

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE INVENTARIOS DE  
COMPONENTES MENORES REPARABLES PARA MAQUINARIA DE  
EXTRACCIÓN MINERA**

**INTEGRANTES**

Carlos Sneyder Moreno Fonseca

Diana Carolina Sampayo Orozco

Trabajo presentado para optar el título de Especialista de Logística de Operaciones

**UNIVERSIDAD SIMON BOLIVAR**

Especialización en Logística de Operaciones

Barranquilla, Colombia

2020

# TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1 ANÁLISIS DE CAUSAS Y EFECTOS DEL PROBLEMA .....</b>	<b>10</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>12</b>
<b>2.1 OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>12</b>
<b>2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>12</b>
<b>3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>13</b>
<b>4. MARCO DE REFERENCIA .....</b>	<b>16</b>
<b>4.1 MARCO CONCEPTUAL.....</b>	<b>16</b>
<b>4.3 MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>33</b>
4.3.1 INVENTARIOS .....	34
4.3.2 CADENA DE ABASTECIMIENTO.....	35
4.3.3 ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS.....	36
4.3.4 GESTIÓN DE MANTENIMIENTO .....	36
4.3.5 INVENTARIO DE REPUESTOS.....	37
4.3.6 REABASTECIMIENTO DE MATERIALES .....	38
4.3.7 MODELOS DE CONTROL DE INVENTARIOS .....	39
4.3.8 MODELO EOQ (ECONOMIC ORDER QUANTITY).....	40
4.3.9 ROP (PUNTO DE REORDEN) .....	41
4.3.10 MÉTODO ABC .....	43
4.3.11 SISTEMAS DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA FABRICACIÓN.....	44
<b>5. DISEÑO METODOLÓGICO.....</b>	<b>45</b>
<b>6. CRONOGRAMA .....</b>	<b>47</b>
<b>7. DESARROLLO .....</b>	<b>48</b>
<b>7.1 DEFINIR LA LISTA DE COMPONENTES MENORES REPARABLES Y SUS RESPECTIVOS NIVELES DE INVENTARIO PARA GARANTIZAR EL CONTROL DE ESTOS EN SAP.....</b>	<b>48</b>
<b>7.2 ELIMINAR LA CREACIÓN DE PURCHASE REQUISITIONS DE FORMA MANUAL REALIZADA POR EL USUARIO Y AUTOMATIZAR ESTA CREACIÓN DE ESTAS A TRAVÉS DE SAP .....</b>	<b>49</b>

<b>7.3 CONTROLAR EL INVENTARIO DE COMPONENTES REPARABLES DESDE SU ADQUISICIÓN O REPARACIÓN HASTA SU DISPOSICIÓN FINAL .....</b>	<b>50</b>
<b>9. ANEXOS .....</b>	<b>53</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>60</b>

## **INTRODUCCIÓN**

El presente trabajo tiene como propósito implementar un sistema de gestión de inventarios como estrategia de control de componentes reparables para maquinaria de extracción minera con la finalidad de agregar valor en la medida que se garantice disponibilidad de este tipo de materiales en la operación y que a su vez soporte la planeación de mantenimiento de estos equipos. Con esta propuesta la cadena de suministros busca identificar los aspectos relevantes en el proceso de reabastecimiento y reparación de componentes menores para maquinaria de extracción minera, y mediante esto lograr satisfacer las necesidades en cuanto a demanda del usuario final.

Teniendo en cuenta que el problema de la empresa radica en el departamento de mantenimiento el cual no tienen un criterio establecido y estructurado, un proceso estandarizado y un plan de cambio de componentes de cada equipo, el cual muchas veces envían repuestos para que sean reparados sin saber si es viable para la empresa ocasionando que se disminuya la capacidad de almacenamiento y como consecuencia un incremento del valor del inventario.

Este proyecto de investigación es de tipo cuantitativo-descriptivo, para soportar esta propuesta se tuvo en cuenta el modelo EOQ, punto de reorden y el stock de seguridad, ya que actualmente la solicitud se realiza de forma manual y no automática.

Por otro lado, se encontrarán cada uno de los conceptos de cada factor implicado en el proceso de reabastecimiento de materiales, así como la importancia de definir una lista de componentes con viabilidad de enviar a reparar o en su defecto comprar el componente

nuevo, mediante de criterios acordados entre las áreas involucradas y la definición de niveles de inventario. Además, se hará un análisis general de todo el proceso de la operación de extracción minera, con el fin de optimizar el capital de trabajo, disminuyendo la cantidad de transacciones, aumentando la disponibilidad de equipos y diseñando controles de reabastecimiento que permita a la cadena de abastecimiento ofrecer el nivel de servicio esperado por el usuario final, especialmente hablando del área de mantenimiento.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Actualmente el proceso de reabastecimiento de componentes menores para maquinaria de extracción minera es administrado por el departamento Mantenimiento, es decir, adquieren componentes nuevos según sus criterios de confiabilidad y plan de cambio de componentes de cada equipo y cada flota, o envían a reparar componentes dañados desmontados de los equipos sin tener en cuenta si es viable o no hacerlo, no tiene un criterio bien estructurado en cuanto al manejo y administración de un inventario y por ende no hay control de estos componentes ocasionando que se disminuya la capacidad de almacenamiento en el almacén, se subutilice el capital de trabajo en estos tiempos de crisis del precio del carbón y por ende un incremento desmedido del valor del inventario; todo esto debido a que no se cuenta con niveles de inventario que garanticen el óptimo abastecimiento requerido por la operación minera o el plan de cambio de dichos componentes de cada equipo.

Es importante mencionar que el proceso de abastecimiento de este tipo de materiales inicia desde que se desmonta un componente dañado de cualquier equipo de extracción minera y se utiliza un componente en buen estado del almacén, como cambio inmediato para que dicho

equipo continúe operando de acuerdo al plan minero (algo similar al cambio de llantas de un vehículo de fórmula 1, en donde en el área asignada desmontan las llantas desgastadas e inmediatamente instalan llantas nuevas para que el vehículo continúe la carrera); hasta que se envía dicho componente dañado desmontado a reparar o en su defecto proceder con la respectiva disposición final, de acuerdo al procedimiento interno de baja de componentes no reparables.

El abastecimiento de estos componentes se efectúa con la generación de una solicitud de pedido manual generada por un usuario clave del área de mantenimiento y no de manera automática, ya que estos componentes no cuentan con niveles de inventario definidos (ROP, MAX, Stock de seguridad), tal como se encuentra estandarizado el reordenamiento del resto de materiales en SAP (ERP utilizado en esta compañía). Por otro lado, el área de mantenimiento según su experiencia define a cual proveedor debe ser enviado un determinado componente para que sea reparado y esta información además del alcance de la reparación requerida debe ser adicionada a dicha solicitud de pedido, para que el área de suministros genere una orden de compra incluyendo la información mencionada anteriormente y de este modo sea gestionado el envío del componente, a través del área de logística y transporte al proveedor definido por mantenimiento.

Además de lo anteriormente mencionado, el grupo de Mantenimiento no ha definido criterios que permitan identificar si un material o componente es reparable o no y simplemente envían a reparar cualquier material, repuesto, parte, etc. según así lo determine cualquier supervisor, superintendente y hasta un técnico de acuerdo a sus experiencias, dejando de lado si para la compañía es viable realizar todo el trámite para que este proceso surta, que en ocasiones el resultado no es el esperado, puesto que el proveedor luego de un largo tiempo durante la evaluación del material o componente considera que no es viable dicha reparación, porque

por calidad, durabilidad del componente, por el costo del mismo e incluso por la afectación a la vida útil del componente mayor o el mismo equipo y los sobre costos que todo lo anterior pueden ocasionarse de esta reparación innecesaria, es mejor y viable realizar un compra de un componente nuevo.

La decisión de enviar a reparar por reparar un componente además de lo dicho anteriormente trae consigo además de consecuencias operativas y administrativas, la generación de retrasos en el plan de cambio de componentes e incremento de mantenimientos correctivos, así mismo afectando la disponibilidad de estos materiales en el almacén y su capacidad de almacenamiento en este (teniendo en cuenta que estas partes son extra dimensionadas) y que sin tener niveles de inventario definidos, existe el riesgo de generarse un cuello de botella en caso que no se cuente con dicho componente para soportar fallas inesperadas en los equipos, dejándolos down hasta contar con estos en el almacén y en la operación, que por lo general la inspección por parte del proveedor puede tardar hasta un mes y medio para evaluar, definir o clasificar un material o componente como reparable o no, más otro mes y medio para entregarlo como reparado en las bodegas de nuestro operador logístico para que este lo transporte hasta la mina u operación. Estos largos tiempos de evaluación y reparación se dan, ya que estos proveedores atienden otras compañías mineras con los mismos requerimientos y esto ocasiona que nuestra necesidad quede en cola de producción hasta que se llegue el turno correspondiente; dada la falta de niveles de inventario mantenimiento depende de la agilidad del proveedor y no de la disponibilidad de los componentes en el almacén, por esta razón cada vez que desmontan cualquier componente lo envían a reparar lo antes posible para tratar de disminuir el tiempo de reposición de este.

Por otro lado, además de las demoras por parte del proveedor sumado a que no contamos con contratos de suministro o servicios, que garanticen menores tiempos de entrega tanto de

reparación o de inspección y evaluación; por otro lado, estos proveedores también incumplen con las fechas de entrega pactadas en la orden de compra, afectando la planeación de mantenimiento que a su vez impacta la producción de la mina.

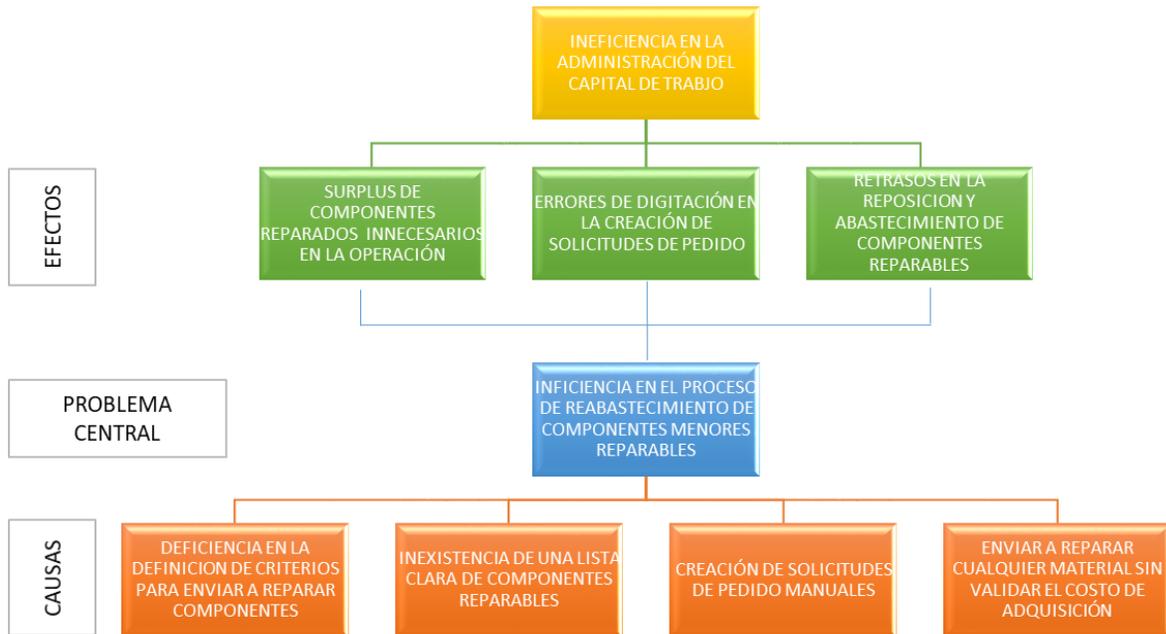
Entre los aspectos que generan horas hombre innecesarias por parte del personal de mantenimiento están: el seguimiento o tracking de los materiales o componentes en proceso de reparación, generación de formato de entrega de componentes removidos al almacén en donde se incluyen diferentes datos, como el serial o ID, dimensiones para definir el vehículo o transporte a utilizar para despacharlo desde la mina hacia el proveedor, información del equipo, uso, observaciones de las fallas encontradas y otra serie de información que por lo general nadie usa e incluso solo el 20% de estos datos realmente son necesarios para que el proceso surta correctamente y el resto es desperdicio que genera tiempo mal utilizado; y si miramos de forma objetiva todo los pasos anteriores más la cantidad de actividades que está asumiendo mantenimiento, esto debe ser administrado por el área de la cadena de abastecimiento de una manera más sencilla, expedita y sobre todo con un óptimo control y/o gestión de inventarios, generando el mismo objetivo y agregando valor en el abastecimiento de estos materiales o componentes, como generar un tag de identificación de componentes en vez del formato, integrar los pesos y dimensiones a SAP para evitar hacerlo en cada despacho, establecer niveles de inventario que permitan generar solicitudes de pedido automáticas con solo la necesidad de adicionar información puntual de manera manual, realizar seguimiento o tracking a través de SAP e incluso negociar contratos que garanticen cumplimientos en los tiempos de entrega e inspección y definición de componentes menores reparables.

El indicador actual de disponibilidad de todas las flotas de equipos de extracción minera en la operación es del 72% en promedio, de un 90% como target para el cumplimiento de las

metas de producción; dato que refleja los problemas de disponibilidad de componentes por la falta de control y gestión de inventarios a cargo del usuario, pues el resto de partes es suministrado por el suplidor de las marcas de cada flota y que son de alta rotación, fácil control y bajo valor.

*¿Cuál es el impacto de implementar un sistema de gestión de inventarios que garantice el control de componentes menores para maquinaria de extracción minera?*

## 1.1 Análisis de Causas y Efectos del Problema



*Ilustración 1. Árbol Problema*

A partir la ilustración 1 se puede identificar que el problema central es la ineficiencia en el proceso de reabastecimiento de los componentes menores reparables lo cual esta a cargo del departamento de mantenimiento como se menciono anteriormente y las causas que este trae consigo.

Se puede observar que todo se centra en que la compañía no tiene un plan estructurado en cuanto a los componentes reparables, la personas que están involucradas en este proceso,

deciden si un componente es reparable o no según su experiencia, sin tener en cuenta que tan viable es para la empresa.

	<b>Positivos</b> Para alcanzar el objetivo	<b>Negativos</b> Para alcanzar el objetivo
<b>Origen interno</b> Atributos de la empresa	<b>F</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Integración entre Mantenimiento y Supply Chain Management</li> <li>- Pasar de un abastecimiento manual a un abastecimiento automático en SAP</li> <li>- Adaptación al cambio</li> <li>- Establecer controles para garantizar trazabilidad del proceso</li> <li>- Realizar reuniones de seguimiento</li> </ul>	<b>D</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Alta inversión debido a necesidad de compra de componentes para garantizar disponibilidad de equipos</li> <li>- Obtención de los costos operativos en el proceso de producción</li> <li>- Rechazo al cambio</li> </ul>
<b>Origen externo</b> Atributos del ambiente	<b>O</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Optimizar recursos</li> <li>- Mejorar tiempos de abastecimiento</li> <li>- Establecer contratos de servicio para disminuir los tiempos de entrega y mantener precios según el tipo de reparación</li> <li>- Disminuir transacciones</li> </ul>	<b>A</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sobre costos por mala preservación o almacenamiento</li> <li>- Incumplimiento en los tiempos de entrega por parte del proveedor</li> <li>- Demoras por la definición o valoración de clasificar un componente o subcomponente reparable o no por parte del proveedor</li> </ul>

*Ilustración 2. Análisis DOFA*

A partir del Análisis DOFA se pueden identificar que con esta propuesta de implementar un sistema de inventario ayudara a establecer controles para garantizar la trazabilidad del proceso, una mejor administración de inventarios, mejorar los tiempos de abastecimiento, optimización de recursos, disminuir los costos de tener inventario innecesario.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

Implementar un sistema de gestión de inventarios de componentes menores para equipos de extracción minera con el propósito de disminuir la cantidad de transacciones, garantizar el control de reabastecimiento y optimizar el capital de trabajo para aumentar la disponibilidad de equipos.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Definir la lista de componentes menores reparables y sus respectivos niveles de inventario para garantizar el control de estos en SAP
- Eliminar la creación de Purchase Requisitions de forma manual realizada por el usuario y automatizar esta creación de estas a través de SAP
- Controlar el inventario de componentes reparables desde su adquisición o reparación hasta su disposición final

### **3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

El desarrollo de países emergentes, el incremento de la población y el crecimiento de la economía mundial han generado una tendencia en aumento de aproximadamente el 80% del consumo de energía mundial a través de combustibles fósiles (Castrillón Mendoza, Gonzáles Hinestroza, Quispe Oqueña, Urhán Rojas, & Fandiño Gutiérrez, 2014).

La economía mundial a nivel de minería a cielo abierto, hablando específicamente en este caso del carbón mineral, se está viendo impactada por el cambio climático y el calentamiento global a nivel mundial, pues este mineral es considerado un combustible fósil con alto grado de contaminación atmosférica, y a raíz de esto se han originado diferentes estrategias para contrarrestar este fenómeno tales como, presionar a las empresas a través de penalizaciones o multas, para evitar el uso de este mineral, además de las exigencias o requerimientos por parte de los gobiernos a nivel mundial sobre el compromiso con el medio ambiente, como plan de acción para incentivar el uso de energías renovables y desacelerar el efecto del calentamiento global, lo cual ha determinado una variación o fluctuación del precio del carbón durante los últimos años con una tendencia a la baja. En ese orden de ideas toma fuerza la intención de optimizar el capital de trabajo en todas las actividades que representen inversión por parte de las empresas encargadas de la extracción de carbón.

Teniendo en cuenta que los inventarios se determinan por dos funciones principales en la compañía y su logística, tales como el aprovisionamiento y distribución, pues la

empresa debe garantizar el control de sus inventarios para ejecutar el abastecimiento adecuado en el tiempo esperado, con el objetivo de atender las necesidades propias de la demanda de materiales. Algunos objetivos de la gestión de inventarios son: reducir riesgos por administración de inventarios de seguridad, reducir costos a través de la planeación en la adquisición en línea con la producción de la compañía, reducir variaciones entre la demanda y la oferta, y reducir el costo de distribución a través de la consolidación de carga. Además, existen variables que podrían afectar la gestión de inventarios y las cuales deben ser tenidas en cuenta para evitar esto genere un impacto negativo en la compañía tales como: el tiempo, los costos de ordenar y mantener o almacenar y la demanda que por lo general es desconocida a pesar de existir tantos modelos estadísticos que ayudan a pronosticarla, pero que al final no se logra predecir con exactitud (Cruz Fernandez, 2017).

Actualmente la idea es enviar a reparar componentes menores de maquinaria de extracción minera como parte de las estrategias que utilizan estas empresas, con el fin de generar ahorros en los costos de adquisición de componentes nuevos, pues el costo del componente reparado puede ser como máximo el 65% con respecto al costo del componente nuevo, es decir que la compañía obtiene un mínimo de 35% como ahorro en la adquisición del componente nuevo, siempre y cuando se garanticen las mismas condiciones de durabilidad o vida útil que ofrece un componente nuevo; además de la reducción del tiempo de ejecución de los planes de mantenimientos preventivos a los equipos, pues el lead time de reparación en general puede tardar aproximadamente 3 meses desde que se envía a reparar el componente y se evalúa hasta que finalmente retorna al inventario como reparado, mientras que el lead time de la adquisición de un componente nuevo puede tardar entre 3 y 4 meses o según la

disponibilidad de fábrica, pues son partes de equipos de alto costo; lo cual genera un impacto positivo en cuanto a la disminución de cantidades que se deben tener en inventario para abastecer las necesidades de la operación, garantizando que los planes de cambios de componentes se ejecuten en el tiempo acordado entre producción y mantenimiento, es decir que cuando el área de operaciones y de ejecución acuerden detener un equipo y salga de producción a mantenimiento se cuente con las partes necesarias para realizar los cambios planeados en los tiempos pactados sin afectar las metas de producción.

Entendiendo la importancia de las reparaciones de estos componentes y la necesidad de controlar este inventario, es necesario definir el alcance o segmentar la lista de componentes menores a enviar a reparar (ver anexo 1), ya que actualmente cualquier material pasa por este proceso de reparación y esto incluye el abastecimiento mismo de estos, además construir criterios que permitan clasificar el inventario de los componentes reparables, implementando un sistema de gestión de inventarios que garantice el control de estos y su correcto abastecimiento, sin dejar de lado que el precio de estos componentes se ajuste al verdadero ahorro que la compañía busca. Vale la pena resaltar que un sistema de gestión de inventarios a través de la definición niveles como ROP, máximo y stock de seguridad garantizará el control óptimo de estos componentes dentro del sistema de la compañía y esto es posible de lograr haciendo uso de las diferentes herramientas estadísticas de pronósticos existentes, las cuales tienen como finalidad la precisión de la información y la búsqueda de la exactitud que permita soportar la toma de decisiones en cuanto a los niveles de inventario a establecer.

## 4. MARCO DE REFERENCIA

### 4.1 Marco Conceptual

Los siguientes conceptos son fundamentales para el desarrollo de este trabajo, de esta manera, se genera una mejor comprensión y claridad en el tema; a continuación, se mencionan los más relevantes:

- **Minería:** La minería es la actividad u ocupación relacionada con la extracción de minerales, involucrando en cada uno de sus procesos el desarrollo de la planeación, operación, cierre y adecuación de minas (Hartman & Mutmanski, 2002).
- **Carbón mineral:** Es considerado un commodity fundamental en la producción de energía y manufactura de productos químicos. Además, el mercado del carbón mineral está directamente asociado a la industria de generación de electricidad en centrales térmicas y también asociado a la industria siderúrgica, las cuales se encuentran en vía de desaceleración o decrecimiento a raíz del alto impacto ambiental que este mineral genera (Vian Ortuño, 2006).

- **Maquinaria de extracción minera:** Son equipos que en su mayoría son extra dimensionados, utilizados en las actividades de minería, con especialidades de uso y cuyo funcionamiento es determinado por el sector en operación, capacidad, disponibilidad de traslado o movimiento y tipo de mineral (Sokolski, 2020). Ver anexo 1.
- **Inventarios:** Verificación y control de materiales, bienes o activos de la compañía, que se realiza para garantizar la precisión o exactitud de las unidades que custodiamos en nuestro almacén, para validar si tenemos diferencias, ya sean por faltantes o sobrantes (Meana Coalla, 2017).
- **Stock:** Sumatoria del total de unidades de materiales almacenados para su distribución o venta. La gestión de Stock debe ser optima, ya que mantener inventarios representa un costo para la compañía que debe ser bien administrado, de lo contrario podría impactar otras inversiones de la empresa y esto se puede evidenciar en la rotación de los inventarios (Meana Coalla, 2017).
- **ROP:** También conocido como punto de ordenar, el cual se define como el nivel de inventario que representa la demanda regular o promedio de un material durante el tiempo de reaprovisionamiento o tiempo de respuesta que ofrece el proveedor como parte de la negociación en la adquisición del

material, hasta contar con la disponibilidad de este (Monsalve Fonnegra, 2018).

- **EOQ:** También conocido como cantidad económica de ordenar o de pedir y se define como el nivel correspondiente a la cantidad de inventario que se debe comprar cada vez que se realiza la reposición cuando el inventario llega al punto de ordenar, además es la variable que busca minimizar el costo total del proceso de reposición (King & King, 2015).
- **MAX:** También conocido como Stock Máximo, definido como el nivel máximo o cantidad total que podemos almacenar en la bodega. Esta variable está determinada por el espacio físico del almacén y el costo de almacenamiento de los materiales (Ayala, 2016).
- **Stock de seguridad:** Este nivel de inventario se define como la cantidad que garantiza suplir las necesidades de un material, cuando se presenta alguna desviación por algún consumo imprevisto o por el retraso en el tiempo de entrega pactado con el proveedor (Cruz Fernandez, 2017).
- **Producción:** Es el proceso de la consecución cuantitativo a producir en determinados periodos de tiempo de manera que no se impacte la capacidad instalada y se cuente con la disponibilidad de equipos, partes, materiales y/o materias primas suficientes para satisfacer las necesidades de la operación.

Dentro de la planeación de la producción es importante considerar los factores tales como, el horizonte de planificación, la capacidad de producción instalada, cantidad a producir por periodo, inventarios y costos, los cuales garantizaran que este proceso sea optimo y exitoso (De La Fuente García & Gómez Puente, 2006).

- **Pronósticos:** Consiste en predecir demanda futura asociada al producto que se mantiene en el almacén; se piensa en cuál será la demanda futura para estimar que cantidades de materiales a mantener para minimizar el capital invertido en inventario maximizando el nivel de servicio de la cadena de abastecimiento. Johansen hace referencia a que las empresas deben entender las necesidades del pasado puesto que no son las mismas de hoy y deben adaptarse a los cambios del entorno, con el fin de crear estrategias de previsión y prevención que soporte la toma de decisiones a largo plazo según cita de (Cadena Lozano, 2016).
- **Planeación:** La planeación de mantenimiento es un proceso que debe contemplar las siguientes actividades para que este sea efectivo: identificar las necesidades de los equipos a través de estadísticas reflejadas por el comportamiento histórico de estos, revisar reportes de fallas y seguimiento en los planes de mantenimiento, diagnosticar causas de daños, planear soluciones y plantear acciones correctivas, programar actividades de manera secuencial, evaluar disponibilidad de recursos, controlar e informar sobre los planes de

mantenimiento a producción y por ultimo realizar reprogramaciones de ser necesario (Garcia Palencia, 2012).

- **Mantenimiento Preventivo:** Se define como el conjunto de actividades ejecutadas por el grupo de mantenimiento, con el objetivo de mantener y conservar el funcionamiento adecuado de los equipos; es decir que el propósito principal de realizar mantenimientos preventivos es detectar y corregir fallas básicas antes que se generen fallas de riesgo mayor y que impacten el desempeño de los equipos a un alto costo de reparación (Jiménez Raya, 2015).
- **Mantenimiento Correctivo:** Es el que se ejecuta cada vez que se presenta una falla en un equipo. El alcance de la falla determina si la intervención del equipo se tiene que hacer de inmediato o si se puede posponer el mantenimiento. Claramente el enfoque es reactivo, pues obedece a una falla no planeada y por ende es costosa, porque se requiere detener el equipo para solucionar el problema, lo cual impacta principalmente el proceso productivo o genera reprocesos. A pesar de lo mencionado anteriormente y sabiendo el alto riesgo que genera este tipo de mantenimientos, irónicamente es uno de los más usados por los grupos de mantenimiento (Escaño Gonzáles, García Caballero, & Nuevo García, 2019).

- **ABC:** Siglas conocidas como Activity Based Costing en inglés. Es una metodología utilizada para clasificar materiales correspondientes al inventario de una compañía, que a su vez busca identificar según cada letra, cuales son los materiales de mayor a menor importancia o criticidad según el core business de la empresa, en donde A representa alta criticidad, B media y C baja (Montoya Palacio, 2002).
- **Capital de trabajo:** También conocido como Capital de trabajo neto, es la inversión en activos realizada por las empresas. Además, se define como el resultado de la diferencia de los activos circulantes y los pasivos circulantes, el cual representa un margen de protección o índice de estabilidad financiera para acreedores y futuras operaciones (Rizo Lorenzo, Pablos Solís, & Rizo Lorenzo, 2010).
- **Control de inventarios:** Área, metodología, programa o sistema que contribuye a que las compañías puedan obtener información de sus materiales o inventarios que a su vez genere reportes e indicadores de gestión, además que puedan organizarlos según su naturaleza o familia, obtener la capacidad de análisis de estos y garantizar la ubicación precisa tanto física como en unidades para evitar diferencias; en resumen, tener el control del inventario en custodia (López Montes, 2014).

- **Tiempo de entrega o Lead Time:** Es el tiempo acordado entre el proveedor o vendedor y el comprador sobre la entrega de un bien o servicio; este plazo de entrega debe quedar contemplado en la orden de compra, representado en una fecha y lugar de entrega específico. Lead time logístico es el tiempo total en fabricar y suministrar un producto (Rushton, Oxley, & Croucher, 2000).
- **SAP:** SAP o Systems, Applications, Products in Data Processing, es un software que actúa como un ERP que busca integrar todos los procesos y áreas de una compañía. SAP SCM (supply chain management), suministra planeación, control, cumplimiento y seguimiento de las actividades de la cadena de abastecimiento, con la finalidad incrementar competitividad, generar valor y medir el desempeño (Böder & Gröne, 2013).
- **Transacciones SAP:** Es común ver las transacciones en SAP identificadas con cinco caracteres, los cuales pueden ser letras, dígitos y/o números. Por lo general dichas transacciones están definidas por dos letras y dos dígitos, pero también se encuentran algunas determinadas por dos letras, seguidas de dos dígitos o números y una letra (Diaz Dominguez, 2011). Además de lo anterior, también se pueden crear y nombrar según la necesidad de quien lo haga, estas son conocidas como transacciones de reportes y en ocasiones combinan información de una o más transacciones default de SAP.

- **SCM:** SCM o Supply Chain Management se define como la integración de los eslabones dentro de la cadena de suministros interna (la cual involucra los procesos de negociación o procurement, producción, logística y ventas) y la cadena de suministros externa (la cual involucra los procesos de las relaciones con los proveedores, fabricación de productos terminados, almacenes de cadena y retailers) (Nakano, 2019). Importante resaltar que SCM se enfoca en la gestión de todos los procesos asociados a la cadena de suministro o de abastecimiento, con el objetivo de optimizar el capital de trabajo y recursos, evitar desabastecimientos que impacten los procesos productivos de las empresas, mejorar tiempos en logística, adoptando las mejores prácticas ambientalmente sostenibles, agregar valor a nivel interno y externo de cada proceso mencionado anteriormente tanto para bienes como para servicios y que a su vez se refleje en la satisfacción del cliente.
- **Solicitud de pedido o Purchase Requisition:** Es considerada una solicitud formal conocida como el input del área de compras para iniciar el proceso de sourcing cuando se requiere un bien o servicio. Esta por lo general es creada de forma automática a través de un ERP dentro del proceso de abastecimiento de materiales cuando el sistema detecta la necesidad de reponer inventario según el stock disponible y los niveles de inventario o por solicitud directa de un usuario (Lal & Srivastava, 2009).

- **Orden de Compra o Purchase Order:** Es un documento formal equivalente a un compromiso, pacto o contrato el cual es enviado por el cliente al proveedor para que este suministre un bien requerido. En este, se debe contemplar toda la información necesaria de forma clara y precisa del material a comprar, por ejemplo, la referencia, cantidad, descripción, Incoterm, fecha de entrega, lugar específico de entrega, contacto y demás con el fin de garantizar que lo que se requiere sea lo mismo que se pretende adquirir en el tiempo, lugar y condiciones deseadas (Aamer, 2015).

También se define como el documento formal emitido por un comprador con la intención de adquirir un determinado material, según características, precio, cantidades y condiciones especificadas en este documento. La aceptación por parte del vendedor formaliza el contrato. Con frecuencia el comprador es quien acepta las condiciones expuestas por del vendedor y realiza el envío de dicho documento para agilizar el reaprovisionamiento de materiales (De Pablo Redondo & Gonzáles Arias, 2013).

- **Reabastecimiento de materiales:** Es el proceso a través del cual se repone las cantidades del inventario de materiales de acuerdo a los niveles de inventario definidos y parametrizados en un software, el cual se encarga de completar el nivel máximo asignado de un material y de ser necesario cantidades adicionales según los requerimientos de este en un futuro, pues este proceso contempla no solo los niveles de inventario definidos óptimos (ROP, MAX, Stock de seguridad) sino también las necesidades de las

empresas con una ventana de tiempo futuro, la cual es definida en la parametrización y por lo general alineada a las políticas del área de SCM. La misión del reabastecimiento de materiales dentro de las empresas es garantizar la disponibilidad de estos en el tiempo apropiado, al menor costo posible y a su vez que se prevean las necesidades a futuro para evitar desabastecimientos por consumos inesperados que generen altos impactos a la compañía y altos costos por falta de materiales y que en algunos casos su precio es marginal con respecto al daño que puede representar el no contar con la disponibilidad requerida en el inventario (Frederick Ross, 2003).

- **Logística:** La logística se define como el proceso que se encarga de superar el tiempo y la distancia de forma eficaz y eficiente a través de las mercancías, personas e información. Además, gestiona flujos de materiales e información estableciendo un punto de equilibrio entre la oferta y demanda de la compañía, que permita optimizar este proceso en general. La logística es considerada como un eslabón de la cadena de suministros, que involucra todas las operaciones para garantizar el funcionamiento de una actividad productiva, desde la necesidad de un cliente, proceso de compras de bienes y/o servicios, reaprovisionamiento de materias primas, planeación y gestión de producción, almacenamiento, diseño de layout, embalaje y distribución (Robusté Antón , 2005). (Cipoletta, Perez, Sanchez, 2010) dice que la logística se originó en el ámbito militar de acuerdo al planteamiento táctico, operativo y estratégico, clásico de la filosofía de la inteligencia usada en las fuerzas armadas; concepto que fue siendo utilizado por los sectores empresariales con el pasar del tiempo.

Actualmente, la logística se considera como una parte del proceso de la cadena de abastecimiento que planea, implementa y controla el almacenamiento eficiente y eficaz de servicios, bienes e información desde donde se origina la necesidad hasta su destino final, con el fin de satisfacer necesidades del usuario final.

- **Transporte:** (Anaya Tejero, 2009) define el transporte como toda actividad destinada a trasladar mercancías desde un punto de origen hasta un lugar de destino. La función del transporte debe ocuparse de las actividades relacionadas de manera directa o indirecta con el traslado de mercancías al lugar de destino acordado con el cliente o usuario final, teniendo presente la seguridad, rapidez y el costo. La calidad del servicio del transporte está determinada por las necesidades del mercado, los cuales involucran diferentes aspectos como la puntualidad y rapidez, cumplimiento de las fechas de entrega pactadas, higiene y seguridad, información, control y trazabilidad del transporte y su carga.
- **Flota:** Se define como el conjunto de vehículos ya sea pesados, ligeros o mixtos y a su vez pueden ser clasificados según su función, los cuales cumplen un objetivo específico dentro de la organización. Estos vehículos pueden ser de capital propio, capital ajeno o por concepto de arrendamiento. Por otro lado, es importante mencionar que cada tipo de vehículo cuenta con un tipo de reglamentación vial diferente según su función y operación tanto dentro como fuera de la empresa (Aceña Navarro, 2016).

- **Almacén:** El propósito de un almacén o bodega es mantener, guardar, almacenar, materiales bajo las condiciones que requiera cada material de acuerdo a su naturaleza; garantizando la preservación necesaria de estos para evitar su daño o deterioro por mal almacenamiento, también haciendo buen uso de la capacidad instalada de tal forma que se optimice el espacio y el flujo de movimiento, permitiendo que se realicen menos movimientos o traslados innecesarios por no tener definido un Layout que contemple la mejor ubicación de materiales por rotación, uso de equipos y estrategia en el proceso de recepción y despacho. Por otro lado (Mulcahy & Sydow, 2008) sugiere que los almacenes deben utilizar WMS (Warehouse Management System) como sistema de control y gestión del inventario en términos de ubicación de forma integral, precisión o exactitud del inventario, control y gestión sobre ubicaciones o espacios disponibles dentro de las bodegas evitando la duplicidad de ubicaciones, cambios de ubicaciones frecuentes, búsqueda manual o visual de ubicaciones disponibles incrementando el tiempo de recepción y mejoramiento el tiempo de disponibilidad de los materiales en el sistema y en el estante o lugar de almacenamiento.
- **Confiabledad en los equipos:** Las consecuencias que puedan generar las fallas de los equipos en la seguridad de las personas o la propiedad están relacionadas con la falla de un producto. Por tal razón, es indispensable tomar acciones y someter a análisis los componentes de los equipos a través de mantenimientos preventivos y monitoreo de condiciones de los mismos, con

el fin de evitar los mantenimientos correctivos y así anticiparse a fallas que impacten en la seguridad humana o la propiedad de la empresa (Acuña Acuña, 2003). En la actualidad, específicamente hablando de la industria de extracción de carbón, las empresas han optado por tener un área dentro del departamento de Mantenimiento enfocado en la confiabilidad de sus equipos, haciendo uso de herramientas estadísticas, software y dispositivos de monitoreo dentro de los equipos que constantemente generan información, no solo del estado del equipo sino también del uso o manipulación generada por el operador, que en ocasiones es un factor que influye en la durabilidad de la máquina. Además de lo anterior, el área de confiabilidad mediante el uso de las herramientas anteriormente mencionadas, ayuda en la toma de decisiones a nivel de cambios de ingeniería, cuando estos representan una mejora tanto para la operación del equipo, como para la seguridad de las personas, lo cual impacta en menores tiempos de paradas por mantenimientos preventivos, eliminación de mantenimientos correctivos y por supuesto optimización del capital de trabajo.

## 4.2 Estado del arte

Se revisaron varios proyectos orientados al mejoramiento de manejo de los inventarios, específicamente proyectos diseñados en gestión de mantenimiento, administración de inventario y reabastecimiento con el objetivo de optimizar los costos de la compañía.

La logística aborda el estudio del conjunto de actividades que se desarrollan sobre los flujos materiales, informativos, financieros y de retorno desde un origen hasta un destino con una visión sistemática e integrada, con el objetivo de brindar a los clientes internos y externos de la organización un servicio de calidad en el momento oportuno con un mínimo de gastos. (Gutierrez, 2009)

El manejo de inventario de repuestos de bodegas de materiales ha pasado de ser un indicador de desempeño clave más importante dentro de la gestión de mantenimiento en las últimas tres décadas, debido a que una adecuada administración de este puede significar grandes ahorros para las compañías, un manejo incorrecto además de incrementar costos de la gestión de mantenimiento por mantener repuestos innecesarios en la bodega, puede traducirse en no garantizar el nivel de servicio requerido ocasionando desabastecimiento e incurriendo en costos de no producción.

La función del inventario de repuestos es apoyar al mantenimiento hay que asegurar que las bodegas respondan a los cambios del departamento de este. Se necesita un modelo para asegurar que el inventario respalda totalmente a las operaciones. El método es una extensión de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para

cubrir repuestos y servicios de almacenes, es aplicable a cualquier tipo de inventario. En la practica el mayor retorno se alcanza generalmente mediante de análisis detallado del stock de baja rotación y de mayor costo.

El método de repuestos centrados en confiabilidad (RCS) consiste en hacer una serie de preguntas. ¿Cuáles son los requerimientos de mantenimiento del equipo? ¿Qué ocurre sino se dispone del repuesto? ¿Es posible predecir la necesidad del repuesto? (Marquez, 2008)

El concepto base que da lugar a la ingeniería de mantenimiento es la mejora continua del proceso de gestión del mantenimiento mediante la incorporación de conocimiento, inteligencia y análisis que sirvan de apoyo a la toma de decisiones en el área del mantenimiento, orientadas a favorecer el resultado económico y operacional global. La dirección de la unidad de mantenimiento debe ser coherente con los objetivos de producción y las metas estratégicas generales de la compañía y, del mismo modo, debe existir coherencia en la definición de estrategias, políticas, procedimientos, estructura organizacional y decisiones en los diferentes niveles. (Viveros, Stegmaier, & Barbera, 2013)

El inventario tiene como propósito fundamental proveer a la empresa de materiales necesarios, para su continuo y regular desenvolvimiento, es decir, el inventario tiene un papel vital para funcionamiento acorde y coherente dentro del proceso de comercialización de los servicios y de esta forma afrontar la demanda.

La situación más compleja en la gestión de inventarios, se da cuando ocurren faltantes o excesos en los volúmenes de existencia en las referencias que se manejan, ambos son dos problemas difíciles de manejar en el almacenamiento: los agotados de por sí generan muchos tropiezos en los procesos logísticos y los excesos atormentan a los financieros de las empresas.

(López, 2016) elaboro un proyecto titulado: “Diseño de propuesta de distribución del almacén para mejorar la gestión de inventarios de la empresa Repuestos el Palenque S.A.S”, con la finalidad de ilustrar un nuevo modelo de distribución para mejorar la operación de control y despacho la empresa, ya que la empresa no tenía definidas las políticas para la ubicación, cantidad, distribución ni almacenamiento de los productos de la compañía, por esta razón hicieron un estudio para implementar un mejoramiento de las condiciones de inventario, iniciando con una evaluación inicial del almacén y definir una nueva propuesta de distribución con criterios mas aptos que permitan tener un resultado favorable en la economía de la compañía y sea mas competitiva frente a las demás empresas del sector.

La gestión del almacenamiento y el diseño de las instalaciones es uno de los pilares productivos que permiten aprovechar al máximo los recursos físicos de espacio y administrativo, para dar satisfacción a los requerimientos del entorno como por ejemplo reducción de tareas administrativas, agilidad en los procesos logísticos, optimización en el nivel de inventarios, mejorar la calidad del producto, reducir tiempos de procesos y mejorar el nivel de satisfacción del cliente.

La gestión de los inventarios reparables, aunque tiene elementos en común con la gestión de repuestos, introduce la característica de que estos se mandan a reparar en lugar de ser desechados con la complejidad añadida de que no siempre se pueden reparar, teniendo que ser en ese caso sustituidos por uno nuevo. Una de las características de los repuestos reparables es que los productos no tienen vida infinita, es decir el producto no siempre se puede recuperar y hay ocasiones en las que se ha desechar y es necesario comprar uno nuevo. (Palmer Gato, Cardós Carboneras, & Babiloni, 2010)

El proyecto “Modelo integral de gestión de repuestos para mantenimiento, en empresas intensivas en uso capital” elaborado por (Trujillo Alvarado, 2018) tiene como finalidad desarrollar un modelo conceptual integral de gestión de repuestos para mantenimiento. Los niveles de inventario de repuestos se pronostican con base en los históricos de consumo y los tiempos de reaprovisionamiento históricos, incluyendo solo los repuestos que han fallado. Posterior al pronóstico de demanda de repuestos y la definición de niveles de inventario, dichos niveles son validados por especialistas de mantenimiento, con base en su experiencia y expectativas futuras de operación. Sin embargo, no se evidencian ciclos de retroalimentación a la planeación de repuestos, como producto de cambios en las condiciones de operación, impacto de mejoramientos realizados a los equipos, o cambios en la estrategia de mantenimiento de los equipos.

Un primer elemento del proceso de mantenimiento, corresponde al hecho de que este se desarrolla a partir de la definición de la estrategia de gestión de activos, la cual se compone fundamentalmente de la definición de objetivos, la jerarquización de

equipos, la definición de indicadores de mantenimiento. Segundo elemento Tácticas de mantenimiento, tercer elemento es planes de mejora, tercero la confiabilidad como la probabilidad de que un equipo se mantenga operando durante un tiempo establecido, bajo determinadas condiciones de diseño y por último la disponibilidad entendido como la capacidad de un equipo de mantenerse operando durante un tiempo determinado

### **4.3 Marco teórico**

En las últimas décadas la logística se ha convertido en un elemento fundamental que ha ganado una posición estratégica en el corazón de los negocios y de la misma competitividad nacional, se ha convertido en una ventaja competitiva, repleta de avances tecnológicos, alta competencia y mayor exigencia de parte del cliente, esto obliga a las empresas a ser más eficientes y más productivas en los diferentes procesos de la cadena de abastecimientos y así competir a nivel local e internacional (Mora García , 2016)

La creciente necesidad de las empresas de reducir los costos en sus operaciones diarias e incrementar los beneficios para los accionistas ha generado que vean a las actividades logísticas como un foco para alcanzar estos dos objetivos ( (Chopra & Meindl, 2008) Esta necesidad surge como respuesta a la alta competitividad del mercado actual, causada en gran parte por la globalización, que en muchos casos obliga a las empresas a ofrecer sus productos a menor precio, con mejores

características de calidad y con un mayor nivel de servicio al cliente (Arellano Díaz, 2017)

Cada día las empresas son más conscientes de la necesidad de realizar una buena gestión y administración de los inventarios ya que afecta directamente al departamento de compras y representan un monto en la inversión lo cual significa un porcentaje considerado en los activos. Realizar una buena gestión de inventarios tendrá múltiples beneficios en lo funcional, pero sobre todo en lo económico, el objetivo es optimizar las operaciones logísticas de la empresa, es importante saber manejar por separado el control de inventarios de la gestión de almacenamiento.

#### **4.3.1 Inventarios**

Los inventarios son el conjunto de mercancía que representa la existencia de bienes almacenados que posteriormente serán utilizados para satisfacer una demanda futura, es el activo más importante para el desarrollo de las organizaciones, el reto de administrar un inventario está en decidir cuánto es la cantidad adecuada al momento de ordenar y cuál sería el tiempo adecuado para ordenar ya que el objetivo fundamental es mantener costos bajos y los suficientes productos terminados para las ventas o para la reposición de los productos consumidos ya que la finalidad es distribuir y abastecer de forma adecuada el material del que se dispone.

El inventario tiene como propósito fundamental proveer a la empresa de materiales necesarios, para su continuo y regular desenvolvimiento, es decir, el inventario tiene un papel vital para el funcionamiento acorde y coherente dentro del proceso de producción y de esta forma afrontar la demanda, consecuentemente el objetivo primordial del Control de inventarios es determinar el nivel más económico de

inventarios en cuanto a materiales, productos en proceso y productos terminados.  
(Ortega Marquez & Padilla Dominguez, 2017)

#### **4.3.2 Cadena de abastecimiento**

Es un conjunto de elementos que permiten que las empresas cuenten con la organización necesaria para llevar a cabo el desarrollo de un producto o servicio y que este cumpla el objetivo principal que es satisfacer las necesidades del cliente final. El objetivo principal de una cadena de suministro es proveer de los artículos y materiales en cantidad, calidad y tiempo necesario al menor costo posible (Arcía, 2018) Dentro de este podemos encontrar otros tales como:

- Instaurar buenos canales de comunicación.
- Contar con una coordinación adecuada.
- Evitar pérdidas innecesarias.
- Mejorar los tiempos de distribución.
- Adecuar el manejo de inventarios.
- Respetar los tiempos de entrega.

Una de las grandes falencias detectadas en muchas organizaciones consiste en que cada área actúa como un ente independiente de todo el resto de la organización, lo cual genera poca comunicación o comunicación inadecuada en la compañía, falta de conocimiento del desarrollo de otras áreas y malos resultados al entregar el producto final al cliente. Por lo anterior, el desarrollo de la cadena de suministros propone que las empresas deben integrar todas sus áreas o eslabones existentes (mercadeo, ventas, compras, finanzas, producción, logística etc.), pues

éstos no deben ser vistos como entes independientes sino interdependientes, para alcanzar así el éxito en las operaciones. (Camacho Camacho & Gómez Espinoza, 2012)

#### **4.3.3 Administración de inventarios**

La administración de inventarios es primordial para las empresas, ya que en ellos se encuentra una de las mayores inversiones de la organización. Esto implica decir qué cantidad de material se necesita y cuándo colocar los pedidos, recibir, almacenar y llevar el registro, ya que el principal objetivo es mantener los costos bajos y conservar suficientes productos terminados para las ventas. La buena administración del inventario resulta en una buena calidad de los productos y en operaciones más eficientes. Sin embargo, la mala administración puede repercutir en clientes descontentos y problemas financieros que pueden llevar a la compañía a la quiebra.

Para evitar esta situación se tienen que tomar en cuenta tres factores: el costo de mantener inventario, el costo de pedido y el costo de penalidad. (Torres Salazar, 2017)

#### **4.3.4 Gestión de mantenimiento**

La gestión de mantenimiento constituye un sistema dentro de toda organización cuya función consiste en ajustar, reparar, reemplazar o modificar los componentes de una planta industrial para que ésta pueda operar satisfactoriamente durante un período dado. El mantenimiento, por su incidencia significativa sobre la producción y la

productividad de las 10 empresas, constituye uno de los modos idóneos para lograr y mantener mejoras en eficiencia, calidad, reducción de costos y de pérdidas (Duffuaa, Raouf, & Campbell, 2005)

Para soportar toda esta gestión se requiere un sistema conformado por personal capacitado, controles de mantenimiento, gestión de materiales y repuestos.

#### **4.3.5 Inventario de repuestos**

Los repuestos representan todos aquellos componentes que se pueden reemplazar en un sistema para mantener la continuidad operativa del mismo. Uno de los problemas del departamento de mantenimiento obedece a la baja calidad del seguimiento de condiciones, reportes, fallas, planeación, programación. Los repuestos son los elementos que nos permiten habilitar las maquinas por medio del reemplazo de piezas que han sufrido algún deterioro o que por recomendación del área de mantenimiento se debe cambiar. Al igual de los productos terminados, los repuestos también se merece la atención ya que pueden requerir un mayor seguimiento para minimizar impactos negativos o lograr efectos positivos, por esta razón es importante tener en cuenta los siguientes pasos:

- Obtener información precisa de los equipos
- Llevar un registro cada vez que usan los repuestos
- Seguir las recomendaciones del fabricante y realizar el cambio de la pieza en el momento justo.

Los inventarios de repuestos representan todas aquellas partes y piezas que se encuentran almacenadas con el fin de apoyar logísticamente las actividades de mantenimiento para alcanzar los objetivos primordiales de mantenimiento.

Usualmente los mantenimientos planeados, tales como predictivo y preventivos, dado que se conoce con antelación sus fechas posteriores de realización caen en la categoría de Pull, que son solicitados cuando los demandan; a diferencia de los Push que es factible asociarlos a los trabajos correctivos (Giraldo Gil, 2013)

Los mantenimientos planeados, requieren repuestos en función de la labor a realizar y se puede proyectar la cantidad a utilizar y la fecha estimada de realización de la reparación, en la cual se debe tener en cuenta todos los procesos de gestión de compra en los que se interviene en una compañía con buenas prácticas (niveles de autorización, validación de proveedores y documentación) y las posibles variaciones de entrega del equipo a reparar (Pull)

Los mantenimientos no planeados exigen normalmente que sus repuestos se encuentren disponibles en almacén, hace que se requieran en cualquier momento y por lo tanto deben estar permanentemente en el inventario para dar una adecuada respuesta al nivel de servicio (Push)

#### **4.3.6 Reabastecimiento de materiales**

El reabastecimiento eficiente tiene como premisa fundamental la de simplificar el flujo de los productos desde la línea de producción hasta las fábricas o lugares de transformación y a los puntos de venta, disminuyendo el tiempo del flujo y los inventarios, independientemente del tipo de canal de distribución que se utilice,

buscando incrementar la satisfacción del cliente y por ende, del consumidor final. Para ello, hay que partir de la disponibilidad de información del ciclo comercial, ágil, confiable y en tiempo real (Granada Jiménez, 2018)

#### **4.3.7 Modelos de control de inventarios**

Los sistemas de control de inventarios suelen dividirse en dos Push y Pull, dependiendo de la forma en que sea introducido en la cadena de suministros.

**Control de inventario por incremento (PUSH)** El aspecto crítico en los sistemas PUSH es la predicción de la demanda, saber con la mayor precisión posible cual va a ser el consumo de los productos. Dentro del sistema PUSH se tienen que tener en cuenta técnicas como el MRP, la cual es siempre la mejor forma de administrar los negocios cuando los pronósticos son precisos.

**Control de inventario por demanda (PULL)** Este sistema nace para evolucionar hacia una producción y logística más eficiente, en esta clase de gestión de inventarios la idea reside en que el sistema de producción y distribución reacciona según la demanda en tiempo real, los inventarios PULL no necesitan crear modelos de predicción de demanda pero si necesitan ser exigentes con sus sistemas de producción y logística y establecer parámetros para sus tareas de producción y reposición, el objetivo es reducir los desperdicios en la fabricación, disminuir los costes asociados al almacenamiento de stock y mejorar procesos de abastecimiento.

Un sistema de producción PULL logrará reducciones en los costos de manejo de inventarios de productos terminados. (Zerega Albán & Delgado Añazco, 2010)

#### 4.3.8 Modelo EOQ (Economic Order Quantity)

El modelo EOQ es empleado a nivel mundial, por la cantidad de beneficios que trae a una empresa, este modelo también conocido como Cantidad económica de pedido o lote económico de pedido, el modelo tiene en cuenta la demandada constante y conocida a priori y en base a esto se trata de saber mediante el coste de mantenimiento de un inventario y el costo por ordenar el pedido se pueden obtener las cantidades óptimas para pedir con el objetivo de minimizar el coste de inventario al máximo.

La empresa debe tener claro algunos factores para que el modelo funcione a la perfección de la forma más realista.

Conocer la demanda de sus productos

Conocer si la demanda es constante o independiente

El tiempo de reposición de inventario es 0, no se agotarán las existencias y este se repondrá inmediatamente.

Donde

D= Demanda anual

Co= Costo de ordenar

CM=Costo de mantener

CI=costo del ítem

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 * D * C_o}{C_M * C_I}}$$

#### 4.3.9 ROP (Punto de reorden)

El punto de reorden es la cantidad mínima de existencia de un artículo, es decir cuando el stock llegue a esa cantidad, el artículo debe reordenarse, debe dar como resultado que la reposición del inventario llegue justo cuando se agote el último disponible, con el objetivo de no interrumpir las actividades de producción y ventas, mientras se minimiza la cantidad total de inventario disponible.

Uno de los modelos más utilizados para la correcta administración del inventario es el del punto de reorden, que se fundamenta en calcular su valor con base en la demanda de artículos, el tiempo de entrega del proveedor y el stock de seguridad, que es una cantidad adicional que se agrega para protegerse contra eventuales faltantes que pudieran aparecer en caso que la demanda del tiempo de entrega se incremente. (Izar Landeta & Zermeño Perez, 2014)

Es importante establecer el punto de re-orden ya que reduce los gastos de inventario y garantiza que siempre haya suficiente stock para los clientes.

Los dos factores que intervienen en el punto de re-orden son: la demanda y el stock de seguridad.

Se calcula de la siguiente forma:

**Punto de re-orden = Demanda durante el tiempo de entrega + stock de seguridad**

El Stock de seguridad se refiere al nivel mínimo de inventario a mantener como protección contra posibles insuficiencias debido a las fluctuaciones de la demanda.

La determinación del stock de seguridad implica evaluar entre el riesgo de desabastecimiento que implica un cliente insatisfecho y la pérdida de ventas y el aumento de costos asociados por tener un inventario adicional.

El stock de seguridad se calcula tomando en consideración la cantidad del artículo necesaria para cubrir una variación de la demanda y un riesgo proveedor

$D_m$ : Demanda promedio diaria

$\sigma_d$ : Desviación estándar del tiempo de entrega

$D$ : Tiempo promedio de entrega

$u$ : Coeficiente de seguridad

$\sigma_{Dm}$ : Desviación estándar de la demanda

$$Ss = u\sqrt{(D_m)^2 + (\sigma_d)^2 + (D\sigma_m)^2}$$

La demanda durante el tiempo de entrega, se necesita conocer la demanda porque ese es el tiempo que habrá que esperar antes de que lleguen nuevas existencias.

Demanda durante el tiempo de entrega = demanda promedio diaria x tiempo de entrega en días.

#### **4.3.10 Método ABC**

El análisis ABC permite identificar los artículos que tienen un impacto importante en un valor global. Permite también crear categorías de productos que necesitaran niveles y modos de control distintos.

Se pueden tener aspectos como

- Escasez de suministro
- Plazos de suministros
- Caducidad

Al aplicarse el método se obtiene una curva que representa la distribución estadística del efecto de los renglones considerados. En esta curva quedan definidas tres zonas, cuyos límites están determinados por los rangos que se le asignen. Las características de cada zona son las siguientes:

Zona A. Agrupa del 10% al 20% del total de los renglones y representa del 60% al 80% del efecto económico total. Estos renglones se clasifican como A y son los más importantes para la empresa según el parámetro base considerado.

Zona B. Agrupa del 20% al 30% del total de los renglones y representa del 20% al 30% del efecto económico total. Estos renglones son clasificados como B y tienen una importancia media para la empresa.

Zona C. Agrupa del 50% al 70% del total de los renglones y representa del 5% al 15% del efecto económico total. Estos renglones se clasifican como C y son los de menor importancia para la empresa según el parámetro base considerado.

(Parada Gutierrez, 2009)

#### **4.3.11 Sistemas de planificación y control de la fabricación**

El sistema MRP ha representado un avance significativo para la administración de las organizaciones, pues, en la medida que evolucionó ha supuesto la integración de la totalidad de las funciones organizacionales en un sistema de información cuya filosofía de base es la de ser el soporte de gestión de la organización en su conjunto y no sólo la mera extensión del modelo de gestión de la producción a las áreas funcionales cubiertas. Se trata del sistema de Planificación de Recursos de la Empresa que permite contar con información integrada, confiable y oportuna en el proceso de toma de decisiones. (Andogeni Martinez, 2005)

Las principales características del MRP son:

- Está orientado a los productos, debido a que planifica las necesidades de componentes partiendo de la explosión de necesidades de los mismos. Es pronosticador, ya que se basa en datos futuros de la demanda para planificar
- Realiza un desglose del tiempo de las necesidades de componentes en función de los tiempos de suministro, estableciendo las fechas de emisión y entrega de pedidos.
- Es una base de datos común, que debe ser utilizada por todas las áreas funcionales de la empresa.

## **5. DISEÑO METODOLÓGICO**

Este proyecto de investigación es de tipo cuantitativo-descriptivo, el cual nos permitirá implementar un sistema de gestión de inventarios de un segmento del total de materiales de la compañía, es decir de los componentes administrados directamente por el usuario final específicamente hablando del equipo de Mantenimiento, con la finalidad de administrar y controlar la reposición de dichos componentes de forma automática mediante el ERP de la empresa. Este diseño se ejecutará haciendo uso del consumo reflejado en los últimos 3 años, los ingresos históricos de componentes recibidos reparados en el almacén y la validación entre el área de Mantenimiento y el área de Supply de la información anterior acompañada de los pronósticos de consumo, para que luego por medio del análisis de datos se logren definir los niveles de inventario óptimos que garanticen la disponibilidad que requiere la operación para el funcionamiento adecuado de los equipos asociados al proceso productivo de la compañía.

FASE	ENTRADA	SALIDA
<b>Kick-Off con usuarios</b>	Reunión con los usuarios para compartir el plan de implementación y comunicar los cambios propuestos	Información-acuerdos
<b>Levantamiento de información</b>	Extraer consumos históricos de los últimos 3 años	Información sistematizada
	Identificar los componentes que fueron enviados a reparar y retornaron al inventario Reparados	
<b>Definir lista de componentes a incluir en reposición de Stock</b>	Definición de criterios para clasificar componentes como Reparables	Información sistematizada
	Aplicación de criterios definidos a los componentes que retornaron al inventario Reparados	
	Definir alcance de la lista de componentes	
	Definición de clasificación de la lista resultante en el ERP para seguimiento y control	
<b>Divulgar factores críticos de éxito</b>	Divulgar lista de componentes sugeridos	Responsables y tareas por hacer
	Comunicar los pasos por ejecutar a cada área involucrada antes y después de la implementación	
<b>Definición de niveles de inventario a la lista de componentes acordada</b>	Análisis de datos	Información sistematizada
	Revisión de niveles de inventario sugeridos con usuarios por flota, a partir de la aplicación del modelo de gestión de inventarios escogido	
<b>Go Live</b>	Ajustar la clasificación definida de la lista de componentes acordada en el ERP	Información sistematizada
	Ajustes de los parámetros de abastecimiento en el ERP	
	Divulgación de puesta en marcha	

## 6. CRONOGRAMA

### CRONOGRAMA - IMPLEMENTACIÓN SISTEMA DE GESTIÓN DE INVENTARIOS A COMPONENTES MENORES

#	Actividad	Inicio	Fin	Cumplimiento
<b>1</b>	<b>Reunión con usuarios para comunicar el plan de trabajo</b>	<b>10/09/2019</b>	<b>10/09/2019</b>	<b>100%</b>
1.1	Comunicar plan de implementación y cambios propuestos	10/09/2019	10/09/2019	100%
<b>2</b>	<b>Levantamiento de información</b>	<b>16/09/2019</b>	<b>20/09/2019</b>	<b>100%</b>
2.1	Extraer consumos históricos de los últimos 3 años	16/09/2019	17/09/2019	100%
2.2	Identificar los componentes que fueron reparados	18/09/2019	20/09/2019	100%
<b>3</b>	<b>Definir lista de componentes a incluir en reposición de Stock</b>	<b>26/09/2019</b>	<b>8/11/2019</b>	<b>100%</b>
3.1	Definir criterios para clasificar componentes como reparables	26/09/2019	4/10/2019	100%
3.2	Aplicar criterios a los componentes que se recibieron reparados	7/10/2019	11/10/2019	100%
3.3	Definir alcance de la lista de componentes*	15/10/2019	31/10/2019	100%
3.4	Definir clasificación de esta lista en ERP para control y seguimiento	4/11/2019	8/11/2019	100%
<b>4</b>	<b>Divulgar factores críticos de éxito**</b>	<b>11/11/2019</b>	<b>22/11/2019</b>	<b>100%</b>
4.1	Divulgar y validar la lista de componentes sugeridos	11/11/2019	15/11/2019	100%
4.2	Notificar las tareas por ejecutar antes y después de la implementación	18/11/2019	22/11/2019	100%
<b>5</b>	<b>Definición de niveles de inventario de la lista de componentes acordada</b>	<b>25/11/2019</b>	<b>27/12/2019</b>	<b>100%</b>
5.1	Análisis de datos	25/11/2019	6/11/2019	100%
5.2	Revisión de niveles sugeridos con usuarios por flota	9/12/2019	27/12/2019	100%
<b>6</b>	<b>Go Live</b>	<b>7/01/2020</b>	<b>7/01/2020</b>	<b>100%</b>
6.1	Ajustar clasificación de componentes en el ERP	7/01/2020	7/01/2020	100%
6.2	Ajustes de los parámetros de abastecimiento en el ERP	7/01/2020	7/01/2020	100%
6.3	Divulgación de puesta en marcha	7/01/2020	7/01/2020	100%

\*ver Anexo 1.

\*\*ver Anexo 3.

## **7. DESARROLLO**

### **7.1 Definir la lista de componentes menores reparables y sus respectivos niveles de inventario para garantizar el control de estos en SAP.**

Inicialmente se realizó una reunión para darle a conocer a los usuarios la importancia que tiene administrar la adquisición o reposición de la reparación de componentes clasificados como reparables a cargo de Supply Chain en pro de los beneficios de la compañía, ya que este es el core bussiness del área de Supply y no de Mantenimiento, puesto que la función del área de Mantenimiento debe ser garantizar la disponibilidad de equipos en las condiciones adecuadas necesarias para la producción de la mina. En ese sentido se logró extraer del ERP todos los materiales que fueron enviados a reparar, para ser sometidos a validación en caso que cumplan o no con los criterios definidos (1. El valor de adquisición del componente nuevo fuera igual o mayor a US\$ 3K, 2. que haya sido reparado en el pasado y 3. que se encuentre en una hoja de ruta o plan de mantenimiento periódico), para que fueran considerados como reparables en SAP. Aquí se obtuvo una población inicial de 812 materiales entre los cuales había algunos que su valor de adquisición del material nuevo era inferior a US\$ 100, valor que se encuentra por debajo del costo de ordenar de la empresa, es decir que enviar a reparar este tipo de materiales representa un costo administrativo innecesario, afectando así el capital de trabajo la compañía, o en su defecto habían materiales que pasaban por el proceso de reparación, pero en realidad no se trataba de una reparación sino de una calibración como por ejemplo un manómetro, el cual es

considerado un material o herramienta de medición, es decir que en adelante esto será tratado a través de un servicio de calibración, como actualmente funciona para otro tipo de materiales.

Por otro lado, se extrajeron los consumos de los últimos tres años para utilizarlos como base en la definición de niveles de inventario, información que se pudo obtener a través de la transacción en SAP MB51. El resultado de pasar los 812 materiales por los criterios definidos fue obtener una lista de 192 componentes que en adelante serán considerados reparables.

## **7.2 Eliminar la creación de Purchase Requisitions de forma manual realizada por el usuario y automatizar esta creación de estas a través de SAP**

Se programó y sostuvo una reunión con cada usuario responsable de cada flota posterior a la definición de la lista sugerida de 192 componentes considerados como reparables para que fuera validada en conjunto y estar de acuerdo en que se fueran clasificados en SAP. Este objetivo se logró cumplir de manera colaborativa desde el momento en que los usuarios identificaron la oportunidad de utilizar sus recursos de horas hombre en temas de mantenimiento y confiabilidad de equipos lo cual representa su core bussiness, estando de acuerdo en que se clasificaran dicha lista en SAP con un planificador de necesidades 310, código definido por el area de Supply Chain para identificación en el reabastecimiento de estos componentes según el MRP.

A partir de esta clasificación y automatización en SAP, se logró eliminar la creación de purchase requisitions de forma manual antes realizadas por el área de

Mantenimiento. Este proceso se realizó en SAP mediante la transacción MM17 para hacer esta conversión o ajuste de manera masiva.

### **7.3 Controlar el inventario de componentes reparables desde su adquisición o reparación hasta su disposición final**

Parte del problema de este proceso tal como se manejaba antes, era que cuando un material después de ser enviado a reparar por parte del usuario, cuando el proveedor posterior a la evaluación de dicho material, lo clasificaba como No Reparable, es decir no apto para reparar o usar, ya sea por su daño/avería o porque el costo de dicha reparación superaba el 65% del valor de la adquisición de este como nuevo o cuando el usuario al desmontar dicho material evidenciaba daños catastróficos que claramente daban indicio para considerarlo como No Reparable y la acción del usuario era enviar dicho material o componente al área chatarra para que este fuera vendido por su peso.

Por suerte con este modelo gestión de inventario y de reposición, se logró que a través del ERP se tenga el tracking de los componentes consumidos y que por efecto del proceso se identifique que el usuario cuando consume una unidad de la lista de Reparables 310 debe devolver el componente removido sea considerado como Reparable o No Reparable según su experiencia y expertise en el campo, garantizando el control de inicio a fin para que este inicie su proceso de Reparación, es decir desde la adquisición hasta la disposición final, dando la oportunidad de evitar vender los componentes por peso y ofrecerlos en subastas

a través del área de ventas, para buscar un margen de recuperación del 10% del valor de la adquisición de cada componente nuevo.

Otro paso importante fue que se hizo necesario reunir a cada usuario para validar los niveles de inventario y estar en común acuerdo en la definición de estos en SAP para garantizar el inventario que requiere la operación. En este punto se presentaron 3 focos de revisión: el primero era la validación de los niveles de inventario sugeridos por el modelo utilizado; el segundo, en caso de desacuerdo entre los niveles de inventario sugeridos por el modelo, el usuario presentó un pronóstico de consumo con un horizonte de 12 meses para modificar dichos niveles según la nueva estrategia de mantenimiento o plan de cambio de estos componentes y el tercero, el modelo utilizado no sugiere tener niveles de inventario, porque no se registran consumos históricos y tampoco se tiene proyección de consumo, ya que la estrategia para estos es cambiarlos según la condición, pero no tener inventario de estos componentes en el almacén representa un equipo down cuando uno de estos falle, es decir que se hizo necesario tener un stock mínimo sea a través de niveles o no para los que se envían a reparar para eventos puntuales, de tal forma que se garantice el funcionamiento de un equipo de dicha flota y evite una parada por más de 3 meses que a su vez impacta la producción de la compañía.

Finalmente se ajustaron los niveles de inventario acordados entre Supply Chain y Mantenimiento, teniendo en cuenta los tres focos de revisión mencionados anteriormente usando la transacción MM17 para hacerlo de forma masiva.

## **8. RESULTADOS**

- Aceptación de la implementación del sistema de gestión de inventarios por parte del usuario.
- Reducción de la lista de materiales a reparar disminuyendo la carga del equipo de supply en el Sourcing de reparaciones, agregando valor a otras actividades optimizando el capital de trabajo.
- Eliminación de purchase requisitions manuales y automatización del reabastecimiento de componentes reparables a través del MRP de SAP.
- Control del inventario de componentes reparables.
- Evitar vender los componentes considerados No Reparables por peso y buscar un margen de recuperación del 10% del costo de adquisición de dicho componente nuevo.
- Traer el inventario de componentes reparables a nuestro almacén, evitando que el usuario genere la reposición de estos según considere, es posible ahorrar un 12% del costo del componente nuevo, valor cobrado por el proveedor por mantenerlo en su almacén dentro de la mina.

## 9. ANEXOS

Anexo 1. Lista de componentes menores reparables.

<b>COMPONENTES REPARABLES</b>		
<b>Flota</b>	<b>Descripción</b>	<b>Material</b>
16H	ARTICULATION CYLINDER	1021441
16H	BLADE SIDESHIFT CYLINDER	1008666
16H	LIFT/HOIST CYLINDER	1046610
16H	SERVICE BRAKE	1010662
16H	WHEEL LEAN CYLINDER	1002070
16H	CIRCLE AS	1109300
16H	ROLLOVER	1099664
16H	BAR	1013112
16H	CIRCLE	1022099
16M	ARTICULATION CYLINDER	1047729
16M	AXLE	1079999
16M	BLADE SIDESHIFT CYLINDER	1080747
16M	LIFT/HOIST CYLINDER	1122702
16M	SERVICE BRAKE FRONT	1083125
16M	SERVICE BRAKE REAR	1083126
16M	STEERING CYLINDER	1081513
16M	WHEEL LEAN CYLINDER	1083322
16M	CIRCLE AS	1082742
16M	MOLDBOARD	1080359
16M-16H	CENTERSHIFT CYLINDER	1081114
16M-16H	CENTERSHIFT CYLINDER	1093029
16M-16H	RIPPER LIFT CYLINDER	1001696
16M-16H	TIP CYLINDER	1023801
24	ARTICULATION CYLINDER	1165737
24	LIFT/HOIST CYLINDER	1165736
24	RIPPER LIFT CYLINDER	1165738
24	SERVICE BRAKE FRONT	1165732
24	SERVICE BRAKE REAR	1165733
24	STEERING CYLINDER	1165734
24	STEERING CYLINDER	1165735
24H	ARTICULATION CYLINDER	1150181
24H	STEERING CYLINDER	1150178
24H	MOLDBOARD	1071948

24H	FLOWMASTER PUMP	1008241
24M	ARTICULATION CYLINDER	1082019
24M	AXLE	1165730
24M	SERVICE BRAKE FRONT	1081872
24M	SERVICE BRAKE REAR	1081873
24M	STEERING CYLINDER	1081784
24M	HYD PUMP	1159325
24M-24H	AXLE	1081350
24M-24H	BLADE SIDESHIFT CYLINDER	1071976
24M-24H	LIFT/HOIST CYLINDER	1082411
24M-24H	RIPPER LIFT CYLINDER	1069783
24M-24H	TIP CYLINDER	1072465
24M-24H	WHEEL LEAN CYLINDER	1070130
336D	BOOM CYLINDER	1133102
336D	BUCKET CYLINDER	1083341
336D	BUCKET CYLINDER	1128791
336D	BUCKET CYLINDER	1129801
336D	STICK CYLINDER	1140667
336D	KIT PUMP	1061197
336D	STICK	1081893
336D	GEAR	1045565
777F	LIFT/HOIST CYLINDER	1012087
777F	RADIATOR	1009110
777F	REAR SUSPENSION CYLINDER	1011355
777F	STEERING CYLINDER	1001223
777F	SEAT	1010387
777F	WATER PUMP	1042028
777F	CAB	1011426
789C	ARM CENTER	1060619
789C	LIFT/HOIST CYLINDER	1093016
789C	PUMP DRIVE	1086959
789C	RADIATOR	1034406
789C	REAR SUSPENSION CYLINDER	1069231
789C	STEERING CYLINDER	1088525
789C	SUPPORT AS	1092507
789C	SEAT	1100351
789C	LINK	1061257
789C	HOUSING	1112770
789C	PLATFORM	1034389

789C	PUMP GP	1061372
789C	TANK AS	1045270
789C	CONTROL VALVE	1138724
789C	VALVE GP	1109180
789C	CAB	1103750
793D	ARM CENTER	1068051
793D	HOUSING GP REAR AXLE	1078774
793D	LIFT/HOIST CYLINDER	1042170
793D	PUMP DRIVE	1128796
793D	RADIATOR	1085689
793D	REAR SUSPENSION CYLINDER	1042169
793D	STEERING CYLINDER	1043763
793D	SUPPORT AS	1080585
793D	TANK	1140741
793D	MOTOR GP	1079160
793D	PUMP HYD	1140192
793D	SEAT	1008218
793D	LINK	1046424
793D	PLATFORM	1083648
793D	TANK AS	1079827
793D	TANK AS	1081535
793D	CONTROL VALVE	1044749
834H	LIFT/HOIST CYLINDER	1078690
834H	STEERING CYLINDER	1074803
834H	SUPPORT AS	1085608
834H	TILT CYLINDER	1003633
834H	TILT CYLINDER	1013744
988H	LIFT/HOIST CYLINDER LH	1074663
988H	LIFT/HOIST CYLINDER RH	1074662
988H	STEERING CYLINDER	1083229
988H	TILT CYLINDER	1078436
988H	HYD PUMP	1024083
993K	LIFT/HOIST CYLINDER LH	1128809
993K	LIFT/HOIST CYLINDER RH	1128810
993K	STEERING CYLINDER	1083259
993K	TILT CYLINDER LH	1128811
993K	TILT CYLINDER RH	1128812
993K	IMPLEMENT PUMP	1085061
993K	IMPLEMENT PUMP	1085062

993K	PUMP GP PS B	1079935
993K	STEERING PUMP	1079939
993K	CENTER PUMP	1085059
993K	BRAKE	1079103
D10T	LIFT/HOIST CYLINDER	1045752
D10T	RIPPER LIFT CYLINDER LH	1075836
D10T	RIPPER LIFT CYLINDER RH	1075835
D10T	RIPPER TILT CYLINDER	1088552
D10T	TILT CYLINDER LH	1078509
D10T	TILT CYLINDER RH	1078510
D10T	ARM AS	1071824
D10T	ARM AS	1071825
D10T	BAR GP	1077826
D10T	FRAME AS	1071394
D10T	IDLER	1043500
D10T	RIPPER TILT CYLINDER LH	1158049
D10T	TANK PUMP	1159327
D10T	SHEET	1146654
D10T	PUMP GEAR	1076527
D10T	FAN PUMP	1060784
D10T	IMPLEMENT VALVE	1078617
D10T	UNDERCARRIAGE LH CAMBER	1113725
D10T	UNDERCARRIAGE LH TOE	1073266
D10T	UNDERCARRIAGE RH CAMBER	1113724
D10T	UNDERCARRIAGE RH TOE	1073265
D11T	UNDERCARRIAGE LH	1123643
D11T	UNDERCARRIAGE RH	1123642
D11T	IDLER	1036207
D7R	LIFT/HOIST CYLINDER	1043524
D7R	RIPPER LIFT CYLINDER	1073958
D7R	RIPPER TILT CYLINDER	1075580
D7R	TILT CYLINDER	1036239
D7R	UNDERCARRIAGE LH	1065733
D7R	UNDERCARRIAGE LH	1115434
D7R	UNDERCARRIAGE RH	1065734
D7R	UNDERCARRIAGE RH	1115435
D7R	ARM LH	1086845
D7R	ARM RH	1086844
D7R	CAB	1099243

<b>D9T</b>	<b>LIFT/HOIST CYLINDER</b>	1011397
<b>D9T</b>	<b>RIPPER LIFT CYLINDER</b>	1010656
<b>D9T</b>	<b>RIPPER TILT CYLINDER</b>	1010140
<b>D9T</b>	<b>TILT CYLINDER LH</b>	1047919
<b>D9T</b>	<b>TILT CYLINDER RH</b>	1001482
<b>D9T</b>	<b>FAN MOTOR</b>	1094361
<b>D9T</b>	<b>PUMP GP</b>	1015660
<b>D9T</b>	<b>CONTROL VALVE</b>	1015655
<b>D9T</b>	<b>UNDERCARRIAGE LH TOE</b>	1108053
<b>D9T</b>	<b>UNDERCARRIAGE RH TOE</b>	1094653
<b>RH120E</b>	<b>UNDERCARRIAGE LH</b>	1111095
<b>RH120E</b>	<b>UNDERCARRIAGE RH</b>	1111094
<b>RH120E</b>	<b>IDLER</b>	1108116
<b>RH120E</b>	<b>ADJUSTING CYLINDER TRACK CHAIN</b>	1093877
<b>RH120E</b>	<b>SPACER</b>	1017418
<b>RH120E</b>	<b>SPROCKET</b>	1107979
<b>RH40E</b>	<b>BOOM CYLINDER</b>	1064104
<b>RH40E</b>	<b>STICK CYLINDER</b>	1144030
<b>RH40E</b>	<b>SEAT</b>	1143932
<b>RH40E</b>	<b>BAKCHOE CYLINDER</b>	1003149
<b>SKF</b>	<b>AXLE</b>	1147811
<b>SKF</b>	<b>CILINDRO DE NIVELACION</b>	1042702
<b>SKF</b>	<b>MAST HOIST CYLINDER</b>	1047258
<b>SKF</b>	<b>PULL DOWN CYLINDER</b>	1042740
<b>SKF</b>	<b>PUMP DRIVE</b>	1112786
<b>SKF</b>	<b>TANK</b>	1107697
<b>SKF</b>	<b>UNDERCARRIAGE LH</b>	1065972
<b>SKF</b>	<b>UNDERCARRIAGE RH</b>	1065971
<b>SKF</b>	<b>PUMP</b>	1117391
<b>SKF</b>	<b>CAROUSEL</b>	1128488
<b>SKF</b>	<b>COLLER</b>	1129267
<b>SKF</b>	<b>CYLINDER GP</b>	1128486
<b>SKF</b>	<b>PIVOT</b>	1062304
<b>SKF</b>	<b>MOTOR BLOCKED</b>	1062586
<b>SKF</b>	<b>AFTERCOOLER</b>	1121796
<b>SKF</b>	<b>HYD PUMP</b>	1133912
<b>SKF</b>	<b>MOTOR GP PST</b>	1131845
<b>SKF</b>	<b>VAR MOTOR</b>	1097368
<b>SKF</b>	<b>PUMP GP</b>	1128884

<b>SKF</b>	<b>PUMP GP PS B</b>	1133504
<b>SKF</b>	<b>PUMP GP PS B</b>	1134668
<b>SKF</b>	<b>WRENCH AS</b>	1048222

**Anexo 2. Flotas de equipos de extracción minera.**



### Anexo 3. Factores críticos de éxito.

No.	Tarea	Responsable
1	Lista de reparables (310) y niveles ROP/Max definida en SAP	Supply/Mtto
2	Realizar reserva negativa (262) de todos los reparables (310) desde el momento en que se genere el requerimiento del NUEVO/REPARADO en la OT	Mantenimiento
3	Entrega de componentes DAÑADO/NO REPARABLE en almacén solo con Reserva Negativa (262)	Mantenimiento
4	Cumplir estándares en la guía de empaque y embalaje y uso de tarjeta de identificación de componente para las devoluciones (262) de componentes	Mantenimiento
5	Diligenciar información específica o individual de los componentes dañados en las OT, identificando el ID/Serie del componente para tener disponible para las reparaciones.	Mantenimiento
6	Entrega fluida (diariamente) y oportuna de componentes DAÑADOS al almacén para que el proceso fluya	Mantenimiento
7	Monitorear salida (261) de componentes (NUEVOS/REPARADOS) y el recibo (262) de componentes DAÑADOS/NO REPARABLES para ejecutar envío a reparación o compra de componentes NUEVOS - 310 - según MRP	Supply
8	Generación y liberación de Purchase Requisition de reparación o compra nuevo de componentes 310	Supply
9	Asegurar el espacio exclusivo para recibo y almacenamiento de componentes DAÑADOS	Almacén
10	Contar con Recurso Humano para recibir componentes DAÑADOS	Almacén
11	Componentes DAÑADOS actualmente sin entregar en almacén, deben ser entregados para asegurar el envío a reparación antes de iniciar el proceso y evitar compra de NUEVOS innecesariamente.	Mantenimiento

## Bibliografía

- Aceña Navarro, M. (2016). *Gestión y Control de Flotas y Servicios de Transporte por Carretera*. Madrid: CEP.
- Acuña Acuña, J. (2003). *Ingeniería de Confiabilidad*. Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Anaya Tejero, J. J. (2009). *El Transporte de Mercancías*. Madrid: ESIC.
- Andogeni Martínez, J. M. (2005). Evolución Histórica de los Sistemas ERP de la gestión de materiales a la empresa digital. *Dirección y administración de empresas*, 61-72.
- Arcía, M. (2018). Cadena de suministro. *Entrepreneur*.
- Arellano Díaz, H. (2017). La calidad en el servicio como ventaja competitiva. 72-83.
- Ayala, J. M. (2016). *Gestión de Compras*. Madrid: Editex.
- Böder, J., & Gröne, B. (2013). *The Architecture of SAP ERP*. Walldorf: Tredition.
- Cadena Lozano, J. L. (2016). *Gestión del Pronóstico Estratégico*. Bogotá: CESA.
- Camacho Camacho, H., & Gómez Espinoza, K. L. (2012). *Importancia de la cadena de suministros en las organizaciones*. Panama.
- Castrillón Mendoza, R. D., Gonzáles Hinestroza, A. J., Quispe Oqueña, E. C., Urhán Rojas, M., & Fandiño Gutiérrez, D. (2014). *Metogología para la implementación del Sistema de Gestión Integral de la Energía*. Cali: Universidad Autonoma de Occidente.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2008). *Administración de la cadena de suministro* (Tercera edición ed.). Mexico.
- Cruz Fernandez, A. (2017). *Gestión de Inventarios*. Málaga: IC.
- De La Fuente García, D. N., & Gómez Puente, A. J. (2006). *Organización de la Producción en Ingenierías*. Oviedo: Ediuno.
- De Pablo Redondo, R., & Gonzáles Arias, J. (2013). *Teoría de la Financiación*. Madrid: UNED.
- Díaz Domínguez, L. F. (2011). *Introducción al Sistema SAP R/3*. Madrid: CEP.
- Duffuaa, S., Raouf, A., & Campbell, J. D. (2005). *Sistemas de mantenimiento*. Mexico.
- Escaño Gonzáles, J. M., García Caballero, J., & Nuevo García, A. (2019). *Integración de Sistemas de Automatización Industrial*. Madrid: Paraninfo.
- Frederick Ross, D. (2003). *Distribution Planning and Control*. Norwell: Kluwer Academic Publishers.
- García Palencia, O. (2012). *Gestión Moderna del Mantenimiento Industrial*. Bogotá: Ediciones de la U.

- Giraldo Gil, J. (2013). *Control de inventarios de repuestos para una flota de equipo liviano en el cerrejón* . Medellín.
- Granada Jiménez, J. I. (2018, Junio 25). *Zona Logística*. Retrieved from <https://zonalogistica.com/reabastecimiento-eficiente-premisa-en-el-relacionamiento-colaborativo/>
- Gutierrez, O. P. (2009). *Un enfoque multicriterio para la toma de decisiones en la gestion de inventarios* . Santiago de Cuba.
- Hartman, H. L., & Mutmanski, J. M. (2002). *Introductory Mining Engineering*. New Jersey: John Wiley & Sons, INC.
- Izar Landeta, J. M., & Zermeño Perez, E. (2014). Cálculo del punto de reorden cuando el tiempo de entrega y la demanda estan correlacionados. *Contaduría y administración* .
- Jiménez Raya, F. (2015). *Mantenimiento Preventivo de Sistemas de Automatización Industrial*. Málaga: IC.
- King, P. L., & King, J. S. (2015). *Value Stream Mapping for the Process Industries*. Boca Raton: CRC Press.
- Lal, J., & Srivastava, S. (2009). *Cost Accounting*. New Delhi: Tata McGraw Hill .
- López Montes, J. (2014). *Gestión de Inventarios*. España: Elearning S.L.
- López, A. M. (2016). Diseño de propuesta de distribución del almacén para mejorar la gestión de inventarios de la empresa repuestos El Palenque S.A.S. Bucaramanga.
- Marquez, A. G. (2008). Modelo para determinar políticas de inventario basado en los conceptos de riesgo y confiabilidad de equipos. Barranquilla.
- Meana Coalla, P. P. (2017). *Gestión de Inventarios*. Madrid: Paraninfo, S.A.
- Monsalve Fonnegra, G. P. (2018). *Planificación de operaciones de manufactura y servicios*. Medellín: ITM.
- Montoya Palacio, A. (2002). *Conceptos Modernos de Administración de Compras*. Bogotá: Norma.
- Mora García , L. A. (2016). *Gestión logística integral* (Segunda edición ed.).
- Mulcahy, D., & Sydow, J. (2008). *A Supply Chain Logistics Program for Warehouse Management*. Boca Raton: CRC Press.
- Nakano, M. (2019). *Supply Chain Management*. Kyoto: Springer.
- Ortega Marquez, A., & Padilla Dominguez, S. P. (2017). *Nivel de importancia del control interno de los inventarios dentro del marco conceptual de una empresa*. Barranquilla.
- Palmer Gato, M., Cardós Carboneras, M., & Babiloni, E. (2010). Revisión de modelos de gestión de inventarios para repuestos reparables. *4th International conference on Industrial Engineering and Industrial Management*. Valencia.

- Parada Gutierrez, O. (2009). Un enfoque multicriterio para la toma de decisiones en la gestión de inventarios. 169-187.
- Rizo Lorenzo, E., Pablos Solís, G. A., & Rizo Lorenzo, E. (2010). La Teoría del Capital de Trabajo y sus Técnicas. *Contribuciones a la Economía*, 3-6.
- Robusté Antón , F. (2005). *Logística del Transporte*. Barcelona: UPC.
- Rushton, A., Oxley, J., & Croucher, P. (2000). *Ligistics Distribution Managment*. Sterling: Kogan Page.
- Sokolski, M. (2020). *Mining Machines and Earth Moving Equipment*. Switzerland: Springer.
- Torres Salazar, M. (2017). Administración de inventarios, un desafío para las pymes.
- Trujillo Alvarado, L. (2018). Modelo integral de gestion de repuestos para mantenimiento en empresas intensivas en uso capital. Bogota, Colombia.
- Vian Ortuño, Á. (2006). *Introducción a la Química Industrial*. Barcelona: Reverté S.A. .
- Viveros, P., Stegmaier, R., & Barbera, L. (2013). Propuesta de un modelo de gestion de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. *Ingeniare*, 125-138.
- Zerega Albán, R., & Delgado Añazco, A. S. (2010). *Evaluación de sistemas de control push y pull en una linea de producción* . Guayaquil .