753**

Figura 4.7: Equipos con mayor nivel de compras, escenario B.

Fuente: Elaboración propia.

La situación actual que considera el inventario disponible para abril de 2017, al ser analizada por el monto que se mantiene para cada equipo, permite corroborar que el equipo de mayor relevancia es el Molino SAG, Molino Unitario 1, Chancador Don Luis y Molino Unitario 2, es posible visualizar las principales variaciones luego de aplicar MRP, en el Molino SAG de USD 1.317.202 a cifras cercanas a USD 170.000, es decir, reducción de casi 87%. El equipo en cuestión es un equipo crítico para la empresa, puesto que según la actual planificación en la cual el usuario trata de salvaguardar materiales en vista de una posible falla en los componentes, genera exceso de inventario. Las posibles soluciones permiten reducir el inventario a casi el 13% para dicho equipo.

4.3 Informes de excepciones

Son datos que ayudan a tomar decisiones sobre control de inventario y planeación de los requerimientos, en post de la toma de decisiones organizacionales. A continuación se grafican algunas opciones de cómo tratar el inventario para ambos escenarios.

Escenario A permite clasificar los materiales por criticidad indicado que 51% de los materiales son no críticos por si solos, pero a su vez forman parte de equipos que en su totalidad podrían detener el proceso productivo, el 19% corresponde a materiales de menor impacto, es decir, no son capaces de detener el equipo (figura 4.8).

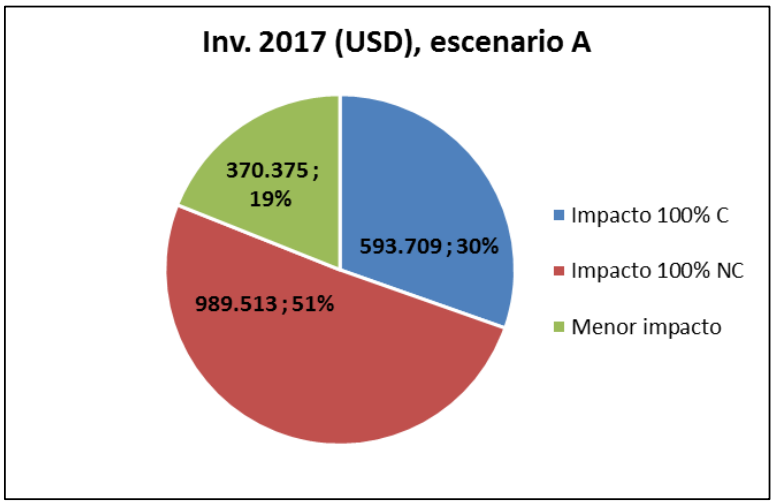

Figura 4.8: Equipos con mayor nivel de compras, escenario B.

Fuente: Elaboración propia.

Escenario B al igual que la figura anterior, permite identificar las acciones a tomar en vista de la criticidad del material, en este apartado se presenta 18% de los materiales correspondientes a equipos con impacto menor a 100%, cabe mencionar dicho porcentaje habla de equipos capaces de detener la línea de producción.

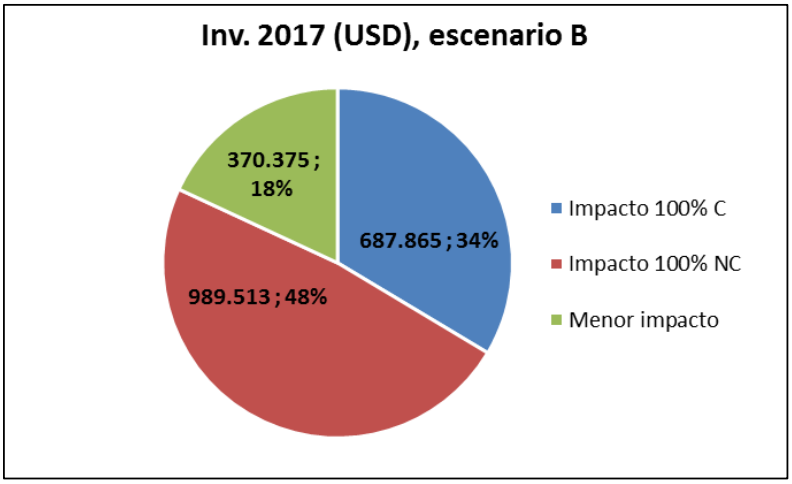

Figura 4.9: Equipos con mayor nivel de compras, escenario B.

Fuente: Elaboración propia.

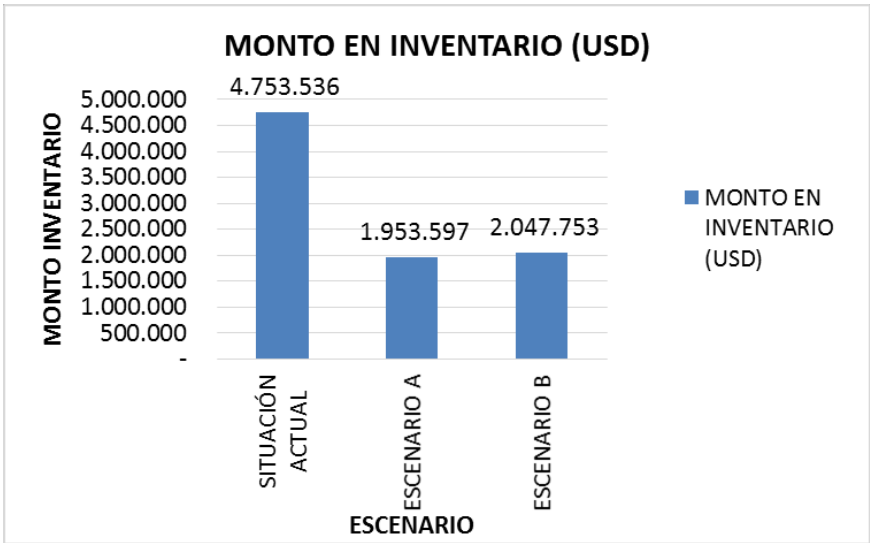

Figura 4.10: Inventario por escenario.

Fuente: Elaboración propia.

Gracias a la figura 4.10 se puede observar la variación del monto en inventario, en la cual el escenario A permite disminuir el inventario en un 59% equivalente casi a 2,8 millones de dólares de ahorro para el rubro en estudio, mientras que el escenario B brinda una disminución de 57% equivalente a 2,7 millones de dólares.

Ambos escenarios presentan oportunidades de reducir el inventario, pero cabe considerar que el escenario B trabaja con la criticidad del equipo en la operación, manteniendo un stock de seguridad mínimo para los materiales utilizados en equipos que pueden detener la producción, lo que influye en las detenciones de los equipos o la capacidad de responder ante mantenciones correctivas.

Si bien, el escenario B, considera compras superiores en 3% (USD 94.153) y stock disponible de USD 2.047.753 cifra mayor en 5% respecto al escenario A, se considera como la opción que permitiría dar solución al problema planteado.

El escenario B es quien permite reducir el inventario en un 57%, mantener un stock de seguridad para responder ante mantenciones correctivas, disminuyendo las pérdidas de producción por concepto de ausencia o retraso en la entrega del material, además de alinear los requerimientos de los usuarios, con el área encargada de adquirir y almacenar dicha necesidad.

Si ahora visualizamos la matriz "causa- problema-impacto" resumida en la figura 3.29, es posible considerar los efectos de implementar la propuesta

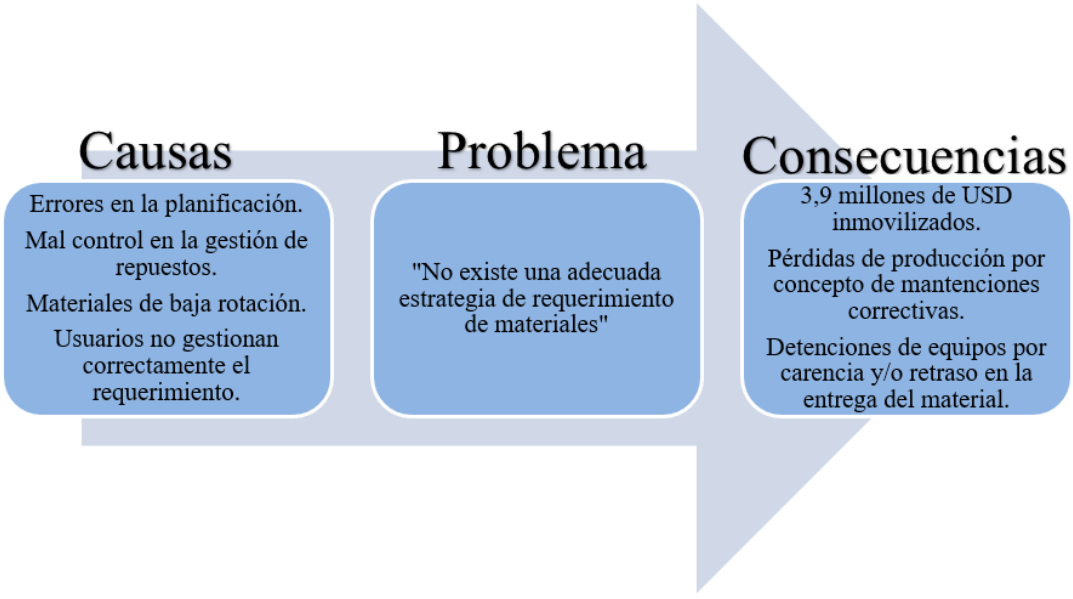

Figura 4.11: Matriz causa-problema-impacto.

Fuente: Elaboración propia.

Al aplicar los resultados que brinda el escenario B, se obtiene las respuestas a cómo solucionar el problema anterior.

Para las causas:

La demanda es determinada por el usuario, sin embargo para las mantenciones planificadas se puede hacer mediante estimación de demanda o políticas aplicadas según criticidad del material en la operación. Los informes de control de inventario permitirán mejorar la gestión que se realiza sobre esto, ya sea tomar decisiones para reducirlo o para implementar nuevas estrategias, los materiales de baja rotación que se mantienen en inventario si no pertenecen a equipos críticos se pueden dar de baja, es decir, rematar o pasar a otra división, y finalmente para la causa relacionada al manejo del requerimiento por parte del usuario, el método sugiere disminuir los participantes dejando a un líder del tema por área, que se encargue de coordinar la información con el área de abastecimiento.

Para el problema:

El método MRP, permite definir estrategias de planificación y compra, trabajando principalmente con la demanda, por lo que sería una buena opción de trabajo.

Para las consecuencias:

El escenario B, permite disminuir el inventario a 2,0 millones de USD aproximadamente, de los actuales que fluctúan en 4,7 indicando ahorros de 57%. Respecto a las pérdidas de producción por mantenciones correctivas, se resuelve al implementar la política de mantener al menos una unidad de materiales pertenecientes a equipos críticos, lo que permite tener un inventario de seguridad para dichos efectos. Los carencia y/o retrasos en la entrega de material, por una parte la carencia no debería estar presente ya que se realizan planificaciones de demanda y se mantiene stock de seguridad para el correctivo, para los retrasos se debería anticipar la orden de compra 1 mes (ordenes de compras entregadas por el escenario B) a modo de prevenir tiempos de entrega superiores al estimado por el proveedor.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El trabajo de título tuvo como punto de partida la identificación de las causas y consecuencias del problema, causas que fueran detectadas por medio de una reunión con personal de abastecimiento y luego jerarquizadas por medio de una encuesta realizada a 100 trabajadores de la empresa, reflejando las principales consecuencias para la empresa (reflejado en la figura 5.1).

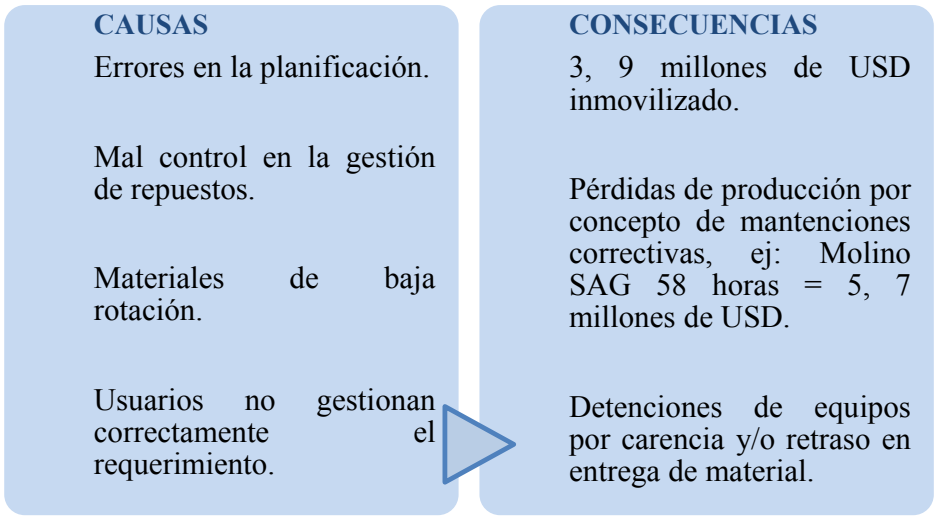

Figura 5.1: Causas y consecuencias detectadas.

Fuente: Elaboración propia.

Continuad con el cálculo de los parámetros asociados a la planificación y compra de revestimientos y piezas fundidas, indicando ser los siguientes:

Tabla 5.1: Parámetros planificación y compras.

Parámetro	Valor ideal	Valor real
Cobertura (inventario disponible/consumo promedio en un período)	3	5
Plazo entrega promedio proveedores (hrs)	77	> 85
Pérdidas por horas de producción (asociados a materiales) (hrs)	1.000	1.577
Stock disponible alrededor de (MMUSD)	3,00	4,75

Fuente: Elaboración Propia.

Como indica la tabla 5.1 los parámetros asociados a planificación y compra de revestimientos y piezas fundidas presentan los valores reales que se presentan, sin embargo también es posible visualizar los valores reales que según estima la empresa debería aplicarse.

La cobertura muestra que se tiene inventario para cubrir el consumo de 4,6 meses, siendo ideal para la empresa contar con 3.

El plazo de entrega de proveedores en promedio debería ser de 77 días, en la realidad se presenta uno de 85 días o más.

Las pérdidas por horas de producción para los equipos en 2016 fue de 1.577 horas por conceptos de retrasos en entrega de material y/o ausencia de materiales para realizar las mantenciones, la empresa acepta 1.000 horas por este concepto ya que al tener mantenciones correctivas por motivos de imprevistos no se piensa en lograr menores detenciones.

Asociado a eso se cuenta con stock disponible de 4,7 millones de dólares, y es posible agrupar los proveedores según el nivel de compra que se ha realizado. El principal proveedor es Metso Chile SPA (58%) seguido de Aceros Chile S.A (13%).

Al contar con las causas, consecuencias y parámetros asociados a los procesos en estudio, se logró desarrollar un modelo de planificación de requerimiento de materiales el cual resulto ser mediante el método MRP y funcionar de la siguiente forma:

El primer ítem es recopilar los datos de entrada correspondientes a: lista de materiales la que permite identificar la estructura de los equipos identificando cada componente y cantidad necesaria a utilizar, por otra parte el estado del inventario agrupa datos como stock disponible, tiempo de entrega proveedores, historia de consumo, entre otros que apoyan en la planificación y evaluación actual del repuesto y finalmente el programa maestro de producción realizado por el área usuaria quien debe declarar la cantidad y período en que se presentará la necesidad.

Como segundo ítem del modelo se realiza la agrupación de datos de entrada a modo de conocer de forma clara ¿dónde se ocupa el material?, ¿cuál es el comportamiento?, ¿qué monto representa en el inventario? y los tiempos de entrega tanto el estimado como el real. Si se cuenta con dicha información es posible calcular las necesidades, si no, es necesario recopilar nuevamente la información.

Como tercer ítem está el cálculo de las necesidades, mediante una estructura tipo, utilizada en base a la teoría del método, al utilizar la necesidad bruta (cantidad y plazo), el

inventario disponible y el tiempo de entrega estimado del proveedor, se permite obtener la necesidad neta de cada período y la fecha en que se debe realizar el pedido para cumplir con la necesidad del usuario, indicando también si queda stock disponible o no, luego del período de planificación.

Como cuarto ítem se generan los reportes, entre ellos el plan de aprovisionamiento el cual detalla las fechas y tamaños de los pedidos a realizar, luego el control del inventario mostrando el monto que se mantiene en stock al momento del análisis y luego de aplicar MRP, así como las variaciones que se presentan y medidas que se pueden aplicar sobre el tema y como anexo informes de excepciones, tales como, órdenes que van retrasadas, efectos del plan de producción, fechas de entrega reales o cumplimiento de proveedores, todo a objeto de tomar decisiones enfocadas a la mejora del sistema.

Luego de conseguir los datos del sistema se realizó la comparación de dos escenarios (A y B) y se llegó a obtener los siguientes resultados.

Tabla 5.2: Resultados escenarios.

ESCENARIO	COMPRAS PARA UN AÑO (USD)	MONTO EN INVENTARIO (USD)
SITUACIÓN ACTUAL	8.624.938	4.753.536
ESCENARIO A	2.950.067	1.953.597
ESCENARIO B	3.044.220	2.047.753

Fuente: Elaboración Propia.

Se muestra un resumen con los principales datos obtenidos de cada escenario, reflejado sobre la situación actual. Si bien el escenario A tiene pequeñas variaciones respecto a B, se considera mejor utilizar B en vista que trabaja sobre una estrategia o política de mantener al menos una unidad en inventario de materiales correspondientes a equipos de impacto 100%.

Finalmente se propuso una estrategia de requerimiento de materiales, enfocada a revestimientos y piezas fundidas, la cual se resume a continuación:

Cabe mencionar primeramente que una estrategia de requerimiento de materiales implica contar con una "técnica de planeamiento de prioridades coordinada en el tiempo que calcule los requerimientos y programaciones de materiales de demanda en todos los productos y partes en una o más plantas, para llevar a cabo una acción determinada"[40]

Luego de los análisis realizados, se resumen que el escenario que se adapta mejor a las condiciones de la empresa es el escenario B, quien brinda los siguientes resultados.

Como plan de aprovisionamiento indica realizar compras por los montos que se presentan a continuación para cada mes del año 2017.

OC	Total
feb-17	693.238
mar-17	169.024
abr-17	41.178
may-17	415.149
jun-17	585.679
jul-17	134.985
ago-17	270.772
sep-17	633.887
oct-17	100.308
Total general	**3.044.220**

Figura 5.2: Monto total de cada orden de compra por mes, escenario B.

Fuente: Elaboración propia.

Como medio para controlar el inventario, se conoce el monto a mantener por equipo de producción, liderando la categoría el molino unitario I, chancador Don Luis y molino unitario II.

[40] Revista virtual pro, "Planeación de la Producción"

EQUIPO	Monto a DIC 2017 (inv. USD)
Molino Unitario 3400 HP	342.193
Chancador Don Luis Fuller 54"x74" 600 HP	294.532
Molino Unitario ABB D:25' L:37,5' 17500 HP (MUN2)	277.466
HP800	250.125
MP1000	219.448
Molino Bolas 1 y 2 Molienda SAG	206.138
Molino SAG 16.000 HP	169.039
Molinos de Bolas Marcy n° 1 al 10	163.036
Chancador Symons 7"	102.236
Chancador Metso C-160	16.750
Chancador Fuller-Traylor 42x48	5.589
Molino barra 1000 HP D:11,5' L:16' (1,2 Y 3)	1.201
Chancador Allis Chalmer 48x60	-
Molino Remolienda Vertimill	-
TOTAL	**2.047.753**

Figura 5.3: Monto en inventario a diciembre 2017 por equipo.

Fuente: Elaboración propia.

Para tener una referencia de los cambios que implicaría aplicar la propuesta, se obtiene la comparativa de los montos en compras tanto para la situación actual de la empresa, como para la simulación del escenario B, proporcionando una disminución de 65% (figura 5.4).

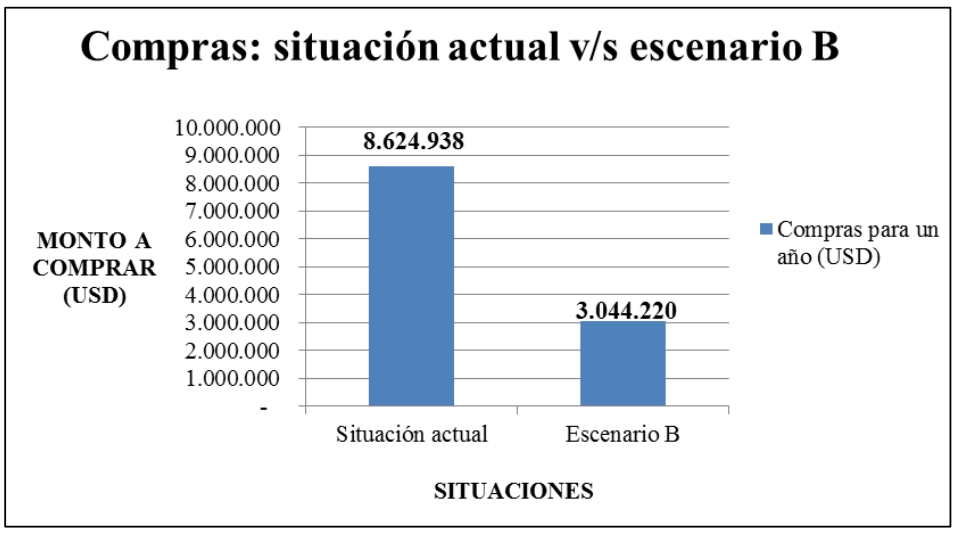

Figura 5.4: Compras, situación actual v/s escenario B.

Fuente: Elaboración propia.

Respecto al inventario el comportamiento se muestra a continuación, ver figura 5.5. En síntesis el escenario B proporciona disminución del 57% en el monto en stock disponible.

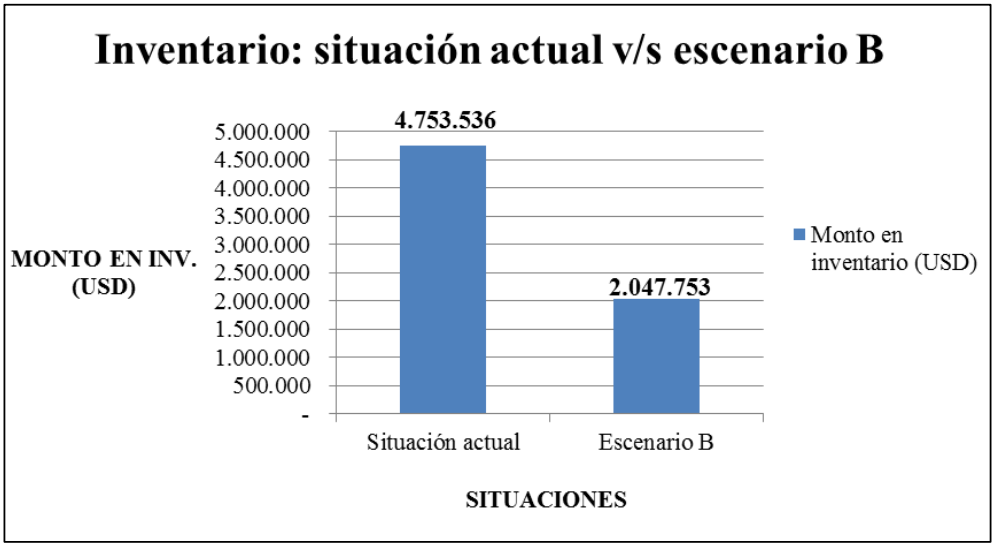

Figura 5.5: Inventario, situación actual v/s escenario B.

Fuente: Elaboración propia.

La nueva cobertura para diciembre de 2017 que entrega el escenario B es de 2,81 (tabla 5.3) valor que surge de la relación entre el inventario disponible del período equivalente a USD 2.047.753 sobre el consumo del mismo período USD 729.602 (consumo que surge mediante la demanda declarada para ese mes, multiplicado por el precio de adquisición). Este parámetros indica que la empresa tiene para cubrir una demanda promedio de 2,81 meses, cifra incluso menor a la estimada por la empresa. Se recomienda no disminuir más esta cifra puesto que se tiene salvaguardado un stock de seguridad para los equipos críticos.

Tabla 5.3: Cobertura escenario B.

Elemento	Consumo USD	Inv. Disponible (USD)	Valor del parámetro
Cobertura dic. 2017	729.602	2.047.753	2,81

Fuente: Elaboración Propia.

El plazo de entrega será considerado como el ideal de 77 días promedio, considerando que cada material tiene su propio tiempo, pero al realizar las órdenes de compra antes de la necesidad misma, no debería afectar en la entrega del material.

Así mismo las pérdidas por horas de producción se reducen, al menos para los equipos críticos a 539,15 horas en promedio para todos los tipos de mantenciones, para el caso se considerara solo las mantenciones mecánicas, en las cuales los materiales tienen mayor repercusión, determinando que las horas que se podrían disminuir al tener al menos una unidad disponible para reparaciones no planificadas es de 435 horas. Llegando casi a las detenciones aceptadas por la empresa de 1000 horas, recordando que originalmente son 1.577 horas.

5.1 Costos de implementar la propuesta

El costo de implementar la propuesta está basado en las actividades a realizar y la capacitación respectiva a los trabajadores que participaran del proceso, resumiendo los costos en la siguiente tabla (Ver tabla 5.4).

Tabla 5.4: Costos de implementar sistema.

Descripción del costo a considerar	Valor USD	Valor en $
Análisis de requerimientos	10.000	6.450.000
Diseño	50.000	32.250.000
Prueba del sistema	8.000	5.160.000
Integración del sistema	6.000	3.870.000
Implementación del sistema	13.000	8.385.000
Capacitación	20.000	12.900.000
Total	**107.000**	**69.015.000**

Fuente: Elaboración Propia.

El costo si bien es una cifra considerable, para los efectos que trae la implementación del sistema es mínimo, ya que los ahorros que puede generar son al menos de 2,7 millones de dólares si se trabaja a modo de planificación, el beneficio de aplicar MRP es de al menos 90%.

5.2 Recomendaciones

Sustentado en los antecedentes declarados en los apartados anteriores, se sugiere aplicar MRP como lo indica el escenario B, considerando la criticidad del equipo en el proceso productivo, entregando los planes de aprovisionamiento para cada mes y orientando a mantener un stock de seguridad ante cualquier imprevisto. Respecto al tiempo de entrega del proveedor se recomienda adelantar las órdenes de compra 30 días respecto a lo que determina el sistema, todo a modo de cubrir posibles retrasos por parte del proveedor.

Capacitar al personal participantes de los procesos de planificación y compras, así como de la cadena de suministros completa, es un punto clave para que el sistema funcione de forma adecuada, cualquier uso herrado de información puede modificar los resultados esperados.

Es fundamental mostrar a los usuarios la importancia de mantener la planificación de la demanda de forma acertada para cada tipo de material, ya que esta propuesta se podría aplicar a todos los segmentos de materiales que posee la empresa.

Estimar la demanda es un factor relevante suponiendo que MRP se alimenta de la declaración que hacen los usuarios (mantenedores) sobre la cantidad y período en que necesitan tener a su disposición el material requerido.

Bibliografía

[CODELCO15] Corporación Nacional del Cobre de Chile. Nuestra Empresa. Santiago: CODELCO, 2015. (Disponible vía Web en https://www.codelco.com/codelco-la-empresa-de-todos-los-chilenos-y-chilenas/prontus_codelco/2015-12-30/171746.html visitada en Marzo del 2017).

[CODELCO16] Codelco. Memoria Anual 2016. Santiago: Editorial Departamento de Gestión y Comercio Electrónico.

[CODELCO16] Corporación Nacional del Cobre de Chile. Nuestra Empresa. Santiago: CODELCO, 2016. (Disponible vía Web en https://www.codelco.com/prontus_codelco/site/edic/base/port/nosotros.html visitada en Marzo del 2017).

[UPADI04] Comité Panamericano de Ingeniería de Mantenimiento. (Disponible vía Web en http://www.mantenimientomundial.com visitada en Febrero del 2017).

Agustín Cárdenas, "*Administración con el Método Japonés*", (CECSA, 1993).

Ana Flores, *"Sistemas MRP Materials Requirement Planning (Planeación de recursos de materiales)"*, 2008)

Aníbal Gómez*, "Modelo para determinar políticas de inventario basado en los conceptos de riesgo y confiabilidad de equipos"* (Colombia: Barranquilla, 2008), edición PDF.

Carlos Castro, Mario Vélez, Jaime Castro, *"Clasificación ABC Multicriterio: Tipos de Criterios y Efectos en la Asignación de pesos"* (Colombia: Medellín, 2011), edición PDF, página 3.

Carlos Torres, Javier Córdova, "Diseño de sistema experto para toma de decisiones de compra de materiales" (Chile: Concepción, 2014), edición en PDF.

Chase, Jacobs, Aquilano, *"Administración de Operaciones: Producción y Cadena de Suministros"*, (México, 2006).

COCHILCO. *"Estudios, Informes trimestrales"*. Acceso el 2 de mayo de 2017. https://www.cochilco.cl/Mercado%20de%20Metales/02052017%20Informe%20de%20tendencias%20del%20mercado%20del%20cobre%20(003).pdf, página 15.

CODELCO (Chile). División Andina. *Mi trabajo, Gerencia de Administración 2017.* Los Andes: CODELCO, 2017. Portal Codelco (Intranet).

Definición ABC, https://www.definicionabc.com/general/adecuado.php

Díaz M., A. "Gerencia de inventarios", Ediciones IESA, (Caracas, Primera edición, 1999), 264.

Duffuaa S., Rafouf A. y otros. "Sistemas de mantenimiento: Planeación y control", (Editorial Limusa, Mexico D.F., Primera edición. 2000, 419).

Gerencia de Abastecimiento, "*Manual de Gestión de Contratación*" (Santiago, 2016), edición en PDF.

Gerencia de Abastecimiento, "*Manual de Gestión de Contratos*" (Santiago, 2016), edición en PDF.

Gestión de Operaciones, Plan de Requerimientos de Materiales (MRP), 2015. http://www.gestiondeoperaciones.net/plan-de-requerimientos-de-materiales/limitaciones-y-dificultades-de-la-planificacion-de-requerimientos-de-materiales-mrp/

Gran Diccionario de la Lengua Española. S.v. "Inexistente." Retrieved June 5 2017 from http://es.thefreedictionary.com/inexistente
http://www.manufacturingterms.com/Spanish/Normal-Production-Loss.html
https://meetlogistics.com/demand-planning/exceso-de-inventario/

Ingeniera industrial Online, https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/producci%C3%B3n/planeaci%C3%B3n-de-requerimientos-de-materiales-mrp/

Jaime Mundaca M, Ivan Aedo S, Guillermo Molina S, "*Manual para la Gestión de Mantenimiento*" (Santiago, 2013), edición en PDF.

Jiménez J. "Estado del Arte de los Modelos Matemáticos para la Coordinación de Inventarios en la Cadena de Suministro", (México, 2005).

José Luis Pulido, "Gestión de la Cadena de Suministros. El último secreto" (Venezuela: Caracas, 2014), edición en PDF, primer edición, página 23.

Katherin Sala, *"Diseño de una estrategia de gestión de inventarios colaborativo para escenarios de incertidumbre de una cadena de suministros multi-nivel: caso de aplicación sector madera y muebles de la región caribe de Colombia"* (Colombia: Cartagena de Indias, 2013), edición PDF.

Portal Codelco (Intranet) División Andina. *Mi trabajo, Gerencia de Administración. Procesos de Abastecimiento,* 2017.

Racionaliza, "Diferencia entre RFI, RFG y RFP, http://racionaliza.com/2016/02/rfi-no-es-rfq-y-menos-rfp/

Revista virtual pro, "Planeación de la Producción"

Revista virtual pro, "Planeación de la Producción" http://www.revistavirtualpro.com/revista/planeacion-de-la-produccion/12

Ricardo Gutiérrez S, "*Manual de Adquisiciones*" (Santiago, 2015), edición en PDF.

Samuel Campos, *"Propuesta de implementación de un sistema MRP para reducir los costos de inventario de materia prima en la producción de alimentos balanceados para pollos en Molino El Cortijo S.A.C."* (Perú: Trujillo, 2015), edición en PDF.

Zoila Morales, Efrén Vásquez, Yailé Caballero, *"Optimización del stock de piezas de repuesto para equipos médicos"* (Cuba: La Habana, 2015), edición en PDF.

Anexos

Anexo A

Encuesta realizada a personal de la división, principalmente usuarios (mantenedores y áreas de apoyo) y personal de la Gerencia de Administración, en la cual se otorga el listado de causas.

Instrucciones: Debe marcar 5 causas que según su criterio sean las más relevantes dentro del funcionamiento actual del sistema de gestión de inventario.

CAUSA	¿ES RELEVANTE?
Falta detalle técnico de los materiales	
Petición de material no se hace con detalle técnico	
Falla en el proceso de mantención a equipos	X
Los mantenedores estiman los niveles de stock bajo la premisa mientras más mejor	
Planificación de producción y requerimientos se hace en base a promedios históricos	X
Exceso de inventario de materiales que no tienen alta rotación	
Altos niveles de inventario	X
Inconsistencias en la toma física del inventario	
Existencia de materiales obsoletos o caducados	
Criticidad tiene falencias	
Mal control en Gestión de repuestos	X
No se tienen en cuenta la trazabilidad de consumo al momento de realizar el reabastecimiento de materiales	
Poca integración de la información	
Error en las reservas de material	X

Figura A.1: Encuesta para seleccionar causas relevantes.

Fuente: elaboración propia.

Causas generales agrupadas para Diagrama Pareto (Resumen de datos).

CAUSA GENERAL	DEFICIENCIAS	TOTAL
Detalle técnico del material	Falta detalle técnico de los materiales	30
	Petición de material no se hace con detalle técnico	22
Errores en la Planificación	Falla en el proceso de mantención a equipos	50
	Los mantenedores estiman los niveles de stock bajo la premisa mientras más mejor	34
	Planificación de producción y requerimientos se hace en base a promedios históricos	63
Exceso de inventario	Altos niveles de inventario	30
	Exceso de inventario de materiales que no tienen alta rotación	39
Inconsistencias en la toma física del inventario	Inconsistencias en la toma física del inventario	27
Mal control en la Gestión del repuesto	Criticidad tiene falencias	41
	Existencia de materiales obsoletos o caducados	37
	Mal control en Gestión de repuestos	42
No se tienen en cuenta la trazabilidad de consumo al momento de realizar el reabastecimiento de materiales	No se tienen en cuenta la trazabilidad de consumo al momento de realizar el reabastecimiento de materiales	20
Usuarios no gestionan correctamente los	Error en las reservas de material	27
	Poca integración de la información	38
	TOTAL	**500**

Figura A.2: Causas generales agrupadas para Diagrama Pareto.

Fuente: elaboración propia.

Anexo B

Compras que representan el 80% del monto total de 2017, según escenario A.

Código	Descripción Texto Breve	EQUIPO	Total	Pareto
1384121	MEGALINER PLACA ANILLO METSO DO3525714	Molino Unitario ABB D:25' L:37,5' 17500 HP (MUN2)	447.340	15%
1427917	PLACA POLYMET METSO ZX11360900	Molino SAG 16.000 HP	378.173	28%
1199101	ALZADOR ALIMENTACION PLNCO245254R2	Molino SAG 16.000 HP	258.863	37%
1440689	MEGALINER PLACA ANILLO 1 METSO ZX113325	Molino Unitario ABB D:25' L:37,5' 17500 HP (MUN2)	218.910	44%
1199102	ALZADOR DESCARGA PLNCO245255R3	Molino SAG 16.000 HP	212.703	51%
1273163	PARRILLA DOBLE PLNPC053049	Molino SAG 16.000 HP	154.762	57%
1427918	PLACA POLYMET METSO ZX11361046	Molino SAG 16.000 HP	139.520	61%
1238892	LAINA INTERMEDIA METSO 0003156375	Molino Remolienda Vertimill	104.569	65%
1198864	CORAZA N°2 PLNCO245167	Molino barra 1000 HP D:11,5' L:16' (1,2 Y 3)	102.458	68%
1440690	MEGALINER PLACA ANILLO 6 METSO ZX113812	Molino Unitario ABB D:25' L:37,5' 17500 HP (MUN2)	99.938	72%
1198863	CORAZA N°1 PLNCO245167	Molino barra 1000 HP D:11,5' L:16' (1,2 Y 3)	91.928	75%
1426844	CORAZA MONOBLOCK METSO ZX11341531	Molino Unitario ABB D:25' L:37,5' 17500 HP (MUN2)	79.479	78%
1198966	CORAZA INTERMEDIA PLNPC053461	Molino SAG 16.000 HP	73.609	80%

Figura B: Compras que representan el 80% del total en 2017, escenario A.

Fuente: elaboración propia.

Anexo C

Compras que representan el 80% del monto total de 2017, según escenario B.

Código	Descripción Texto Breve	EQUIPO	Total	Pareto
1384121	MEGALINER PLACA ANILLO METSO DO3525714	Molino Unitario ABB D:25' L:37,5' 17500 HP (MUN2)	447340	15%
1427917	PLACA POLYMET METSO ZX11360900	Molino SAG 16.000 HP	378173	27%
1199101	ALZADOR ALIMENTACION PLNCO245254R2	Molino SAG 16.000 HP	258863	36%
1440689	MEGALINER PLACA ANILLO 1 METSO ZX113325	Molino Unitario ABB D:25' L:37,5' 17500 HP (MUN2)	218910	43%
1199102	ALZADOR DESCARGA PLNCO245255R3	Molino SAG 16.000 HP	212703	50%
1273163	PARRILLA DOBLE PLNPC053049	Molino SAG 16.000 HP	154762	55%
1427918	PLACA POLYMET METSO ZX11361046	Molino SAG 16.000 HP	139520	59%
1238892	LAINA INTERMEDIA METSO 0003156375	Molino Remolienda Vertimill	104569	63%
1198864	CORAZA N°2 PLNCO245167	Molino barra 1000 HP D:11,5' L:16' (1,2 Y 3)	102458	66%
1440690	MEGALINER PLACA ANILLO 6 METSO ZX113812	Molino Unitario ABB D:25' L:37,5' 17500 HP (MUN2)	99938	70%
1198863	CORAZA N°1 PLNCO245167	Molino barra 1000 HP D:11,5' L:16' (1,2 Y 3)	91928	73%
1426844	CORAZA MONOBLOCK METSO ZX11341531	Molino Unitario ABB D:25' L:37,5' 17500 HP (MUN2)	79479	75%
1198966	CORAZA INTERMEDIA PLNPC053461	Molino SAG 16.000 HP	73609	78%
1238891	LAINA PUNTILLA METSO 0003156370	Molino Remolienda Vertimill	64845	80%
1198868	CORAZA CABEZAL DESCARGA PLNCO245164	Molino barra 1000 HP D:11,5' L:16' (1,2 Y 3)	56768	82%

Figura C: Compras que representan el 80% del total en 2017, escenario B.

Fuente: elaboración propia.

Anexo D

División Andina opera el yacimiento Río Blanco, cuya riqueza era conocida desde 1920 y cuya explotación inició medio siglo después, en 1970. Está ubicada sobre la reserva de cobre más grande del mundo encontrada hasta la fecha.

Ubicada a ochenta kilómetros al noreste de Santiago, entre los 3.700 y 4.200 metros sobre el nivel del mar, la división tiene un método de explotación mixto (subterráneo y a rajo abierto) y cuenta con las reservas minerales más importantes de Codelco.

La División Andina produce alrededor de 220 mil toneladas de concentrado de cobre fino y 5.000 toneladas de molibdeno. Cuenta con una dotación propia de 1.680 personas (a diciembre de 2015) y 2.808 pertenecientes a empresas colaboradoras de apoyo a la operación.

Figura D.1: Organigrama gerencia general División Andina

Fuente: elaboración propia.

Figura D.2: Organigrama gerencia de administración División Andina.

Fuente: elaboración propia.

Visión

- Codelco la empresa Chilena Líder en cobre y la más competitiva del mundo, en el ámbito industrial minero.
- Competitiva en venta de tecnología, preocupada de las necesidades de sus clientes y atenta a las oportunidades del negocio Minero.
- La gran empresa de Chile con altos estándares éticos, de productividad, y satisfacción laboral.
- Cumpliendo plenamente sus compromisos con la comunidad, el medio ambiente y el país.
- Corporación con gestión de excelencia operacional en sus procesos.

- Materializando misión y valores en un estilo de gestión participativo, innovando y creando permanentemente.
- Con tecnología rentable y de punta en sus procesos garantizando participativo, innovando y creando permanentemente.
- Con tecnología rentable y de punta en sus procesos garantizando la satisfacción de sus clientes.
- Personas altamente comprometidas, entrenadas y trabajando en equipos cohesionados.
- Administración que impulsa el desarrollo de las personas, en un escenario organizacional amplio.

Misión

"La misión de División Andina es producir concentrado de cobre y molibdeno, participando en su comercialización conociendo al cliente y apoyando la gestión para satisfacer las necesidades de fundiciones de Cobre y transformadores de concentrado de Molibdeno.

Busca competir y ser reconocida por producir productos con muy bajas impurezas, cuya composición mineralógica y leyes sean homogéneas, todo ello técnicamente certificado.

Igualmente, la División busca ser oportuna y puntual en la entrega de sus productos, y flexible para adaptarse a los requerimientos de sus clientes dentro de ciertos márgenes definidos.

En el futuro, Andina buscará producir y comercializar más activamente, cobre, oro, plata y subproductos, en las formas que resulten más rentables para la compañía. Dentro de los subproductos se considera la venta de tecnología derivada del conocimiento interno de la División. Dirigirá su operación hacia empresas transformadoras, procesadoras, fundiciones y otras empresas del Sector Minero, pensando en la venta de tecnología, ubicadas en el mundo entero aunque mayoritariamente concentrada en Chile y América Latina.

Por lo tanto, Andina buscará competir y ser reconocida por la calidad certificada en el desarrollo de sus procesos, cuidado por el medio ambiente y por proveer productos con mínimas impurezas. Lo que en consecuencia se constituirá en condiciones esenciales para competir en el mercado".

Negocio

El negocio de la División Andina consiste fundamentalmente en producir concentrado de Cobre fino y concentrado de Molibdeno. Para obtener dichos productos, se procesa el mineral extraído desde los yacimientos.

La operación minera considera la explotación simultánea de minería subterránea y a rajo abierto.

Figura D.3: Mina rajo y mina subterránea.

Fuente: elaboración propia.

Proceso de obtención de concentrado del mineral

El producto final de División Andina es concentrado de cobre y molibdeno, adicionalmente se vende cemento de cobre, obtenido a partir de una labor anexa de lixiviación de concentrado de molibdeno para su posterior enriquecimiento de leyes con uso de cloruro férrico.

El mineral que procesa la planta proviene de ambas operaciones mineras de la División, por consiguiente, existen dos líneas de conminución que convergen en el proceso de flotación colectiva. La línea Don Luis corresponde esencialmente a mineral de los rajos en operación, los cuales son transferidos a través de un sistema de piques a las faenas subterráneas, mientras que la línea Norte-Sur-Oeste solo procesa mineral de la operación subterránea.

La planta concentradora es alimentada por ambas operaciones mineras, en promedio, con 88.000 toneladas por día de mineral cuya ley es de 0,81%.

Los principales procesos de la Planta Concentradora para el período 2015 - 2019, son los siguientes:

- **Proceso Chancado Grueso, Don Luis y Transporte de Mineral.** Incluye las operaciones unitarias y de apoyo, necesarias para realizar las etapas de chancado primario para abastecer al prechancado y chancado secundario-terciario, y planta de chancado grueso convencional primario-secundario, que abastece al chancado fino terciario-cuaternario. Les siguen dos líneas de transporte de mineral a las etapas siguientes.

- **Proceso Chancado Fino y Prechancado.** Considera la planta de Chancado Fino Terciario-Cuaternario que prepara el mineral para molienda convencional y molino unitario 1; Planta de Prechancado, que acondiciona el mineral para molienda SAG3, y Planta de Chancado Secundario-Terciario, que suministra el mineral a molino unitario 2.

- **Proceso Molienda.** Incluye los procesos de molienda en las plantas SAG, Convencional y Unitaria. Genera mineral de tamaño adecuado para la concentración colectiva por flotación.

- **Proceso de Flotación Colectiva.** Incluye los procesos de flotación rougher, scavenger y limpieza para generar el concentrado de cobre – molibdeno colectivo.

- **Planta de Cal y Reactivos**. Planta dedicada al almacenamiento y preparación de lechada de cal y reactivos de flotación.

- **Espesadores de Relaves.** Incluye los procesos de espesamiento de los relaves de la planta y la recuperación de agua para los procesos de molienda y flotación.

- **Planta de Productos Comerciales.** Contempla las operaciones de flotación selectiva para separar el molibdeno del cobre, y lixiviación férrica para obtener el molibdeno con calidad comercial. Le sigue el proceso de filtrado de cobre que entrega la humedad requerida del producto final.

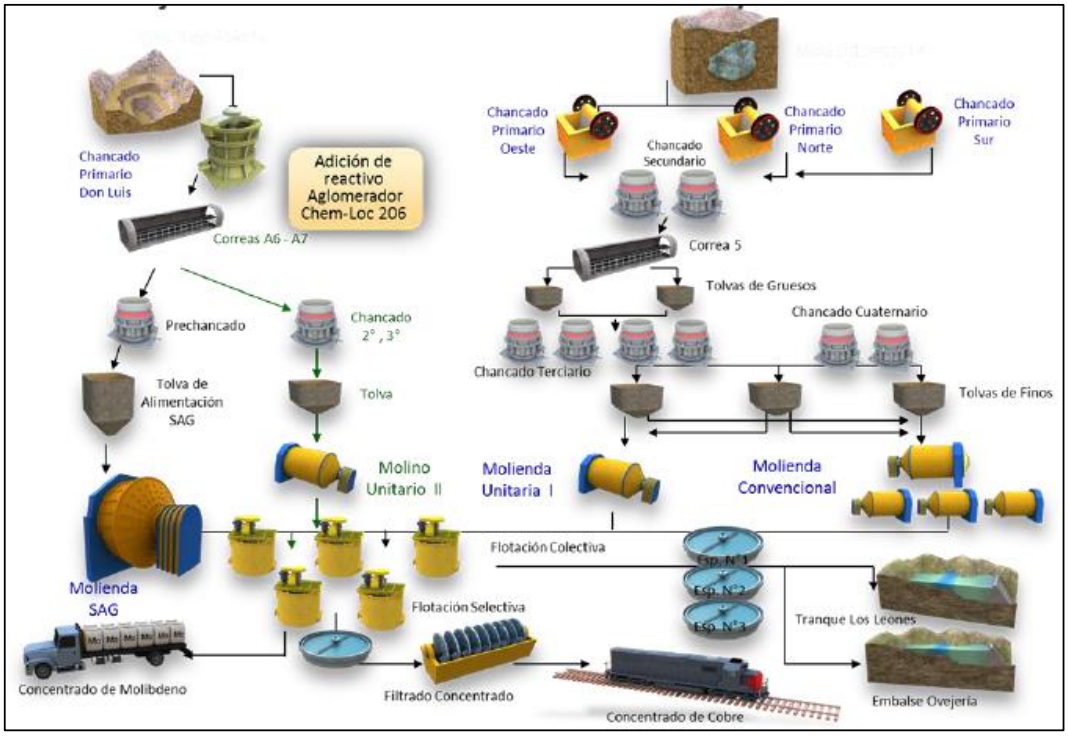

Figura D.4: Proceso productivo Codelco Andina.

Fuente: elaboración propia.