

PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE INVENTARIOS CON BASE EN LAS  
METODOLOGÍAS DEL ÁRBOL DE INVENTARIOS, HERRAMIENTA ABC Y LA  
CRITICIDAD DE LOS REPUESTOS PARA SOPORTE DEL PARQUE DE  
MAQUINARIA DE SOLETANCHE BACHY CIMAS S.A.

JUAN FELIPE RODRIGUEZ REYNA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA

2018

PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE INVENTARIOS CON BASE EN LAS  
METODOLOGÍAS DEL ÁRBOL DE INVENTARIOS, HERRAMIENTA ABC Y LA  
CRITICIDAD DE LOS REPUESTOS PARA SOPORTE DEL PARQUE DE  
MAQUINARIA DE SOLETANCHE BACHY CIMAS S.A.

JUAN FELIPE RODRIGUEZ REYNA

Monografía de grado presentada como requisito para optar al título de Especialista  
en Gerencia de Mantenimiento

Director: GUSTAVO ADOLFO CAICEDO BARBOSA  
Ingeniero Mecánico, Especialista en Gerencia de Producción y Operaciones. Jefe  
Gestión de Maquinaria SBC

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA

2018

## **DEDICATORIA**

En primera medida a Dios, que guía nuestras vidas y me da la bendición de culminar esta especialización de forma satisfactoria. A mi madre, a toda mi familia y a mi novia, que con ahínco siempre soportan cada paso que doy. Sin importar los problemas y obstáculos, siempre abundaron los catalizadores. Sin su apoyo, el de los invitados más importantes, los cómplices de nuestro éxito, no habría hoy celebración. Gracias.

Las verdaderas motivaciones provienen inicialmente de sentimientos, sueños e imaginarios, que con esfuerzo y ayuda se transforman en realidades y finalizar con este trabajo es para mí una plena alegría.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi director de proyecto el Ing. Gustavo Caicedo por ser una guía muy valiosa y brindarme las bases y herramientas para el desarrollo de la monografía.

A Soletanche Bachy Cimas S.A y su Centro Técnico Especializado CTE por acogerme en su familia y aportar una gran experiencia en mi vida profesional y personal.

A los ingenieros Eduardo Pernet y Daniel Dacruz por su apoyo y por permitirme desarrollar este trabajo, escucharme y creer en él.

A mis compañeros del área de almacén y administrativa Carlos Reyes y Olga Pinzón por su apoyo con la recopilación de datos y la apertura de espacios para las actividades requeridas para el desarrollo de la especialización y el proyecto.

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	17
CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS .....	19
1. PROBLEMÁTICA EN GESTIÓN DE REPUESTOS EN SOLETANCHE BACHY CIMAS S.A.....	20
1.1 TÍTULO DE PROYECTO .....	20
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	20
1.3 OBJETIVOS .....	22
1.3.1 OBJETIVO GENERAL .....	22
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	23
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE INVENTARIOS PARA MAQUINARIA .....	25
2.1 MARCO CONCEPTUAL DE INVENTARIOS .....	25
2.1.1 INVENTARIOS.....	25
2.1.2 GESTIÓN DE INVENTARIOS.....	26
2.1.3 CLASIFICACIÓN DE INVENTARIOS PARA MANTENIMIENTO.....	27
2.2 MANEJO DE INVENTARIOS PARA MANTENIMIENTO Y OPERACIONES...	28
2.3 ÁRBOL DE INVENTARIOS.....	31
2.4 HERRAMIENTA DE ANÁLISIS ABC – PARETO.....	32

3. CONTEXTO OPERACIONAL Y GESTIÓN DE INVENTARIO DE REPUESTOS EN SOLETANCHE BACHY CIMAS S.A. ....	34
3.1 SOLETANCHE BACHY CIMAS S.A. ....	34
3.2 SISTEMA DE GESTIÓN EN SOLETANCHE BACHY CIMAS S.A.....	36
3.3 SINCO ERP .....	37
3.4 CENTRO TÉCNICO ESPECIALIZADO (CTE) – TALLER DE MAQUINARIA..	39
3.5 ESTRATEGIA OPERACIONAL DEL CENTRO TÉCNICO ESPECIALIZADO (CTE).....	42
3.6 GESTIÓN DE REPUESTOS CENTRO TÉCNICO ESPECIALIZADO (CTE)...	43
4. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE INVENTARIOS PARA SOPORTE DE MAQUINARIA EN SOLETANCHE BACHY CIMAS S.A.....	46
4.1 AUDITORÍA DE ALMACÉN DE REPUESTOS – PASO 1 .....	46
4.2 RECOLECCIÓN DE DATOS – PASO 2.....	50
4.2.1 DIFERENCIACIÓN DE FAMILIAS EN INVENTARIO DE REPUESTOS .....	53
4.3 DESARROLLO DE MATRIZ DE CRITICIDAD DE EQUIPOS – PASO 3.....	54
4.4 IMPLEMENTACIÓN HERRAMIENTA ABC – PASO 4 .....	57
4.5 IMPLEMENTACIÓN HERRAMIENTA ÁRBOL DE INVENTARIOS – PASO 5.	58
4.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS – PASO 6.....	60
4.7 IMPORTANCIA DE LA ASOCIACIÓN A LA CRITICIDAD DE EQUIPOS .....	67
5. PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO PARA GESTIÓN DE INVENTARIO .....	70

6. CONCLUSIONES .....73

BIBLIOGRAFÍA.....75

## LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
Figura 1. Piloteadoras por impacto Banut – Pilotes Hincados. ....	21
Figura 2. Factores que afectan a las empresas. ....	27
Figura 3. Perfiles típicos del inventario de mantenimiento. ....	28
Figura 4. Ejemplo breve del árbol de inventarios. ....	32
Figura 5. Esquema de Herramienta ABC para clasificación de inventarios. ....	33
Figura 6. Mapa de procesos de Soletanche Bachy Cimas S.A. ....	36
Figura 7. Módulo SINCO ADPRO. Informes de Inventario. ....	39
Figura 8. Centro Técnico Especializado (CTE). ....	39
Figura 9. Ubicación de Centro Técnico Especializado (CTE). ....	40
Figura 10. Organigrama de Centro Técnico Especializado (CTE). ....	41
Figura 11. Almacén de repuestos en el Centro Técnico Especializado (CTE). ....	45
Figura 12. Radar de auditoría almacén – Bodega Central. ....	50
Figura 13. Flujo de proceso Inventario físico 2018. ....	51
Figura 14. Evidencia de inventario físico 2018. ....	52
Figura 15. Configuración del criterio de criticidad total. ....	55
Figura 16. Valores de inventario por grupos de artículos. ....	60

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Cumplimiento de objetivos .....	19
Tabla 2. Auditoria de almacén – Bodega Central.....	46
Tabla 3. Grupos de inventario de repuestos .....	54
Tabla 4. Criterios de evaluación para criticidad total en equipos de Soletanche Bachy Cimas S.A. ....	56
Tabla 5. Clasificación de zonas ABC según valor y grupos de inventario. ....	60
Tabla 6. Muestra zona A de clasificación ABC. Repuestos de mayor valor.....	62
Tabla 7. Porcentajes de grupos de repuestos para gestión administrativa.....	64
Tabla 8. Herramienta árbol de inventarios aplicada a Soletanche Bachy Cimas S.A.....	66
Tabla 9. Tabla de actividades propuestas de mejora.....	72

## **TABLA ANEXOS**

**(Ver anexos adjuntos en el CD y pueden visualizarlos en la base de datos de la biblioteca UIS)**

ANEXO A. PORCENTAJE DE FALLA POR FAMILIAS DE EQUIPOS PARA SOLETANCHE BACHY CIMAS S.A.

ANEXO B. INFORME DE COSTO DE MANTENIMIENTO Y RENTABILIDAD 2017 PARA SOLETANCHE BACHY CIMAS S.A.

ANEXO C. PROYECCIÓN DE OCUPACIÓN DE EQUIPOS 2018.

ANEXO D. EVALUACIÓN DE CRITERIOS PARA MATRIZ DE CRITICIDAD.

ANEXO E. APLICACIÓN DE HERRAMIENTA ABC A VALOR DE CRITICIDAD TOTAL.

ANEXO F. GRÁFICA DE CRITICIDAD TOTAL PARA EQUIPOS DEL PARQUE DE MAQUINARIA DE SOLETANCHE BACHY CIMAS S.A.

ANEXO G. FICHA DE ANÁLISIS PARA APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS ABC Y ÁRBOL DE INVENTARIOS A INVENTARIO DE REPUESTOS DE SOLETANCHE BACHY CIMAS S.A.

ANEXO H. APLICACIÓN HERRAMIENTA ABC Y ÁRBOL DE INVENTARIOS AL INVENTARIO DE REPUESTOS DE SOLETANCHE BACHY CIMAS S.A.

## GLOSARIO

**STOCK:** Es aquella cantidad de materiales que se almacena, en este caso repuestos que necesita el área de maquinaria para satisfacer su demanda en las tareas de mantenimiento.

**INVENTARIO:** Es la acumulación de materias primas, provisiones y componentes ubicados en almacenes, patios, pisos de las tiendas, equipo de transporte entre otros y usados para soportar la operación de un proceso de producción u operativo.

**SBC:** Soletanche Bachy Cimas S.A.

**CTE:** Centro Técnico Especializado. Taller de Maquinaria SBC – GEO. Tocancipá.

**LEAD TIME:** Es el tiempo transcurrido desde que se solicita un repuesto o material hasta que este se recibe en el almacén para disposición de uso por parte de los proveedores.

**GESTIÓN:** Acción o efecto de administrar y hacer diligencias conducentes al logro de un objetivo.

**SINCO ERP:** Es un software integrado que permite controlar el negocio en línea y administrar la información de todas las áreas de la compañía a través de un solo sistema.

**CECO:** Centro de Costos mediante el cual se lleva un control sobre presupuesto de un proyecto.

**REPUESTO:** Es una pieza que se utiliza para reemplazar las originales en máquinas que debido a su uso diario han sufrido deterioro o una avería.

**CONSUMIBLE:** Es un conjunto de materiales que se consumen con el uso diario en las tareas de mantenimiento por el personal operativo.

**CRITICIDAD:** Es el criterio que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones, teniendo en cuenta la frecuencia de fallas y las consecuencias operacionales.

**DISPONIBILIDAD:** Es la capacidad de un equipo o sistema para cumplir su función dentro del periodo de tiempo solicitado y bajo un contexto operacional específico sin tener paradas no programadas.

## RESUMEN

**TITULO:**

PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE INVENTARIOS CON BASE EN LAS METODOLOGÍAS DEL ÁRBOL DE INVENTARIOS, HERRAMIENTA ABC Y LA CRITICIDAD DE LOS REPUESTOS PARA SOPORTE DEL PARQUE DE MAQUINARIA DE SOLETANCHE BACHY CIMAS S.A.\*

**AUTOR:**

JUAN FELIPE RODRIGUEZ REYNA\*\*

**PALABRAS CLAVE:**

INVENTARIOS, MAQUINARIA, COSTOS, ROTACIÓN, REPUESTO, CRITICIDAD, MANTENIMIENTO.

**CONTENIDO:**

Esta monografía muestra el desarrollo de un procedimiento de análisis para el inventario de repuestos de Soletanche Bachy Cimas S.A. realizado como respuesta a la necesidad de minimizar y controlar los costos derivados de las actividades relacionadas con el departamento de maquinaria en el Centro Técnico Especializado (CTE) para el soporte de los equipos que ejecutan las obras de construcción en Colombia y en países de la zona de Latino América.

Las empresas que han comprendido las características particulares de los inventarios para mantenimiento y operación en maquinaria están utilizando metodologías científicas de análisis para obtener beneficios, teniendo en cuenta que no solo se debe evaluar el valor de cada pieza, también se deben relacionar factores como la criticidad de los equipos y de los repuestos para estos, los tiempos de reposición, los costos aduaneros, la depreciación y la rotación. Las herramientas ABC y árbol de inventarios, permiten diferenciar y organizar el inventario con los criterios de costo y rotación y posteriormente poder ligar estos criterios con los de la criticidad de los equipos en la operación de la compañía.

El resultado del análisis debe estar acompañado de un compromiso en la ejecución de las tareas propuestas con el estudio de los datos obtenidos después de realizar el procedimiento y un seguimiento constante por parte del personal de Maquinaria en el Centro Técnico Especializado (CTE), buscando oportunidades de mejora en el modelo planteado que permitan incrementar la efectividad del mismo.

---

\*Monografía de grado

\*\*Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento.  
Director: Gustavo Adolfo Caicedo Barbosa

## ABSTRACT

**TITLE:**

PROCEDURE FOR ANALYSIS OF INVENTORIES BASED ON THE METHODOLOGIES OF THE TREE OF INVENTORIES, ABC TOOL AND THE CRITICAL SPARE PARTS FOR SUPPORT OF MACHINERY FLEET FROM SOLETANCHE BACHY CIMAS S.A.\*

**AUTHOR:**

JUAN FELIPE RODRIGUEZ REYNA\*\*

**KEYWORDS:**

INVENTORIES, MACHINERY, COSTS, ROTATION, REPLACEMENT, CRITICITY, MAINTENANCE.

**CONTENTS:**

This paper shows the development of an analysis procedure for the spare parts inventory of Soletanche Bachy Cimas S.A. made in response to the need to minimize and control the costs derived from the activities related to the machinery department in the Specialized Technical Center (CTE) for the support of the equipment that executes the construction works in Colombia and in countries of the zone of Latinamerica.

The companies that have understood the characteristics of the inventories for maintenance and operation in Machinery are using scientific methodologies of analysis to obtain benefits, considering that not only the value of each piece must be evaluated, but also factors such as criticality must be related of equipment and spare parts for these, replacement times, customs costs, depreciation and rotation. ABC tools and inventory tree, allow to differentiate and organize the inventory with the cost and rotation criteria and later can link these criteria with those of the criticality of the teams in the operation of the company.

The result of the analysis should be supported by a workforce's commitment in the execution of the tasks proposed with the study of the data obtained after carrying out the procedure and constant monitoring by the personnel of Machinery in the Specialized Technical Center (CTE), looking for opportunities of improvement in the proposed model to increase the effectiveness of it.

---

\*Monograph

\*\*Physical – Mechanical Faculty. Maintenance Management Specialization. Director: Gustavo Adolfo Caicedo Barbosa

## INTRODUCCIÓN

Debido a la demanda de trabajo y al crecimiento en los últimos años de la compañía Soletanche Bachy Cimas S.A., es necesario optimizar los recursos disponibles actualmente y de esta manera controlar los costos derivados de las actividades relacionadas con el departamento de maquinaria en el Centro Técnico Especializado (CTE), creando un procedimiento adecuado para garantizar un análisis de gestión de inventarios efectivo.

En el caso particular de mantenimiento encontramos razones específicas que justifican esta herramienta como medio de análisis de algunos factores no controlados que están asociados a los procesos de abastecimiento, administrativo y almacén, como es el caso de, valor de inventario elevado, reposición insuficiente de repuestos, necesidad de préstamos de repuestos con otra empresa y necesidad de gestión sobre repuestos que no tienen rotación y/o son obsoletos.

Este proyecto tiene como finalidad generar un procedimiento como instrumento para el análisis de inventarios de repuestos de la compañía mediante las herramientas Árbol de Inventarios y ABC Pareto de Valor, diagnosticando el estado actual del almacén de repuestos y verificando los elementos relevantes que posee el taller para soportar la operación del parque de maquinaria y de esta manera proponer acciones de mejora que sirvan para corregir falencias y poder obtener una mejora en el proceso mancomunando las decisiones a la criticidad de los equipos que poseen.

A través de los resultados obtenidos por este análisis, se darán algunas recomendaciones que permitan establecer acciones de mejora que proporcionarán como resultado una oportunidad de progreso en la administración de los recursos actuales.

Asimismo, se podrá tener una visión de la estructura, procedimientos y personal involucrado, siendo este el primer paso para decidir e implementar mejoras en el sistema de gestión de inventarios con el que se cuenta actualmente.

En vista del avance tecnológico se hace necesario acudir al uso de ayudas informáticas como hojas de cálculo y el soporte del sistema ERP de la empresa que permiten procesar y analizar información en un periodo de tiempo más corto, comparando la información con la recopilación de datos manual y física del personal. Todo esto lleva a que la aplicación de la herramienta de análisis sea más rápida y precisa, facilitando la toma de decisiones oportunas y al día.

## CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS

Tabla 1. Cumplimiento de objetivos

OBJETIVO ESPECÍFICO	NUMERAL EN TABLA DE CONTENIDO	PÁGINA
Reconocer y evaluar estado actual de la gestión de repuestos e inventarios para el parque de maquinaria de Soletanche Bachy Cimas S.A.	4.1	47
Identificar familias de repuestos de los inventarios actuales.	4.2.1	54
Clasificar los repuestos empleados en los mantenimientos para los equipos del parque de maquinaria de Soletanche Bachy Cimas S.A., según la metodología, árbol de inventarios y análisis ABC, estimando la criticidad de estos en la operación.	4.3, 4.4, 4.5	55-59
Establecer un procedimiento que valide las herramientas de análisis utilizadas y que sea aceptado por la dirección de Maquinaria para su uso periódico en la compañía.	4.	47-68
Proponer acciones de mejora para la gestión de repuestos sobre el inventario analizado, con base en los resultados obtenidos.	5.	71

Fuente: Autor de monografía.

# **1. PROBLEMÁTICA EN GESTIÓN DE REPUESTOS EN SOLETANCHE BACHY CIMAS S.A.**

## **1.1 TÍTULO DE PROYECTO**

PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE INVENTARIOS CON BASE EN LAS METODOLOGÍAS DEL ÁRBOL DE INVENTARIOS, HERRAMIENTA ABC Y LA CRITICIDAD DE LOS REPUESTOS PARA SOPORTE DEL PARQUE DE MAQUINARIA DE SOLETANCHE BACHY CIMAS S.A.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En toda organización industrial que posea un parque de maquinaria denso, el cual obtiene sus ganancias de los rubros que recibe por su servicio, se mantiene en existencia una gran cantidad de repuestos para cumplir a cabalidad con los mantenimientos de sus activos. Esto se traduce necesariamente en una importante inversión financiera que en la mayoría de los casos es superior a los valores presupuestados.

Soletanche Bachy Cimas S.A. ha tenido un crecimiento exponencial y dado la evolución de la demanda para las aplicaciones en obra civil del mercado, se ha abastecido de activos de maquinaria paulatinamente con el paso del tiempo.

Figura 1. Piloteadoras por impacto Banut – Pilotes Hincados.



Fuente: SOLETANCHE BACHY CIMAS S.A. Soluciones: Pilotes hincados. [En línea]. (Recuperado en 15 agosto de 2017) Disponible en internet. <<http://www.soletanche-bachy.com.co/web/detalle-soluciones/detalle/pilotes-hincados-bd8>>

La gestión de repuestos en Soletanche Bachy Cimas S.A. se ve sometida a la necesidad inmediata en las reparaciones en el taller de maquinaria y en obras. Los pedidos constantes para asegurar disponibilidad han hecho que el valor del inventario en almacén supere los tres mil millones de pesos y aun así se evidencia ausencia de repuestos de alta rotación para soportar las operaciones, la falta de clasificación de referencias exhaust u obsoletas y la depreciación de algunos componentes mayores. En consecuencia, se pueden presentar atrasos en los alistamientos de equipos para el alquiler a obra, paradas en servicio y sobre costos en reparaciones.

Se hace imprescindible comprobar ¿Es posible tener herramientas de análisis efectivas y precisas para el manejo de inventarios con el fin de que la toma de

decisiones por parte del área de maquinaria afecte el costo/beneficio favorablemente para la gestión de repuestos?

### **1.3 OBJETIVOS**

1.3.1 OBJETIVO GENERAL. Establecer un procedimiento de análisis para los inventarios que soportan los mantenimientos de equipos del parque de maquinaria de Soletanche Bachy Cimas S.A con base en las metodologías árbol de inventarios, la herramienta ABC y la criticidad de los repuestos.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Reconocer y evaluar el estado actual de la gestión de repuestos e inventarios para el parque de maquinaria de Soletanche Bachy Cimas S.A.

Identificar familias de repuestos de los inventarios actuales.

Clasificar los repuestos empleados en los mantenimientos para los equipos del parque de maquinaria de Soletanche Bachy Cimas S.A., según la metodología, árbol de inventarios y análisis ABC, estimando la criticidad de estos en la operación.

Establecer un procedimiento que valide las herramientas de análisis utilizadas y que sea aceptado por la dirección de Maquinaria para su uso periódico en la compañía.

Proponer acciones de mejora para la gestión de repuestos sobre el inventario analizado, con base en los resultados obtenidos.

## 1.4 JUSTIFICACIÓN

En Soletanche Bachy Cimas S.A. hay alrededor de 152 activos fijos que figuran asignados al área de Maquinaria y Mantenimiento, dentro de los más importantes están las piloteadoras en distintas familias, Banut, Junttan, Soilmec, Bauer y Sunward, las grúas de pluma, clasificadas como equipos excavadores de cable por la adecuación de herramientas de perforación o movimiento de tierras, Liebherr, Link Belt y Pinguelly. Equipos de línea amarilla Caterpillar, Volvo e Hitachi, bombas de concreto, bombas de inyección, almejas de excavación, entre otros. El volumen de repuestos e insumos utilizados en los mantenimientos de estos equipos representan una inversión considerable para el área y la empresa creando alrededor de 14000 códigos (2650 activos) para la trazabilidad de almacén que se valorizan en un estimado de tres mil millones de pesos colombianos.

La compañía cuenta con un Centro Técnico Especializado (CTE) ubicado en Tocancipá donde se almacenan todos los repuestos y se distribuyen para los trabajos de maquinaria y para las obras abiertas en Bogota, Colombia y América Latina. El alto volumen de demanda para reparaciones, sumado a reposición de stock insuficiente y a la necesidad de importaciones recurrentes para repuestos especializados, donde el lead time es bastante largo, han incrementado progresivamente el valor del inventario de repuestos. Así, se evidencian grietas en la planeación de los trabajos operativos y la cadena de abastecimiento para el soporte del área de maquinaria.

Se hace necesario clasificar y analizar estos inventarios para favorecer la gestión de repuestos que se hace para los equipos e identificar debilidades con el fin de implementar herramientas que permitan una posible optimización de recursos y costos. Los análisis ABC y árbol de inventarios son metodologías pioneras dentro de la clasificación asertiva de repuestos, teniendo en cuenta la aplicación en

mantenimiento y operaciones, la fácil adaptación a los datos recopilados y la dinámica fluida de su implementación.

## 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE INVENTARIOS PARA MAQUINARIA

### 2.1 MARCO CONCEPTUAL DE INVENTARIOS

2.1.1 INVENTARIOS. Los inventarios son acumulaciones de materias primas, provisiones, componentes, trabajo en proceso y productos terminados que aparecen en numerosos puntos a lo largo del canal de producción y de logística de una empresa: almacenes, patios, pisos de las tiendas, equipo de transporte entre otros.

Al respecto, refieren además que tener estos inventarios disponibles puede costar, al año, entre 20% y 40% de su valor. Por lo tanto, administrar cuidadosamente los niveles de inventario tiene un buen sentido económico. Son bienes tangibles que se requieren para el curso ordinario del negocio y tienen unos propósitos definidos:

- Garantizar los suministros de manera oportuna.
- Aumentar la eficiencia de compras y de producción.
- Controlar la medida temporal para disponer de los materiales antes de la ejecución de grades proyectos (Paradas de Planta) o situaciones especiales.

En concreto el inventario es una inversión que se hace para minimizar el costo de pérdidas o costos potenciales<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> FUNDACIÓN IBEROAMERICANA DE ALTOS ESTÁNDARES PROFESIONALES FIAEP. Control y Manejo de Inventario y Almacén. [En línea]. (Recuperado en 15 septiembre de 2017) Disponible en internet. <<http://fiaep.org/inventario/controlymanejodeinventarios.pdf>>

2.1.2 GESTIÓN DE INVENTARIOS. La gestión de inventarios de acuerdo con Ferrer y Villaroel es un proceso mediante el cual se debe determinar que producto comprar, en que cantidades a qué precio y en qué momento.<sup>2</sup> Lograr una toma de decisiones asertiva para este proceso constituye uno de los procesos administrativos más complejos en cualquier sector de la economía y encontrar mejoras que se traduzcan en ahorro de costos y competitividad requiere de un juicioso trabajo estratégico.

Desde otra perspectiva, Andino dice que son las diferentes actividades necesarias para mantener, proteger y suministrar el producto requerido por los clientes<sup>3</sup>. En cualquiera de los casos, para todas las organizaciones que requieren mantener inventarios, deben tener como objetivo el lograr un equilibrio entre las compras y la demanda en pro de la rentabilidad.

Lograr esto constituye una de las tareas logísticas más complejas para cualquier industria. Como comenta Vidal, por lo general, “Siempre tenemos demasiado de los que no se requiere y agotados de los que sí tiene demanda y se consume”<sup>4</sup>. Por lo tanto, encontrar mejoras que representen beneficio para la organización requiere un muy juicioso trabajo estratégico. Hoy en día el perfil de los gerentes involucra ser más investigativo, analizar datos, medir, diagnosticar y aplicar

---

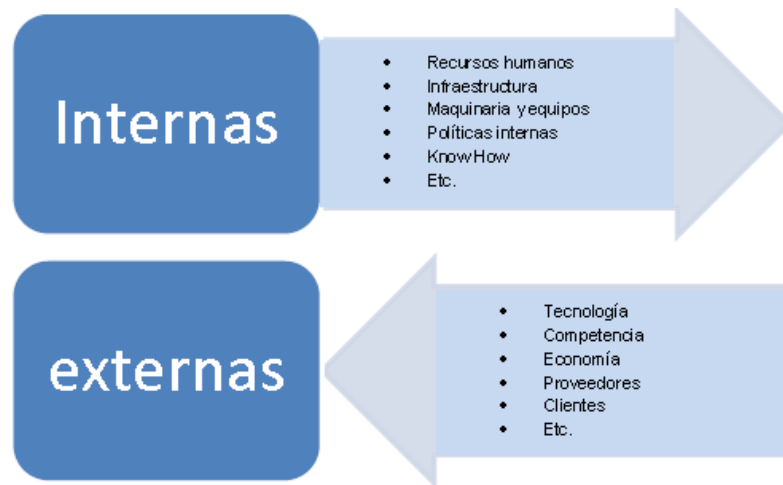
<sup>2</sup> RUBIO FERRER, Jose y VILLAROEL VALDEMORO, Susana. Gestión y pedido de Stock. Madrid: Ministerio de Educación de España, 2017. p11.

<sup>3</sup> ANDINO, Ramón Martín. Operaciones y Logística. Gestión de Inventarios y Compras [En línea]. Edición 2006; p. 4. (Recuperado en 16 agosto de 2017). Disponible en internet. <[http://api.eoi.es/api\\_v1\\_dev.php/fedora/asset/eoi:45152/componente45150.pdf](http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45152/componente45150.pdf)>

<sup>4</sup> GUTIERREZ, Valentina y VIDAL, Carlos Julio. Modelos de Gestión de Inventarios en cadenas de abastecimiento. [En línea]. No. 43 (2008); p. 136. (Recuperado en 16 agosto de 2017. Disponible en internet. <<http://ingeniería.udea.edu.co/grupos/revista/revistas/nro043/134-149.pdf>>

herramientas que enfrente a los diversos factores que afecta a las empresas. La buena administración del inventario consiste en mantener disponibles estos bienes al momento de requerir su uso, basados en políticas que permitan decidir cuándo y en cuánto reabastecerlo.

Figura 2. Factores que afectan a las empresas.

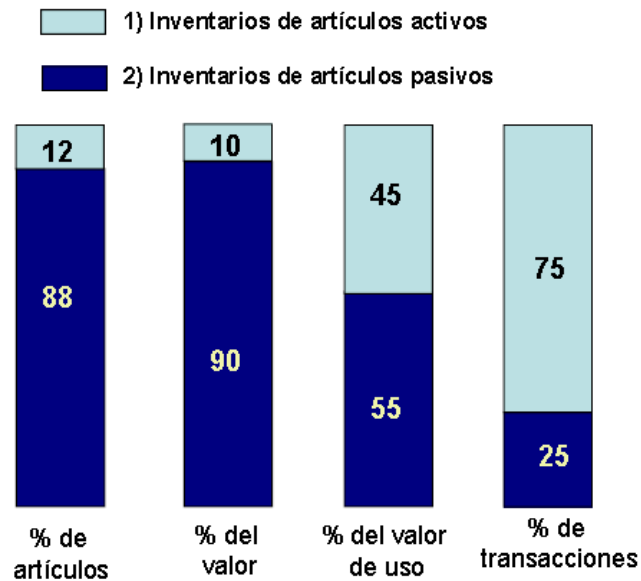


Fuente: ECHEVERRI, Diana. Contexto organizacional. [En línea]. (Recuperado en 12 agosto de 2017). Disponible en Internet. <<https://www.emaze.com/@AOROIOWIZ/CONTEXTO-ORGANIZACIONAL>>. ©.

2.1.3 CLASIFICACIÓN DE INVENTARIOS PARA MANTENIMIENTO. Dentro de la gestión de inventarios para mantenimiento y operaciones se discrimina una clasificación general que se parte en dos grandes grupos. Los artículos activos, que son utilizados frecuentemente (por regla más de una vez al mes) y cuya demanda puede ser pronosticada con bastante precisión, y los artículos pasivos, los cuales tienen una muy baja rotación y es muy difícil pronosticar su demanda.

Esta clasificación tiene unos perfiles muy definidos que caracterizan y diferencian los dos grupos en cuanto el número de artículos dentro del inventario su valor total, su impacto de uso y la rotación que tienen.

Figura 3. Perfiles típicos del inventario de mantenimiento.



Fuente: CONTRERAS MARQUEZ, Jose. Curso: Gestión y Optimización de Inventarios en Mantenimiento. Elite Training. Duración 16 horas. IU de TECNOLOGÍA DE LA VICTORIA. Consultado 03 septiembre de 2017. ©.

Reducir los niveles de inventario de los artículos activos no sería la prioridad ni lo más práctico. Se debe centrar el análisis en los pasivos por su alto costo, alto tiempo de entrega y criticidad en la operación.

## 2.2 MANEJO DE INVENTARIOS PARA MANTENIMIENTO Y OPERACIONES

Muchas empresas invierten mucho tiempo, esfuerzos y recursos en la gestión de activos empresariales, los inventarios de materiales para mantenimiento,

reparaciones y operaciones también forman parte de esos activos, pero su gestión ha sido poco entendida y mal conducida, desaprovechando el potencial de establecer una ventaja competitiva mediante la optimización de la gestión de inventarios de estos tangibles.

Las compañías que han comprendido las características particulares de estos inventarios están utilizando metodologías científicas de análisis para obtener beneficios.

Entre los resultados directos y medibles más importantes está lograr una mayor disponibilidad de los equipos que se traduce en mayor capacidad de servicio, importantes ahorros de costos de mantener el inventario y disminución del costo del lucro cesante causado por la indisponibilidad de repuestos cuando son necesitados.

La gestión eficaz del inventario para mantenimiento es un reto complejo. Tradicionalmente, éste ha girado en torno a comprar de forma manual y subjetiva o con base en información histórica errónea.

Hay bastante evidencia de bajas tasas de utilización de equipos debido a que el personal de mantenimiento no es capaz de responder a averías de los equipos por la falta de existencias de inventario. Para combatir este problema (falta de existencias), las empresas tienden tradicionalmente a incurrir en un mayor gasto en materiales, lo que origina exceso de inventarios afectando negativamente la rentabilidad empresarial.

Para optimizar el inventario se debe comenzar teniendo en cuenta el riesgo que representa la indisponibilidad de un repuesto necesario para ejecutar un trabajo de mantenimiento. Esto puede traer consecuencias tan drásticas como la paralización total de la producción.

La gestión de los materiales para el soporte de mantenimiento es más compleja que la de los inventarios de materias primas y productos terminados por las siguientes razones: La variedad de artículos, la diferencia de la demanda, la diferencia en precios, la diferencia en criticidad y la diferencia en tiempos de entrega

Estos inventarios tienen un comportamiento particular que dificulta su optimización, por lo tanto, es necesario conocer ese comportamiento para utilizar las técnicas apropiadas para cada tipo de material.

Entre las características más resaltantes de ese comportamiento típico se tiene que solamente entre el 5 % y el 10 % de los artículos son utilizados frecuentemente y por tanto tienen una demanda pronosticable. El resto, entre 90 % y 95 %, son artículos cuya demanda es muy baja y por tanto su pronóstico resulta complejo y no se puede hacer por métodos convencionales. Otro aspecto muy importante por considerar es que alrededor del 5 % de los materiales almacenados representa alrededor del 80 % del valor total del inventario.<sup>5</sup>

A la gestión de inventarios para mantenimiento no se le ha dado la importancia que tiene, ya que en muchas empresas la gente de mantenimiento considera que ese no es su problema. La realidad es que gran parte de los costos totales de mantenimiento están conformados por el costo directo de los materiales y el costo asociado a la decisión de mantenerlos almacenados

En virtud de lo anterior es muy importante atender cuidadosamente la gestión de inventarios de mantenimiento para minimizar la inversión necesaria sin afectar la continuidad de las operaciones de manera segura y eficiente.

---

<sup>5</sup> CONTRERAS MARQUEZ, Jose. La optimización de los inventarios en mantenimiento. [En línea]. (Recuperado 03 septiembre de 2017). Disponible en internet. <<http://www.avingenieria.net/single-post/2016/03/28/LA-OPTIMIZACION-DE-LOS-INVENTARIOS-EN-MANTENIMIENTO>>

## 2.3 ÁRBOL DE INVENTARIOS

Esta es una herramienta estratégica para modelar una gestión de inventarios de artículo activos y pasivos acertada ya que aplica técnicas de gestión para cada grupo, selecciona recursos para cada tipo de inventario según su característica e importancia en la dinámica de la operación y permite a enfocar las decisiones gerenciales en los repuestos más importantes y no en cualquier artículo.

El árbol del inventario establece criterios cuantitativos para cada tipo de artículos y los clasifica en activos y pasivos, en función de la frecuencia de utilización. Un artículo pasivo se define como aquel que se utiliza en promedio una vez al mes o menos.

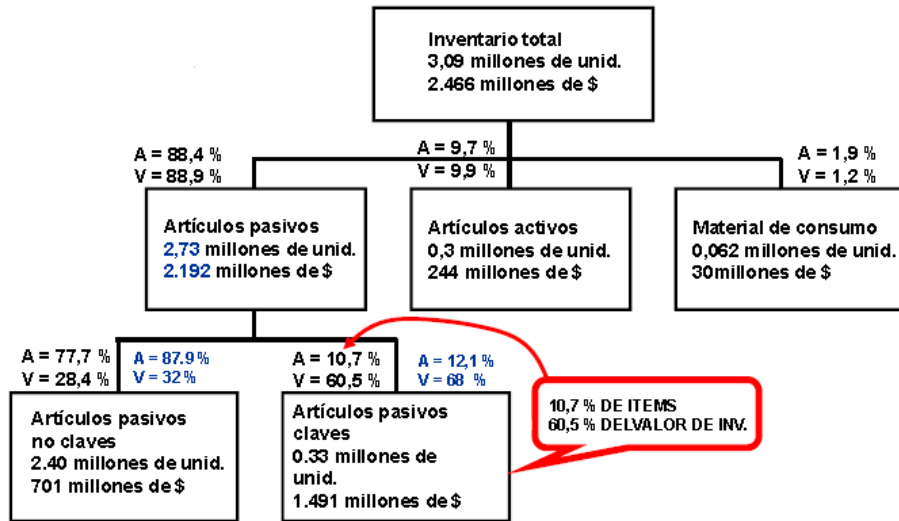
Separa los artículos pasivos en:

- Artículos pasivos claves que requieren una gestión muy cuidadosa e intensiva.
- Artículos pasivos no claves que no requieren ningún tratamiento especial.

Para definir un artículo pasivo clave se debe establecer un criterio basado en su valor y otro en su frecuencia de utilización. Cualquier artículo que supere cualquiera de esos criterios es considerado pasivo clave y los artículos que no cumplen con los criterios mencionados son considerados pasivos no claves.

Tienen un valor desproporcionadamente grande con relación al número de artículos y cerca de la mitad de todos los artículos pasivos claves tienden a ser críticos para las operaciones.

Figura 4. Ejemplo breve del árbol de inventarios.



Fuente: MONCRIEF, Schroder, Reynolds. Production Spare Parts. Estudio realizado en 190 almacenes de 52 compañías (Energía, pulpa y papel, sistemas ferroviarios, químicas, refinerías, petroquímicas). ©.

## 2.4 HERRAMIENTA DE ANÁLISIS ABC – PARETO

En almacenes de mantenimiento es muy común que pocos artículos representen un porcentaje muy alto del valor total. Se puede clasificar los materiales para establecer prioridades en los esfuerzos de reducir costos. Esta clasificación se puede hacer tomando los criterios de valor o de uso.

El análisis ABC es un método de clasificación frecuentemente utilizado en gestión de inventario. Resulta del principio de Pareto.

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

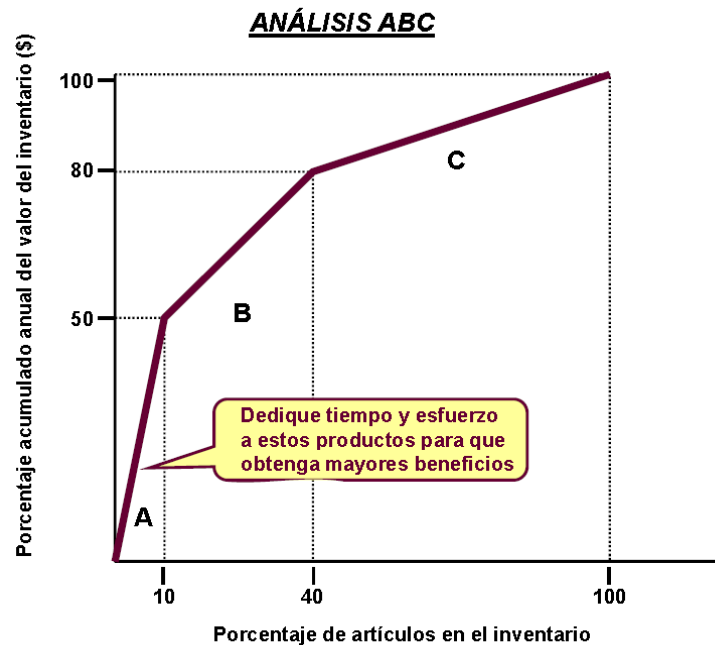
Ejemplo aplicable a la gestión de stock:

"Clase A" el stock incluirá generalmente artículos que representan 80% del valor total de stock y 20% del total de los artículos. En eso la clasificación ABC resulta directamente del principio de Pareto.

"Clase B" los artículos representaran 15% del valor total de stock, 30% del total de los artículos.

"Clase C " los artículos representaran 5% del valor total de stock, 50% del total de los artículos.

Figura 5. Esquema de Herramienta ABC para clasificación de inventarios.



Fuente: GONZALEZ, Axia. Asignatura: Mantenimiento II. Análisis ABC. [En línea]. (Recuperado en 17 de agosto de 2017). Disponible en internet. <<http://argrsite.blogspot.com.co/2011/05/analisis-abc.html>>. ©.

### **3. CONTEXTO OPERACIONAL Y GESTIÓN DE INVENTARIO DE REPUESTOS EN SOLETANCHE BACHY CIMAS S.A.**

#### **3.1 SOLETANCHE BACHY CIMAS S.A**

Soletanche Bachy Cimas S.A. fue fundada en Colombia en el año 1997, con la participación de la empresa francesa Soletanche Bachy y la empresa colombiana Cimentaciones y Asesorías (CIMAS). Desde entonces se ha consolidado como empresa líder del sector de la construcción, con un alto sentido de responsabilidad frente a los clientes y al desarrollo sostenible del país.

La historia representativa de la empresa y algunos de sus más grandes logros se puede condensar en la siguiente línea de tiempo<sup>6</sup>.

1926: Pierre Bachy crea en Francia la empresa Bachy que años más tarde pasa a ser SIF – Entreprise Bachy.

1944: Ernest Ischy y Henry Giron compran y la empresa pasa a ser Soletanche en 1948.

1997: Fundación Soletanche Bachy Cimas en Colombia.

1999: Obras de contención para los muros del Centro Comercial Oviedo y El Tesoro Parque Comercial en Medellín.

2000: Ejecución de proyecto Interceptor Rio Bogotá.

2002: Primer proyecto desarrollado con pilotes prefabricados.

---

<sup>6</sup> SOLETANCHE BACHY CIMAS S.A. Historia. [En línea]. (Recuperado en 16 agosto de 2017. Disponible en internet. <<http://www.soletanche-bachy.com.co/web/historia>>

2003: Creación de la planta de prefabricados de SBC. Primera obra adjudicada para desarrollo de pantallas.

2005: Cimentación de los Centro Comerciales Santa Ana, Santafé y Gran Estación Primera Etapa en Bogotá.

2006: Construcción del interceptor Fucha-Tunjuelo. Creación de Soletanche Bachy Cimas en Trinidad y Tobago. Primer proyecto adjudicado en Ecuador.

2007: Ejecución de interceptor Tunjuelo Bajo.

2008: Diseño y construcción de muelle y patio de contenedores Terminal Compas Cartagena.

2009: 1'000.000 de metros lineales de pilotes prefabricados ejecutados. Cimentación Centro Comercial Gran Estación Segunda Etapa.

2010: Inicio de obras Puerto Brisa Guajira y Muelle Palermo Magdalena.

2012: Adjudicación y ejecución de proyecto Puerto Bahía Cartagena. Cimentación Centro Comercial Mayorca Mega Plaza Medellín.

2013: Implementación y ejecución de proyecto con tablestaca C.C Santafé.

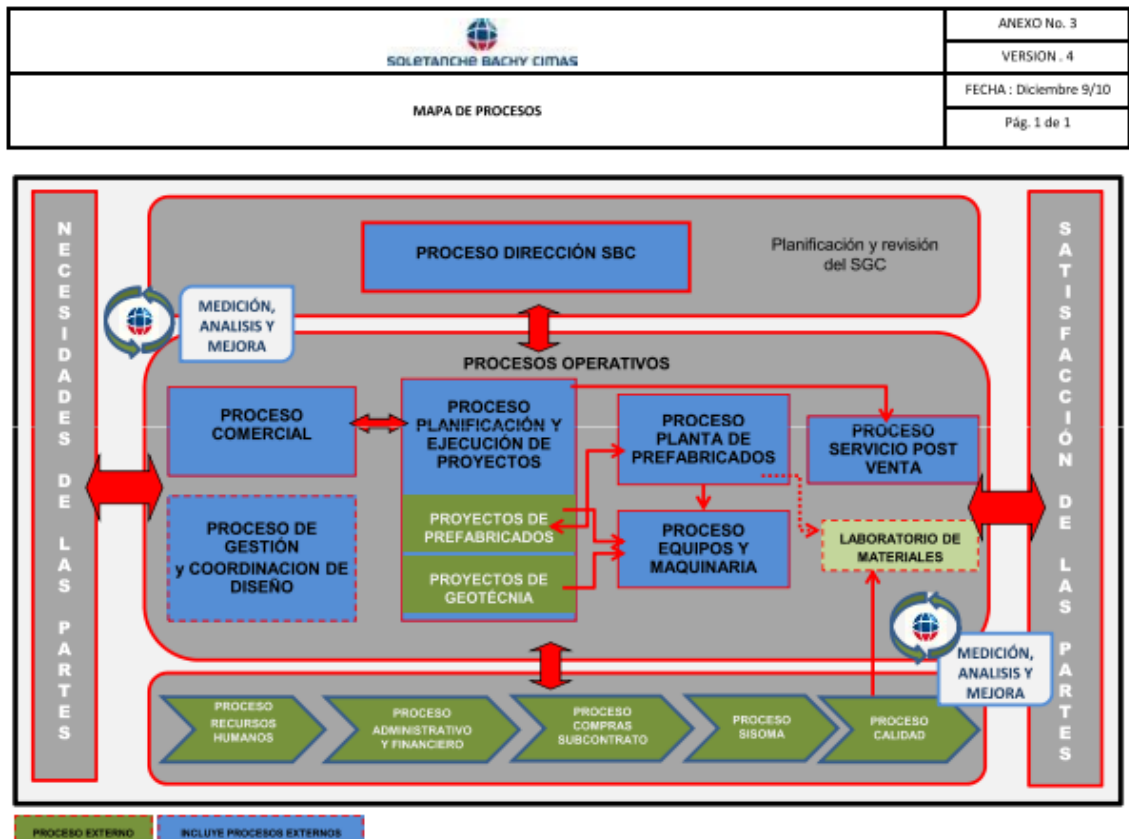
2014-2015: Ejecución de obras portuarias SPIA y BOSCOAL, Buenaventura.

2016:2017: Ejecución de obras en Consorcio con Geofundaciones de Torre Claro Bogotá y C.C Primavera Medellín.

### 3.2 SISTEMA DE GESTIÓN EN SOLETANCHE BACHY CIMAS S.A.

Soletanche Bachy Cimas S.A. ha establecido como prioridad en su organización, establecer, documentar, implementar y mantener un Sistema de Gestión de la calidad, diseñado para garantizar la satisfacción del cliente y la mejora continua en la ejecución de sus procesos; cumpliendo los requisitos establecidos por la norma NTC ISO 9001:2008 con lo cual se ha establecido todos los procesos que intervienen en la prestación del servicio y la secuencia e interacción de estos, tal como se muestra en el mapa de procesos.

Figura 6. Mapa de procesos de Soletanche Bachy Cimas S.A.



Fuente: SOLETANCHE BACHY CIMAS S.A. Manual de Calidad Versión No 9. Anexo No. 3. Versión 4. Bogotá D.C.: Dirección de calidad, 2010. p.1.

### **3.3 SINCO ERP**

SINCO ERP es considerado el software de los constructores. Con más de veinte años de experiencia en el sector constructor, inmobiliario y de infraestructura, es líder en Colombia. Permite controlar el negocio en línea y administrar la información de todas las áreas de la compañía a través de un solo sistema.

Este apoya la administración estratégica de Soletanche Bachy Cimas S.A promoviendo el cumplimiento de los objetivos corporativos, a través de la gestión de los procesos críticos en un solo sistema para ofrecer información precisa y de esta forma apoyar la visión estratégica de la compañía.

El sistema integrado de SINCO ERP cuenta con doce soluciones integradas, adaptadas según las necesidades, que soportan el control acertado del presupuesto de obra, causaciones contables automatizadas, gestión de los proyectos e informes optimizados para el análisis de resultados.

SINCO ERP tiene 1.000 implementaciones y 12.800 proyectos que construyen país, certifican su experiencia como líderes en desarrollo de soluciones para la construcción. Comprenden a profundidad el negocio y cuentan con el talento idóneo para atender las necesidades y garantizar el éxito de todos los proyectos.

Está compuesto por aplicaciones modulares que, al conectar los procesos dentro de la organización, aumentan la eficiencia y productividad de los equipos de trabajo:

- Administración de Proyectos de Construcción - SINCO ADPRO.
- Administrativo & Financiero - SINCO A&F NIIF.
- Comercialización de Bienes Raíces - SINCO CBR.
- Administración de Bienes Raíces - SINCO ABR.

- Maquinaria y Equipos - SINCO M&E.
- Seguridad y Salud en el Trabajo – SINCO SST.
- Sistema de Gestión de Calidad - SINCO SGC.
- Sistema de Gestión Documental - SINCO SGD.
- Inteligencia de Negocios - SINCO BI.
- Planificación de Requerimientos de Manufactura – SINCO MRP.
- Gestión de Talento Humano - SINCO GTH.

SINCO ERP es una herramienta que se transforma permanentemente, lo que asegura su vigencia tecnológica y garantiza un software actualizado y al día con las más recientes disposiciones legales. Este producto es desarrollado, comercializado e implementado por SINCOSOFT, empresa de software colombiana fundada en 1996.

Para el caso específico de inventario de repuestos para el Centro Técnico Especializado (CTE) y el área de Maquinaria de Soletanche Bachy Cimas S.A. el módulo con el cual soportamos los datos analizados es el SINCO ADPRO – Administración de Proyectos de Construcción.

SINCO ADPRO se caracteriza por procesar datos en línea, entregando información que facilita el control presupuestal, la gestión de contratos, el análisis sobre el avance y seguimiento de la obra; permite validar el presupuesto versus la ejecución y proyección de costos y garantiza la toma de decisiones oportuna. Provee información precisa para control de almacenes, entradas, salidas y traslados, estado de órdenes de compra. Lo más importante es que permite tener informes periódicos de esta información, facilitando la obtención de datos según la correcta trazabilidad y alimentación continua y actualizada del módulo.

Figura 7. Módulo SINCO ADPRO. Informes de Inventario.



Fuente: SINCO ERP. Módulo Adpro. Almacén. Informes de inventario. [En línea]. (Recuperado en 17 de septiembre de 2017). Disponible en internet. <<https://www.sincoerp.com/SincoSoletanche/V3/Marco/>>

### 3.4 CENTRO TÉCNICO ESPECIALIZADO (CTE) – TALLER DE MAQUINARIA

Figura 8. Centro Técnico Especializado (CTE).

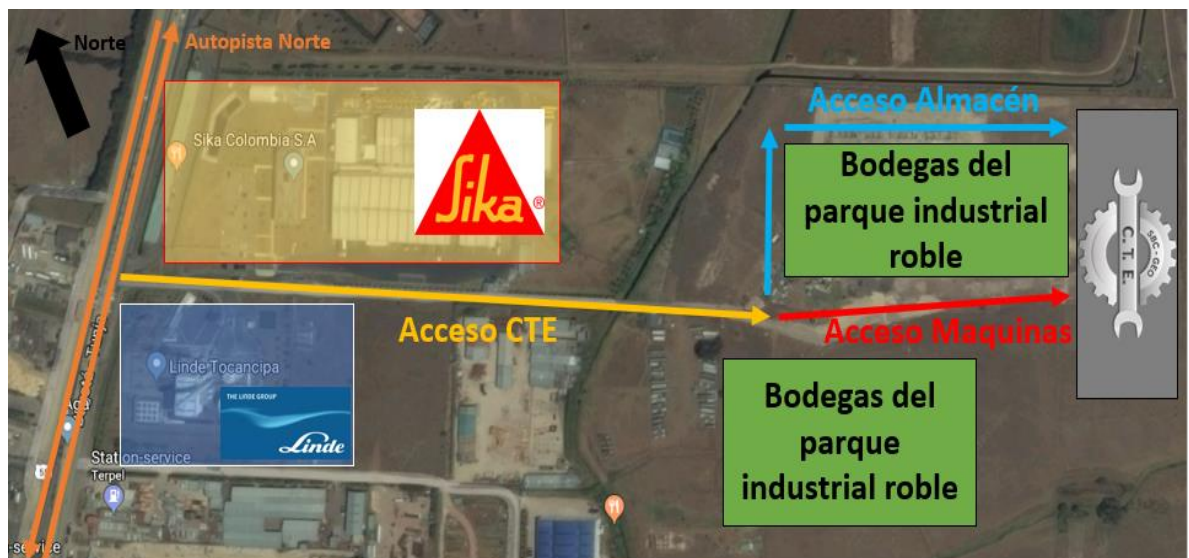


Fuente: Autor de monografía.

El Centro Técnico Especializado, es un proyecto para la integración del área de Maquinaria de las filiales de Soletanche Bachy en la zona IBAM, liderado por el Ing. Daniel Dacruz, Director de Maquinaria. Este centro, construido en el 2017 y ubicado en Tocancipá, Cundinamarca, es el segundo más grande a nivel mundial después de la sede de Montreal, Francia, constituyendo un logro tangible de la organización en el continente y siendo un modelo y soporte para empresas hermanas en países como Perú, México, Argentina, Uruguay, Bahamas, etc.

Con menos de un año de operación efectiva, el CTE sigue un crecimiento constante para alcanzar estándares de calidad por encima de los objetivos planteados, contando con un grupo de talento humano y activos propios imprescindible para el mejoramiento continuo y la prestación oportuna y efectiva de soporte a la operación del área de construcción de la compañía.

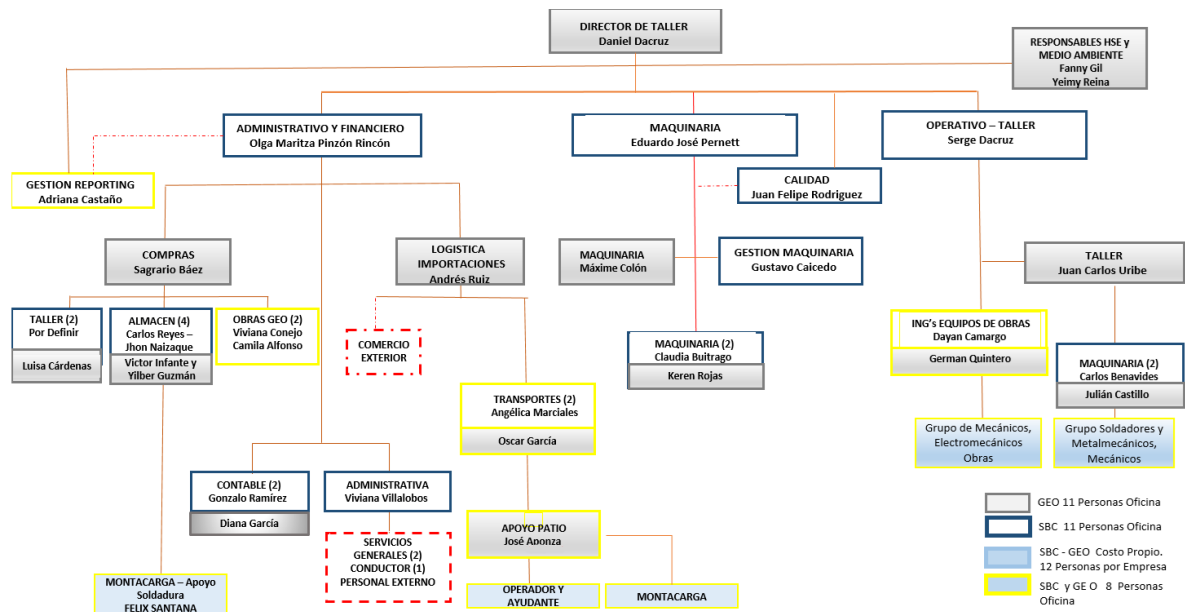
Figura 9. Ubicación de Centro Técnico Especializado (CTE).



Fuente: Autor de monografía.

En los últimos años Soletanche Bachy Cimas S.A. realizó una alianza estratégica adquiriendo a Geofundaciones S.A. empresa colombiana dedicada al mismo Core de negocio, pero enfocada a obras de pre-excavados, siendo parte de una misma familia ya que accionariamente ambas empresas son propiedad de Concreto y Soletanche Freyssinet. En el Centro Técnico Especializado (CTE) se concentraron los parques de maquinaria de ambas compañías, al igual que almacenes y equipos de trabajo, sin embargo, esto no constituyó una fusión. Ambas empresas operan de forma independiente, pero reportando a la misma dirección de Maquinaria en cabeza del Ing. Daniel Dacruz.

Figura 10. Organigrama de Centro Técnico Especializado (CTE).



Fuente: SOLETANCHE BACHY CIMAS S.A. Organigrama de centro técnico especializado CTE. Bogotá D.C.: Dirección de Maquinaria, 2018. p.1.

### **3.5 ESTRATEGIA OPERACIONAL CENTRO TÉCNICO ESPECIALIZADO (CTE)**

El centro técnico especializado (CTE) funciona estructuralmente en el sistema de la compañía como un centro de costo CECO independiente que se controla mediante un presupuesto, sin embargo, la estrategia para la operación del taller de maquinaria va más allá de un control presupuestal como el realizado en un proyecto u obra desarrollado.

El fundamento es que se debe tener un equilibrio de costos, esto quiere decir que el CECO de taller no debe generar pérdidas, pero tampoco ganancias si no mantenerlas en cero y que solo sea autosostenible. Si se generan pérdidas la gestión se ve afectada por sobre costos en las reparaciones, demoras en cobros a las obras a las que se alquilan los equipos y lucro cesante por paro de equipos en campo. Si se generan ganancias, el área de construcción realizara la solicitud de bajar las tarifas de alquiler de los equipos ya que se estaría generando un sobre costo sobre su trabajo.

La dirección y gerencia del centro técnico, debe velar por mantener este equilibrio y tener una comunicación asertiva con las demás áreas de la empresa con el fin de no desvirtuar los procesos.

Finalmente, cabe la posibilidad de prestación de servicios a externos, pero estos son casos puntuales en los cuales se evaluarán las tarifas a ofertar y la aplicación de las ganancias generadas. Las ganancias del taller de maquinaria, incorporadas a las ganancias de la empresa en general podrían justificar la gestión de activos en la renovación de equipos.

### **3.6 GESTIÓN DE REPUESTOS CENTRO TÉCNICO ESPECIALIZADO (CTE)**

Dentro de la dinámica operacional de mantenimiento para el parque de maquinaria de Soletanche Bachy Cimas S.A se cuenta con dos centros de costos que soportan el flujo de insumos y dan trazabilidad a los costos generados por el movimiento de inventario y personal y a las ganancias obtenidas por el alquiler interno y externo de los equipos.

El primer centro de costos es el denominado en el sistema Sinco como el 901 – Bodega Central, en este se cubren todos los pedidos de almacén que exclusivamente se mantienen para el stock de la operación del área de Maquinaria de la empresa en el CTE de Tocancipá y en las obras. El segundo centro de costos es el 9038 – Taller de Maquinaria, y en este se gestionan todos los servicios y compras de repuestos ligados a OT's órdenes de trabajo abiertas para los mantenimientos realizados en el taller y en obra en el caso que el activo este trasladado en el sistema con el Módulo de Maquinaria.

En la práctica, el CECO 9038 no debe registrar inventario en el sistema ya que las entradas y salidas de insumos, consumibles y repuestos se deben realizar paulatinamente según la utilización de estos para los mantenimientos. Por otro lado, el control del inventario del CECO 901 para stock de almacén lo controla el jefe de almacén quien realiza recepción de material, entradas, salidas y traslados entre centros de costo de obras vigentes, reportando al área de compras y a la dirección administrativa del Centro Técnico Especializado (CTE).

Anualmente se realiza un conteo manual de todo el inventario existente en el almacén y que es considerado propio, ya que también se realiza una recepción de material sobrante de obras pero que no ingresa al inventario de Maquinaria, para este material se cuenta con un CECO denominado 9012 aparte, que diferencia el valor de estos inventarios propios de la operación del área de Construcción. El fin

de hacer este conteo es comparar el valor real del inventario físico con el valor del inventario en el sistema y así poder verificar las diferencias de valor, cantidad y condición y realizar los ajustes que sean pertinentes.

Para el desarrollo del procedimiento de análisis de inventario basado en las herramientas de árbol de inventarios y ABC, es imprescindible partir de un inventario refinado donde se tenga certeza de la información de los insumos.

Las requisiciones y solicitudes de repuestos para tener en stock tienen dos fuentes, la primera es el conteo cíclico para una reposición planeada que ejecuta el jefe de almacén con el fin de suplir a tiempo los repuestos y consumibles de alta rotación que según su observación requieran reponerse antes de no tener existencias, en este grupo estarán, lubricantes, filtros, eléctricos, soldadura, etc. La segunda es la solicitud de la dirección de Maquinaria de repuestos que según su decisión requieren estar en stock, en este caso la mayoría son repuestos de importación originales para los equipos con lead time o tiempo de entrega de largo plazo.

En ambos casos se generan pedidos en el sistema Sinco para la gestión del área de compras quienes bajo su proceso deben garantizar la entrega oportuna de los elementos solicitados. Sin embargo, se observan algunas falencias dentro de la planeación de la reposición y control del inventario de repuestos:

- Olvidos en la reposición de repuestos de alta rotación.
- Solicitud extra dimensionada en las cantidades de repuestos importados originales.
- Pedidos recurrentes de emergencia para solventar la demanda del parque de maquinaria.
- Incremento en valor total del inventario

- Desgaste en repuestos de fácil adquisición con proveedores externos y almacenados por mucho tiempo.

Figura 11. Almacén de repuestos en el Centro Técnico Especializado (CTE).



Fuente: Autor de monografía.

#### 4. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE INVENTARIOS PARA SOPORTE DE MAQUINARIA EN SOLETANCHE BACHY CIMAS S.A.

##### 4.1 AUDITORIA DE ALMACÉN DE REPUESTOS – PASO 1

Para partir con una perspectiva más clara del estado actual de los inventarios de repuestos, es imprescindible mapear de forma objetiva al área encargada de custodiar y administrar estos elementos. El almacén de Soletanche Bachy Cimas S.A. está en cabeza de la jefatura administrativa, y cuenta con un jefe de almacén y un grupo de trabajo de ayudantes para la gestión diaria según el movimiento de requerimientos en el taller y en las obras que conciernen con los equipos.

El siguiente es un modelo propuesto de auditoría, basado en la visión de la jefe administrativa y el Gerente operativo del Centro Técnico Especializado (CTE) respecto a la gestión de almacén y su soporte a las demandas y manejo de repuestos e inventario.

Tabla 2. Auditoría de Almacén – Bodega Central.

AUDITORÍA ALMACÉN SOLETANCHE BACHY CIMAS S.A						
1. Asignación de funciones a puestos y organización general	CALIFICACIÓN					3,17
	1	2	3	4	5	
1.1. Existe un responsable claro de Almacén, con funciones definidas				4		4
1.2. Administrativos de almacén están ubicados muy cerca (físicamente) del Almacén			3			3
1.3. Flexibilidad de funciones en el departamento de logística (reparto de funciones y matriz de polivalencia)				4		4
1.4. Trabajo de forma sistemática (integración entre mantenimiento, producción y logística)			3			3
1.5. Tiempo administrativo pequeño (poca burocracia)		2				2
1.6. Informes claros y a tiempo sobre la rotación de los repuestos			3			3

	CALIFICACIÓN					4,00
	1	2	3	4	5	
<b>2. Normalización de equipos y repuestos</b>						
2.1. Estandarización y codificación efectiva de los repuestos (fácil de utilizar)				4		4
2.2. Nivel de repuestos codificados (todos, la mayoría, el 50%, algunos pocos, ninguno)				4		4

	CALIFICACIÓN					3,00
	1	2	3	4	5	
<b>3. Supervisión de las tareas de almacén</b>						
3.1. Existencia de un programa de verificación del stock de almacén			3			3
3.2. Seguimiento y auditoría de las órdenes de compra, verificación de tiempos de entrega			3			3

	CALIFICACIÓN					4,00
	1	2	3	4	5	
<b>4. Compra de material</b>						
4.1. Definición de proveedores adecuados (Búsqueda de posibles proveedores, evaluación de proveedores y negociaciones)				4		4
4.2. Existen indicadores de la gestión de compras (se utilizan, son aprovechados)				4		4

	CALIFICACIÓN					3,50
	1	2	3	4	5	
<b>5. Medios de manutención y almacenaje</b>						
5.1. Almacenes en buen estado bien diseñados y ubicados cubierto: Estanterías, altillos, escaleras de acceso a niveles superiores, contenedores especiales, almacenamiento de pallets, armarios para pequeño material				4		4
5.2. Procedimientos de mantenimiento y restauración de los almacenes			3			3

	CALIFICACIÓN					4,50
	1	2	3	4	5	
<b>6. Recepción/ubicación de material procedente del proveedor</b>						
6.1. Organización de la zona de recepción, proceso efectivo para el manejo del material que llega					5	5

6.2. Eficiente proceso de localización de materiales en Almacén, proceso efectivo del material que sale del almacén				4		4
---	--	--	--	---	--	---

	CALIFICACIÓN					
<b>7. (Planificación de la OT) Solicitud de material</b>	1	2	3	4	5	<b>3,00</b>
7.1. Se planifica con antelación aquello que es posible			3			3
7.2. Eficiente manejo del tiempo en la solicitud de materiales (buscar el código, rellenar solicitud y esperar el material)			3			3

	CALIFICACIÓN					
<b>8. Organización física e inventarios rotativos</b>	1	2	3	4	5	<b>3,83</b>
8.1. Identificadas visualmente zonas físicas (recepción/inspección, pendiente de ubicar, transitorio, almacenaje, salida a planta, devoluciones a proveedor, zona reciclado, viales, mostradores de entrega, etc.)			3			3
8.2. Asignación efectiva de espacios (huecos) por tipo/tamaño/volumen de repuesto. Existe mucho material para el cual el criterio de zonificación es aprovechar el primer hueco libre y por ello bajo aprovechamiento de huecos				4		4
8.3. Existe un buen aprovechamiento de los espacios (mucho material para el cual el criterio de zonificación es aprovechar el primer hueco libre y por ello bajo aprovechamiento de huecos)				4		4
8.4. Condiciones de limpieza y seguridad				4		4
8.5. Manejo efectivo del material tipo chatarra pendiente de definir su destino final, buena imagen del Almacén hacia el exterior				4		4
8.6. Zonificación clara y muchas ubicaciones bien codificadas, no hay dificultad para la identificación del material (mejor almacén tipo “caótico” o de multi-ubicación en la asignación de repuestos a ubicaciones)				4		4

	CALIFICACIÓN					
<b>9. Recogida/entrega de material</b>	1	2	3	4	5	<b>3,50</b>
9.1. Avisos de llegada de material oportunos y a tiempo, horarios para entrega de material, recogida de material en taller o entrega en obra			3			3
9.2. Proceso de Recogida de material en taller o entrega en obra, control de acceso y libertad de ciertas personas para dejar piezas a reparar o ejecutar el “autoservicio”, etc.				4		4

	CALIFICACIÓN					2,50
	1	2	3	4	5	
<b>10. Identificación y preparación del pedido de material</b>						
10.1. Tiempos eficientes para cumplir con la salida de material, se requieren permisos para visar la salida de todo el material por el Maestro/Jefe de Especialidad, además del control manual de los vales por parte de los administrativos (nivel de burocracia existente)			3			3
10.2. Actualización inmediata de la baja del material en el sistema informático		2				2

RESUMEN DE RESULTADOS	
<b>1. Asignación de funciones a puestos y organización general</b>	<b>3,2</b>
<b>2. Normalización de equipos y repuestos</b>	<b>4,0</b>
<b>3. Supervisión de las tareas de almacén</b>	<b>3,0</b>
<b>4. Compra de material</b>	<b>4,0</b>
<b>5. Medios de manutención y almacenaje</b>	<b>3,5</b>
<b>6. Recepción/ubicación de material procedente del proveedor</b>	<b>4,5</b>
<b>7. (Planificación de la OT) Solicitud de material</b>	<b>3,0</b>
<b>8. Organización física e inventarios rotativos</b>	<b>3,8</b>
<b>9. Recogida/entrega de material</b>	<b>3,5</b>
<b>10. Identificación y preparación del pedido de material</b>	<b>2,5</b>

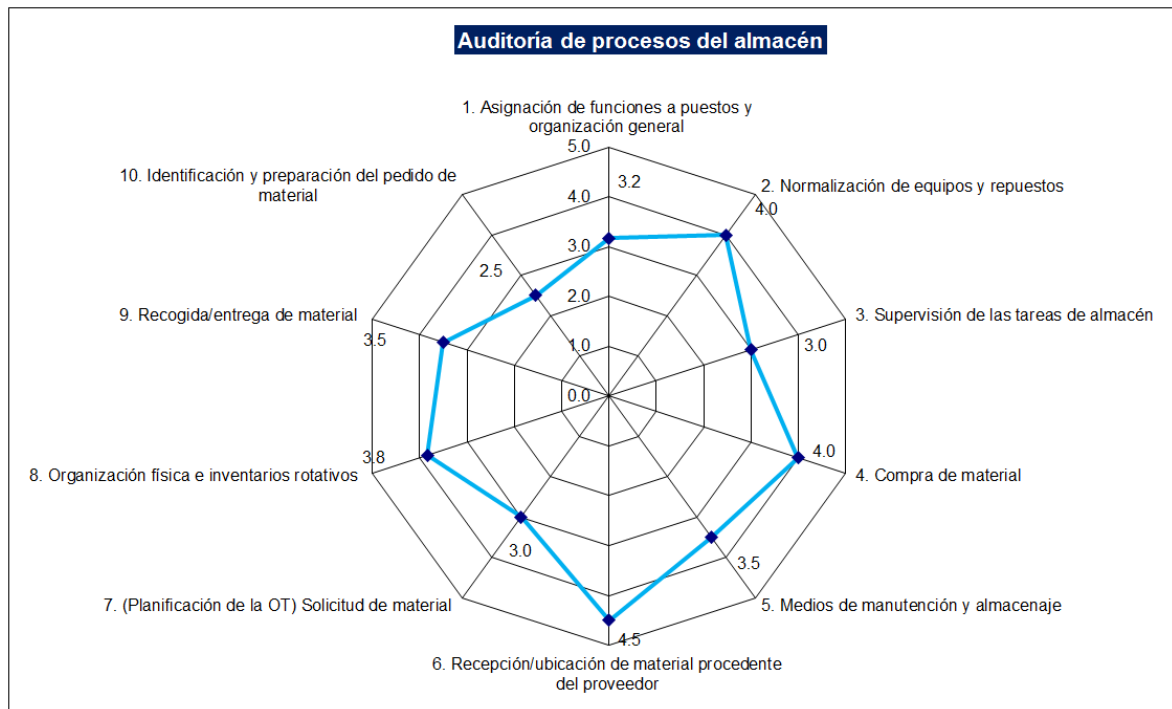
Fuente: Autor de monografía.

Este se enfoca no solo a la labor operacional del recurso humano, sino en las implicaciones que tienen las áreas de compras, logística y maquinaria en los procesos de almacén, complementando con la incidencia del espacio donde se opera, la calidad de almacenamiento y finalmente la claridad en las directrices de las funciones.

Es evidente que se deben implementar acciones de mejora en la gestión de almacén, que deben partir más allá de solo la gestión administrativa. Hay que

empezar por romper el paradigma de que solo importa tener operativos los equipos y dar orden y estructuración a líneas de cadena de suministro.

Figura 12. Radar de auditoría Almacén – Bodega Central.



Fuente: Autor de monografía.

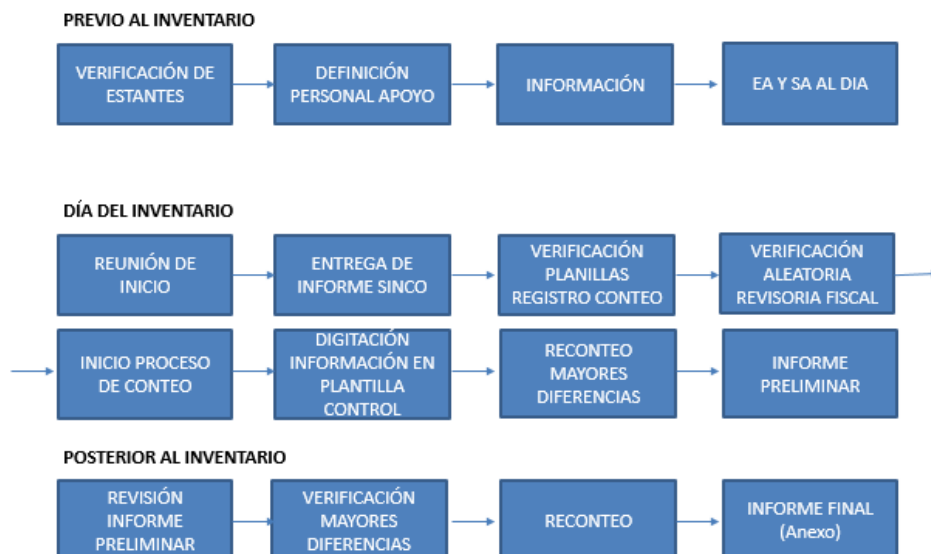
## 4.2 RECOLECCIÓN DE DATOS – PASO 2

En la tarea de recolección de datos hay dos fuentes confiables a las que se pueden acudir. La primera es la información guardada en el SINCO ERP, en el módulo ADPRO, donde almacén alimenta y actualiza el movimiento de los repuestos de inventario, en este caso se cuenta con un informe masivo de inventario donde se puede filtrar el estado de este con corte en un periodo específico. La ruta en el sistema para poder visualizar esta información es, ERP SINCO módulo ADPRO/Almacén/Informes de inventario/Informe de movimientos

inventario. La falencia de este informe es que incluye la información de la totalidad de los códigos de insumos activos e inactivos en el periodo analizado. El periodo utilizado es con corte a enero de 2018, comprendiendo 1 año y con un total de 14817 datos.

Teniendo en cuenta esto y sabiendo que de la información obtenida del informe de inventarios de SINCO solo un parcial de estos códigos se tienen físicamente en el almacén ya sea por una rotación nula o inactivación, se acude a la segunda fuente que es el inventario físico realizado anualmente por el almacén, con este conteo cíclico que se realiza manualmente se puede corroborar la información que se tiene en el sistema, verificar las diferencias positivas y negativas, realizar el seguimiento y según corresponda se deberán ajustar y refinar cantidades en el consolidado del inventario. En este caso se tienen un total de 2651 datos, todos activos en el sistema.

Figura 13. Flujo de proceso Inventario Físico 2018.



Fuente: Autor de monografía.

Una vez el almacén entrega el inventario refinado y se acepta en el proceso de revisoría fiscal, podemos hacer el cruce de los dos listados para tener unos datos reales y validados con los cuales trabajar y poder implementar las herramientas de análisis. En este caso después de enfrentar ambas fuentes de datos se tienen estos valores finales.

- Valor Inventario SINCO ERP – Modulo ADPRO: COP \$ 3'413.260.470
- Valor Inventario Físico: COP \$ 3'334.867.292
- Diferencia: COP \$ 78'393.178
- Porcentaje de diferencia: 2,29 %

Figura 14. Evidencia Inventario Físico 2018.



Fuente: Autor de monografía.

El porcentaje de variación respecto a la información física y en Sistema es del 2,29% que es un valor aceptable para el enfrentamiento de ambas fuentes de información y su veracidad.

4.2.1 DIFERENCIACIÓN DE FAMILIAS EN INVENTARIO DE REPUESTOS. Como paso final después de tener la recolección de datos completa se debe hacer una diferenciación de familias de repuestos para que sea más fácil y práctico constituir las propuestas de mejora. Este proceso es más manual y requiere un conocimiento de los materiales de almacén. La primera partición se realiza de acuerdo con la naturaleza del material, y el segundo criterio será la línea o marca de los equipos para los cuales se pidieron los insumos guiándonos en este caso por la descripción del repuesto en el sistema SINCO ERP.

Hay un grupo definido de materiales clasificado como REPUESTOS, este constituye el grupo más grande y que abarca el mayor valor del inventario, se clasifican en este grupo todos los repuestos especializados para los equipos de maquinaria, sin embargo, en la descripción que tienen asignada en el sistema no se define la línea o marca a la cual se crea, solo se generaron sus códigos con un nombre y un número de parte.

Se requiere el soporte del área técnica para la clasificación detallada de los repuestos que caen en este grupo, la mayoría son importaciones de las casas matrices para tener en stock insumos de calidad y originales. Es necesario realizar esta tarea de asignación a cada uno de los materiales aquí incluidos, la tarea será un poco extensa pero necesaria.

Según estos criterios estos son los grupos de repuestos definidos dentro del listado de inventario trabajado.

Tabla 3. Grupos de inventario de repuestos

GRUPOS DE INVENTARIO	CRITERIO CLASIFICACIÓN
REPUESTOS	TIPO DE MATERIAL
CONSUMIBLES	
CABLE	
ELEMENTOS DE PERFORACIÓN	
ELÉCTRICOS	
FILTROS	
RODAMIENTOS	
LUBRICANTES	
IZAJE	
MANGUERAS	
SOLDADURA	
DOTACIÓN Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	
TORNILLERÍA	
LIEBHERR	
SOILMEC	
JUNTTAN	
MECBO	
SUNWARD	
BOMBA PDM	
JEAN LUTZ	
BAUER	
LINK BELT	
PINGUELLY	

Fuente: Autor de monografía.

### 4.3 DESARROLLO DE MATRIZ DE CRITICIDAD DE EQUIPOS – PASO 3

Las decisiones propuestas para la mejora en la gestión del inventario partirán del criterio de criticidad evaluado hacia los equipos que conforman el parque de

maquinaria de Soletanche Bachy Cimas S.A. Para esto se implementó la herramienta ABC, pero aplicada al criterio de criticidad.

Figura 15. Configuración del criterio de criticidad total.

$$\textit{Criticidad total} = \textit{Frecuencia de falla} \times \textit{Consecuencia}$$

$$\textit{Consecuencia} = ((\textit{Impacto operacional} \times \textit{Flexibilidad}) + \textit{Costo de mtto.} + \textit{Impacto HSEQ})$$

Fuente: BORRÁS PINILLA, Carlos. Conceptualización para el Mantenimiento Preventivo. En: Modulo de Mantenimiento Preventivo (17-18, febrero, 2017: Bogotá). Memorias. Bogotá: 2016. p. 52.

Para cuantificar la criticidad total de los equipos, se tienen en cuenta ciertos conceptos teóricos definidos.

Frecuencia de Falla: Primer parámetro a tener en cuenta. Directamente proporcional a la Criticidad. Se obtiene según el número de fallas en los equipos por familias en el periodo analizado. El seguimiento de la frecuencia y modos de falla los realiza el área de mantenimiento usando la plataforma MP para la trazabilidad, se realizó la asignación de valor de evaluación según la información del año 2017 entregada por el área. La ruta de consulta de la información es, Información del MP; Análisis de Información/Análisis de Falla y Causa Raíz. ANEXO B.

Impacto Operacional: Parámetro de Consecuencia. Directamente proporcional a la Criticidad. La escala la asigna el Área de Maquinaria según el Impacto que puede causar las pérdidas por lucro cesante como resultado de las paradas de los equipos en obra, medidos con el criterio de tarifa por día perdido. La información se obtuvo de las tarifas negociadas con el área de construcción para el 2017. ANEXO C.

Flexibilidad: Parámetro de Consecuencia. Directamente proporcional a la Criticidad. La escala la asigna el Área de Maquinaria según la proyección de uso de los equipos para el año 2018, esto justificado en que un equipo es crítico en este parámetro si va tener alta ocupación en el futuro. ANEXO C.

Costos de Mantenimiento: Parámetro de Consecuencia. Directamente proporcional a la Criticidad. El monto de medida monetario lo estima la dirección de Maquinaria.

Impacto HSEQ: Parámetro de Consecuencia. Directamente proporcional a la Criticidad. Se toman en cuenta el impacto HSEQ tanto en seguridad de operación como el impacto ambiental que se pueda causar durante el trabajo del equipo. Escala validada por Maquinaria según contemplación de posibles daños.

Tabla 4. Criterios de evaluación para criticidad total en equipos de Soletanche Bachy Cimas S.A.

<b>CRITERIOS DE EVALUACIÓN PARA LA CRITICIDAD TOTAL EQUIPOS SOLETANCHE BACHY CIMAS S.A.</b>	
<b>FRECUENCIA DE FALLAS</b>	
CRITICA MAYOR A 92 FALLAS/AÑO	4
ALTA 38-92 FALLAS/AÑO	3
MEDIA 10-38 FALLAS AÑO	2
BAJA 0-10 FALLAS AÑO	1
<b>IMPACTO OPERACIONAL</b>	
VALOR ALQUILER DÍA \$1'000.000 Y \$2'200.834	4
VALOR ALQUILER DÍA \$500.000 Y \$1'000.000	3
VALOR ALQUILER DÍA \$300.000 Y \$500.000	2
VALOR ALQUILER DÍA MENOR A \$300.000	1
<b>FLEXIBILIDAD</b>	
OCUPACIÓN PROYECTADA EN 2018 50-100%	4
OCUPACIÓN PROYECTADA EN 2018 30-50%	3

OCUPACIÓN PROYECTADA EN 2018 5-30%	2
OCUPACIÓN PROYECTADA EN 2018 0-5%	1
<b>COSTO MANTENIMIENTO</b>	
MAYOR A \$ 50.000.000	2
MENOR A \$ 50.000.000	1
<b>IMPACTO HSEQ</b>	
APECTA LA SEGURIDAD HUMANA TANTO EXTERNA COMO INTERNA Y REQUIERE NOTIFICACIÓN ANTE EXTERNOS DE LA ORGANIZACIÓN (CERTIFICACIÓN)	8
APECTA AMBIENTE Y OPERACIÓN SEVERAMENTE	7
APECTA OPERACIÓN CAUSANDO DAÑOS	5
PROVOCA DAÑOS MENORES	3
NO PROVOCA NINGÚN TIPO DE DAÑO A PERSONAS, OPERACIÓN O AMBIENTE	1

Fuente: Autor de monografía.

En el ANEXO D se evidencia el desarrollo de la asignación de valor evaluando cada uno de estos conceptos para cada equipo del parque de maquinaria. Después de hallar el valor de la criticidad Total se procede a realizar el Pareto a este valor con la herramienta ABC y de esta forma se clasifica en la zona A los equipos críticos a los cuales se les debe asignar mayor atención en los planes de mantenimiento y recursos, por lo tanto, se justificará tener un stock robusto de repuestos que soporten la operación de esta parte de los activos.

#### **4.4 IMPLEMENTACIÓN HERRAMIENTA ABC – PASO 4**

La implementación del Pareto de valor o herramienta ABC es sencilla después de tener verificada la base de datos de inventario obtenida en pasos anteriores, se inicia con la organización de mayor a menor de la columna de costos totales por repuesto y seguidamente se realiza la operación de relación porcentual y

acumulado porcentual para definir las áreas que en la teoría de la herramienta esta delimitadas por el 80% y 15%.

Se lograrán identificar las 3 zonas del inventario recopilado clasificadas con el criterio de valor total por insumo:

- ZONA A: Elementos que reúnen el 80% del valor del Inventario.
- ZONA B: Elementos que reúnen el 15% del valor del Inventario por debajo de la zona A
- ZONA C: Elementos que reúnen el 5% del valor del Inventario por debajo de la zona B

En el ANEXO E se evidencia la aplicación y clasificación de la herramienta ABC.

#### **4.5 IMPLEMENTACIÓN HERRAMIENTA ÁRBOL DE INVENTARIOS – PASO 5**

Para el árbol de Inventarios hay que tener claro los conceptos que se van a diferenciar con esta herramienta que clasifican al inventario de repuestos, tomando en cuenta el criterio de rotación y valor de uso, con el fin de tomar acción sobre los elementos que no se han movido del almacén en un periodo de 1 año, que es el corte de tiempo analizado.

- Activos: Elementos que durante el periodo analizado fueron utilizados en promedio más de una vez al mes por salidas de almacén o traslado. Límite de Medida en periodo: 12 veces.

- Pasivos: Elementos que durante el periodo analizado fueron utilizados en promedio menos de una vez al mes. Límite de Medida en periodo: 12 veces.
- Pasivos Clave: Si el elemento clasificado como pasivo fue usado en promedio más de una vez por año, pero menos que el promedio de un elemento activo. Límite de Medida en periodo: 1 veces.
- Pasivos No Clave: Si el elemento clasificado como pasivo fue usado en promedio menos de una vez por año. Límite de Medida en periodo: 1 veces.

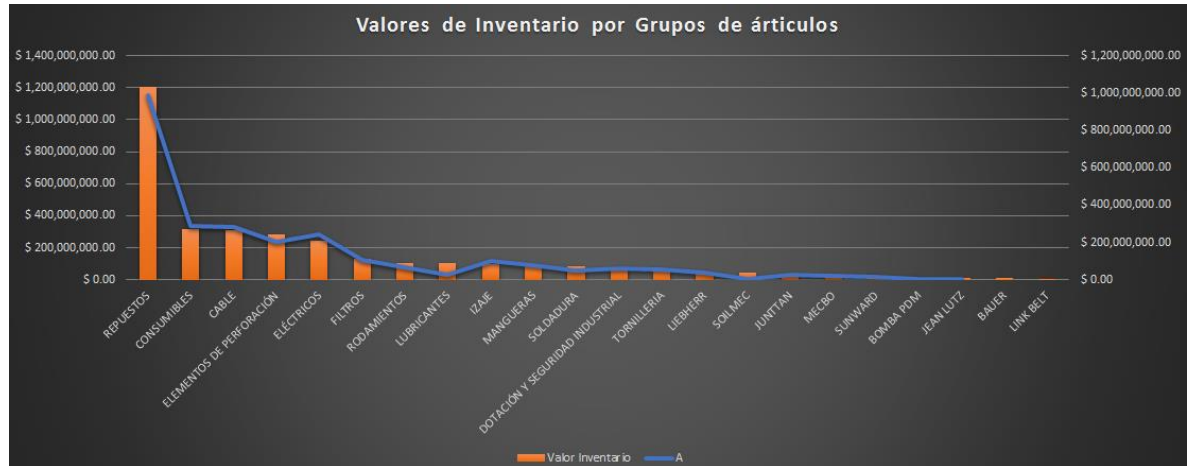
Para poder obtener un valor de uso de cada una de las referencias se usan dos criterios sacados del informe de Inventarios obtenido del SINCO ERP, estos son, el consolidado de salidas de almacén y de traslados de almacén en el periodo estudiado. Se usan estos criterios dada la falencia del sistema de entregar en un informe la trazabilidad con fecha exacta de la rotación de cada código.

Se totalizan el número de movimientos sea por salida o por traslado y se multiplica por el valor unitario de cada elemento, así se obtiene un valor de uso y se puede hacer un estimado de una rotación promedio en un periodo deseado.

Sobre este concepto de rotación media definido se obtendrá la ponderación numérica para clasificar los repuestos con el Árbol de inventarios. En el ANEXO E se evidencia la aplicación y clasificación de esta herramienta.

## 4.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS – PASO 6

Figura 16. Valores de inventario por grupos de artículos.



Fuente: Autor de monografía.

Según las herramientas utilizadas para el análisis del inventario de repuestos se tuvieron en cuenta los discernimientos de valor económico con la implementación del Pareto ABC, con este se pudo probar que el valor más grande está agrupado en los repuestos especializados para la maquinaria que usualmente se importan.

Tabla 5. Clasificación de Zonas ABC según valor y grupos de inventario.

GRUPOS DE INVENTARIO				
GRUPOS DE INVENTARIO	A	B	C	Valor Inventario
REPUESTOS	\$ 986,836,968.56	\$ 178,589,548.87	\$ 36,538,671.07	\$ 1,201,965,188.50
CONSUMIBLES	\$ 287,554,343.13	\$ 26,315,818.89	\$ 3,831,301.90	\$ 317,701,463.92
CABLE	\$ 284,668,334.40	\$ 23,463,568.18	\$ 4,348,036.39	\$ 312,479,938.97
ELEMENTOS DE PERFORACIÓN	\$ 200,320,304.29	\$ 54,325,636.37	\$ 30,569,002.15	\$ 285,214,942.82
ELÉCTRICOS	\$ 241,154,604.74	\$ 2,502,378.79	\$ 403,652.56	\$ 244,060,636.09

FILTROS	\$ 109,213,456.30	\$ 18,644,004.48	\$ 1,749,414.21	\$ 129,606,874.99
RODAMIENTOS	\$ 69,505,227.98	\$ 26,126,826.08	\$ 11,279,505.37	\$ 106,911,559.43
LUBRICANTES	\$ 27,450,763.55	\$ 47,565,103.78	\$ 31,014,562.56	\$ 106,030,429.88
IZAJE	\$ 99,601,722.81			\$ 99,601,722.81
MANGUERAS	\$ 77,676,944.83	\$ 11,481,380.22	\$ 3,631,887.41	\$ 92,790,212.46
SOLDADURA	\$ 50,859,462.83	\$ 25,847,181.67	\$ 9,090,394.87	\$ 85,797,039.37
DOTACIÓN Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	\$ 61,943,353.30	\$ 11,966,832.60	\$ 298,970.00	\$ 74,209,155.90
TORNILLERÍA	\$ 55,543,791.13	\$ 3,332,001.00		\$ 58,875,792.13
LIEBHERR	\$ 36,404,814.84	\$ 9,162,429.68	\$ 1,349,617.93	\$ 46,916,862.45
SOILMEC	\$ 3,661,424.00	\$ 20,155,754.48	\$ 19,712,530.48	\$ 43,529,708.96
JUNTTAN	\$ 26,172,865.97	\$ 8,296,350.00		\$ 34,469,215.97
MECBO	\$ 22,816,415.94	\$ 2,378,258.49		\$ 25,194,674.43
SUNWARD	\$ 14,821,679.60	\$ 5,077,283.85	\$ 4,103,950.81	\$ 24,002,914.26
BOMBA PDM	\$ 2,824,663.10	\$ 9,924,385.69	\$ 802,966.64	\$ 13,552,015.43
JEAN LUTZ	\$ 2,610,000.00	\$ 5,696,793.20	\$ 3,716,632.59	\$ 12,023,425.79
BAUER		\$ 5,211,269.68	\$ 3,685,428.47	\$ 8,896,698.15
LINK BELT	\$ 2,634,591.48	\$ 4,199,903.28	\$ 495,831.93	\$ 7,330,326.69
PINGUELLY	\$ 2,411,999.97	\$ 1,188,359.97	\$ 106,134.20	\$ 3,706,494.14
<b>Total, general</b>	<b>\$ 2,666,687,732.74</b>	<b>\$ 501,451,069.24</b>	<b>\$ 166,728,491.55</b>	<b>\$ 3,334,867,293.52</b>

Fuente: Autor de monografía.

Asimismo, puede observarse la concentración de valor en pocas referencias por lo cual se puede realizar una gestión de toma de decisión sobre algunas de estas específicamente para empezar a proponer la disminución del inventario.

En este caso se pudo rastrear repuestos que entraron al inventario pero que debieron montarse como activos, por su valor incrementan el valor almacenado, pero por su naturaleza y la razón de traerse deben ser sacados del inventario y llevados al mayor valor del activo. Los casos específicos son:

- CLAMPING BOX ASSEMBLING ZYJ240 con valor de COP \$ 146'032.607. Es el repuesto con mayor valor del inventario, y debe completarse el conjunto hidráulico para activarse con las piloteadoras de hincado por presión Sunward.
- CABESTRANTE PULL DOWN SOILMEC CM70 con valor de COP \$ 30'849.292. Es se compró a la filial en España para utilizar en una de las piloteadoras Tipo Kelly Soilmec del parque de maquinaria. De igual forma al salir del inventario se debe activar sobre el mayor valor del equipo.
- KIT DIALOG JEAN LUTZ: Estos Kit se importaron parte por parte separadamente, el componente más costoso es el monitor con valor total en inventario de COP \$ 47'451.312 por existencia de dos unidades. En este caso se debe conformar el Kit completo como un solo insumo para que al momento de implementarse en los equipos salga el valor completo y se active sobre el mayor valor del equipo.

Con estas acciones sobre estas tres referencias podemos disminuir el valor del inventario en un 6%.

Tabla 6. Muestra Zona A Clasificación ABC. Repuestos de Mayor valor.

Código	Insumo	UM	Saldo Final	Costo Unitario	Valor Total del Sinco	Zona ABC	Clasificación Árbol de inventarios
21444	CLAMPING BOX ASSEMBLING ZYJ240	und	2	\$ 73,016,303.50	\$ 146,032,607.00	A	Pasivo No Clave
12200	BOMBA HIDRÁULICA PRINCIPAL SOILMEC R622 No. PART: 01662238	und	1	\$ 52,292,800.00	\$ 52,292,800.00	A	Pasivo No Clave
8798	MOTOR HIDRAULICO WINCH JUNTAN BB7-6300 No. PART: 4076301142	und	1	\$ 50,088,560.49	\$ 50,088,560.49	A	Pasivo Clave

21577	PILE DRIVING CYLINDER HAMMER PART: 2004313	und	1	\$ 48,674,863.00	\$ 48,674,863.00	A	Pasivo No Clave
14346	MONITOR DIALOG	und	2	\$ 23,725,656.41	\$ 47,451,312.83	A	Pasivo No Clave
22038	MOTOR PART: 50760162 SOILMEC SM 14	und	1	\$ 46,362,400.00	\$ 46,362,400.00	A	Pasivo No Clave
20534	CABLE DE ACERO 34MM DERECHO	m	804	\$ 50,700.78	\$ 40,763,425.51	A	Activo
20207	MOTOR HIDRÁULICO AA6VM	und	2	\$ 19,625,840.00	\$ 39,251,680.00	A	Pasivo No Clave
20533	CABLE DE ACERO 30MM DERECHO	m	1018	\$ 38,050.16	\$ 38,735,058.81	A	Activo
21913	CABESTRANTE PULL DOWN SOILMEC CM70	und	1	\$ 30,849,292.38	\$ 30,849,292.38	A	Pasivo No Clave

Fuente: Autor de monografía.

Por otro lado, la herramienta ABC nos ayuda a cuantificar los valores de repuestos por familias haciendo que las estrategias de gestión de inventarios se enfoquen en ciertos tipos de repuestos que tienen la característica de ser negociables a nivel de cadena de suministro de forma macro para ser entregados de forma rápida y oportuna y evitando su almacenamiento. Estos son los señalados en la tabla 5.

- Cables
- Filtros
- Mangueras
- Rodamientos
- Tornillos

Casi la totalidad de estos repuestos se suplen localmente. Al negociar pliegos de compra periódicos para que los proveedores se abastezcan según nuestro consumo y demanda, se podrá sacar paulatinamente del inventario estos grupos. Actualmente el único grupo que se maneja con esta figura son las mangueras,

donde se dejó de hacer una reposición para el almacén y se piden al detal según las reparaciones con tiempos de respuesta muy buenos en las entregas. El monto del inventario físicamente fue cedido a uno de los proveedores de mangueras para ir depurando el lote con el consumo generado por el Centro Técnico Especializado (CTE).

Tabla 7. Porcentajes de grupos de repuestos para gestión administrativa

<b>GRUPOS DE INVENTARIO</b>		
<b>GRUPOS DE INVENTARIO</b>	<b>Valor inventario</b>	<b>Porcentaje</b>
CABLE	\$ 312,479,938.97	9.37%
FILTROS	\$ 129,606,874.99	3.89%
RODAMIENTOS	\$ 106,911,559.43	3.21%
MANGUERAS	\$ 92,790,212.46	2.78%
TORNILLERÍA	\$ 58,875,792.13	1.77%
<b>Total inventario</b>	<b>\$ 3,334,867,293.52</b>	<b>21.0%</b>

Fuente: Autor de monografía.

La suma de valor en inventario de todos estos grupos es de COP \$ 700'664.378. Concentrando el trabajo y esfuerzo para el desarrollo de negociaciones sobre estos grupos se podría llegar a disminuir el valor del inventario hasta en un 21 %. La herramienta ABC es más que útil para la clasificación y análisis efectivo del inventario de repuestos estudiado con este procedimiento, pero se limita a solo un nivel de evaluación que es el monetario. Debemos incluir el análisis de la rotación de cada repuesto en el último año para así poder aclarar que tiene movimiento y que no y comenzar a justificar según las necesidades de los equipos que se debe mantener almacenado y que debe salir del inventario.

El árbol de inventarios implementado discriminó efectivamente los repuestos activos que tienen un movimiento recurrente y los pasivos clave que se han usado

al menos una vez en el periodo analizado y los no clave que tienen un periodo de almacenamiento mayor al periodo analizado.

Según los resultados solo el 13% del valor del inventario rota, es activo, concentrado en el 8% de los códigos, y en 50% de artículos unitarios. Del 87% restante que constituyen los pasivos solo un parcial es clave y constituye otro 12% del valor de inventario.

En primera instancia pareciera una cifra preocupante ya que los números muestran que solo un cuarto del inventario tiene una justificación de inversión por su utilización. Pero debemos tener en cuenta dos cosas, la primera el 60% de los artículos individuales del inventario tienen movimiento y la segunda, ya hemos definido que hay un alto valor acumulado en pocas referencias que son repuestos importados originales y debemos remitirnos a su aplicación que está ligada a los equipos críticos del parque de maquinaria establecidos en la matriz de criticidad.

Puede que un repuesto de alto valor este almacenado por más de 1 año sin movimiento, pero se justifica su adquisición y almacenamiento si este soporta la operación de un equipo crítico de la empresa que deba tener una disponibilidad óptima para su servicio en obra y tomando en consideración los tiempos de entrega de este y los gastos de logística en los que se pueden incurrir si no se tiene disponible en el almacén. Entra en juego el comparativo de costo entre cuánto cuesta tener estos repuestos contra cuánto costaría no tenerlo, pensando en el lucro cesante que puede llegar a castigar no solo al Centro Técnico Especializado, sino a toda la empresa.

Tabla 8. Herramienta árbol de inventarios aplicada a Soletanche Bachy Cimas S.A.

<b>INVENTARIO TOTAL</b>	
<b>PERIODO ANALIZADO</b>	
01/01/2017	01/01/2018
2651	Códigos
\$ 3,334,867,293.52	Valor Inventario
45,793.42	Unidades

<b>ACTIVOS Y PASIVOS</b>			
Códigos	8%	Códigos	92%
Valor Inventario	13%	Valor Inventario	87%
Artículos	51%	Artículos	49%
<b>ARTICULOS ACTIVOS</b>		<b>ARTICULOS PASIVOS</b>	
203	Códigos	2448	Códigos
\$ 418,106,979.10	Valor inventario	\$ 2,916,760,314.42	Valor inventario
23458	Unidades	22335.42	Unidades

<b>PASIVOS CLAVES Y NO CLAVES</b>	
Códigos	11%
Valor Inventario	12%
Artículos	9%
<b>ARTICULOS PASIVOS CLAVE</b>	
280	Códigos
\$ 385,497,471.58	Valor inventario
4189	Unidades

<b>PASIVOS CLAVES Y NO CLAVES</b>	
Códigos	82%
Valor Inventario	76%
Artículos	40%
<b>ARTICULOS PASIVOS NO CLAVE</b>	
2168	Códigos
\$ 2,531,262,842.84	Valor inventario
18146.42	Unidades

Fuente: Autor de monografía.

Finalmente debemos confirmar que el árbol de inventarios también es una herramienta asertiva para el análisis en la gestión de repuestos para Soletanche Bachy Cimas S.A. Combinando las dos herramientas usadas en este

procedimiento se crea un apoyo de análisis muy útil que nos da ventaja al momento de desenvolvemos en las actividades asociadas de la gerencia de mantenimiento.

#### **4.7 IMPORTANCIA DE LA ASOCIACIÓN A LA CRITICIDAD DE EQUIPOS**

Siendo coherentes con la estrategia del taller de maquinaria y soportando las acciones de mejora con este criterio de criticidad aplicado, podemos justificar la posesión de repuestos especializados para los equipos que demandan más recursos y planeación para el mantenimiento y su operación.

No todos los equipos mayores necesariamente son críticos, según los resultados de la matriz de criticidad y su grafica en el ANEXO F, podemos ratificar que los equipos más importantes son:

- Grúas Liebherr
- Grúas Link Belt
- Hincadoras por Impacto Junttan
- Hincadoras por presión Sunward
- Piloteadoras tipo Kelly Bauer y Soilmec R625 y R930

Y es sobre este grupo de familia de equipos que debemos diseñar nuestro stock de repuestos ya que representan el grupo de activos que más ganancia aportan a la gestión del Centro Técnico Especializado (CTE) y por ende los que más pérdidas podrían causar para castigar la gestión del taller, una parada no planeada en obra de estos equipos se traduce en dejar de percibir ingresos y dependiendo el daño, el posible sobre costos para el desarrollo de acciones correctivas.

Por esta razón el mantener repuestos especializados en stock independientemente que el periodo de almacenamiento sea mayor a un año es justificable. Esto debido a que el valor que se puede llegar a perder por lucro cesante es mayor a la inversión inicial realizada, teniendo en cuenta el costo de almacenamiento y la posible depreciación.

El tener los repuestos especializados disponibles aporta a una rápida y efectiva respuesta por parte del área técnica del taller de maquinaria.

En contraste podemos evidenciar que hay equipos que pueden tener un criterio alto en cuanto a la frecuencia de falla y podrían clasificarse críticos también. Sin embargo, no tienen una ocupación proyectada alta y sería ineficaz destinar recursos en repuestos almacenados y mano de obra a este grupo porque estaríamos invirtiendo en un activo que no nos proporcionará un retorno por su operación en obra.

Familias de equipos como:

- Hincadoras de Impacto Banut
- Rotativas CMV

Son equipos que están cumpliendo el final de su ciclo de vida, y además de tener muy poca proyección de uso representan valor en el inventario por repuestos que se tienen para su mantenimiento. Sin querer exponer que se debe dar de baja todo lo relacionado con estos grupos. Se deben generar estrategias individuales para su soporte, ya que en cualquier momento pueden ser solicitados para operar. En este caso la gestión de repuestos se centrará en lo estrictamente necesario del equipo y sus componentes más críticos como hidromotores y bombas y cilindros hidráulicos.

La matriz de criticidad planteada con los parámetros correctos nos brinda una perspectiva direccional para la gestión de inventario, muestra las bases de que se debe tener y que no se debería tener. Es innegociable que los métodos administrativos se ciñan a los resultados que muestran la fracción de equipos más importante.

## 5. PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO PARA GESTIÓN DE INVENTARIO

Una vez implementado el procedimiento de análisis para el inventario se pueden realizar propuestas estratégicas administrativas para poder mejorar la gestión de repuestos e inclusive poder llegar a optimizar el mismo procedimiento planteado. Este seguro estará sujeto a adelantos no solo en el papel sino en las prácticas que giran en torno a su desarrollo.

Las tres principales tareas por proponer para el proceso de mejora en almacén serán según el resultado de la auditoría:

- Gestionar una estructuración más planificada de los repuestos solicitados en OT's órdenes de trabajo, por parte de maquinaria, esto incluye, respetar horarios de despacho y que se tenga claridad en el manejo del maestro de insumos para evitar trucar repuestos.
- Cambiar las solicitudes en almacén con vale manual por un vale autogenerado en el sistema al mismo tiempo que se ejecuta la OT. Y retroalimentar respecto a la importancia de la realización de entradas y salidas de almacén en el sistema a tiempo para la actualización oportuna del inventario.
- Solicitar al área de sistemas el desarrollo para que el sistema SINCO ERP dentro del módulo de almacén pueda calcular mínimos y máximos y se pueda hacer una reposición semi automática de repuestos periódicamente según alertas generadas.

Para el proceso de análisis de datos recopilados después de los inventarios manuales anuales es imprescindible hacer una clasificación detallada del grupo de REPUESTOS, no guiada a cada equipo específicamente sino a una familia de equipos, que coincida con la clasificación que se tiene en las familias de las frecuencias de falla. De esta forma se podrán generar gráficos dinámicos ligados

a las familias de equipos y tomar otro tipo de decisiones sobre el inventario de repuestos.

El cultivar, mantener y formar relaciones comerciales con proveedores estratégicos es una piedra angular y la base para generar acuerdos de abastecimiento que resultaran en una disminución del material almacenado. Empezando por los locales, estos acuerdos son fundamentales para disminuir el volumen y por lo tanto el valor de los repuestos e insumos que podemos conseguir fácilmente.

Enfocarnos en disminuir la importación no es la solución, estas están bien justificadas y soportadas, constituyen los repuestos más importantes para los equipos. El primer paso es concentrar esfuerzos para llegar a optimizar la compra y las requisiciones de repuestos que se suplen en el país y que se pueden fabricar.

Basar las estrategias de gestión de repuestos y planes de mantenimiento según la matriz de criticidad diseñada es fundamental para enfocar correctamente recursos al grupo de equipos que realmente representaran beneficios para el Centro Técnico Especializado (CTE, siempre pensando en el core de operación del taller, los KPI por los cuales se evalúa su gestión, el equilibrio de costos que debe mantener y el servicio a las obras que debe prestar.

El siguiente es un cuadro de actividades propuestas para plantear el comienzo de un mejor desarrollo de la gestión de inventarios para el parque de maquinaria.

Tabla 9. Tabla de actividades propuestas de mejora.

Actividad	Enfoque	Responsables
Mantener actualizada La matriz de criticidad para los equipos.	El criterio principal que base la construcción de estrategias de mantenimiento y gestión de inventarios debe ser el resultado periódico de la matriz de criticidad. Teniendo en cuenta los criterios de proyección de ocupación y tarifas de cada equipo.	Gestión de Calidad - Maquinaria CTE - Gestión de Maquinaria CTE
Realización de provisiones presupuestales para soporte de recursos en equipos críticos del parque de maquinaria.	Solicitar el recurso necesario para enfocar esfuerzos en el parcial de equipos relevantes para el core de operación de Centro Técnico Especializado (CTE).	Gestión de Maquinaria CTE
Discriminar por familia de equipos los inventarios de REPUESTOS para equipos críticos.	Cuantificar discriminadamente el inventario para cada familia de equipos críticos. Verificar con que repuestos se cuenta y cuales se requieren para un soporte óptimo.	Almacén - Gestión de Maquinaria
Desarrollo de planes de mantenimiento enfocados a los equipos críticos.	Gestión planificada del mantenimiento del parque de maquinaria basada en los criterios de falla y consecuencia evaluados con la matriz de criticidad.	Gestión de Maquinaria CTE
Desarrollo de aplicación de herramienta ABC a los repuestos activos.	Definir estrategias de negociación de insumos de alta rotación. Definición de Min. y Max. para stock de almacén.	Gestión de Calidad CTE - Maquinaria CTE - Compras
Depuración de grupos de repuestos negociables para entregas según demanda.	Definir estrategias de negociación de grupos de insumos que pueden salir del inventario para ser suplidos según necesidad.	Gestión de Calidad CTE - Maquinaria CTE - Compras
Evaluar inventario de repuestos de equipos con poca proyección de uso y/o que están por darse de baja.	Dar de baja o rematar repuestos que según proyección no va ser necesario tener almacenados.	Almacén - Gestión de Maquinaria

Fuente: Autor de monografía.

## 6. CONCLUSIONES

Es posible usar el procedimiento propuesto para el análisis del inventario de repuestos para el parque de maquinaria de Soletanche Bachy Cimas S.A.S. integrando las herramientas de Pareto de Valor ABC y árbol de inventarios y asociando esta organización al criterio de criticidad de los equipos clasificados por medio de la implementación de la matriz de criticidad.

El diagnóstico del almacén se logra obtener por medio de una auditoria sencilla y objetiva teniendo en cuenta el concepto y visión de la gerencia operativa, la jefatura administrativa, la supervisión del almacén y la gestión de compras. Es imprescindible hacer este diagnóstico periódicamente ya que es el área que custodia y procesa el inventario de repuestos.

Se tiene una diferenciación grupal de los insumos almacenados de acuerdo con el tipo de insumo que son y su naturaleza, sin embargo, se debe hacer una refinación al grupo de repuestos de acuerdo a las líneas de maquinaria que se tienen operando, con el fin de discriminar por familias de equipos los repuestos que deben estar en el inventario y los que no, con base en la criticidad total evaluada.

La implementación de las herramientas ABC y árbol de inventarios permiten una clasificación fácil, precisa y eficaz del total del inventario de repuestos, entregando datos fiables sobre los cuales se pueden cimentar estrategias de manejo según los objetivos de la compañía.

El procedimiento planteado es validado y entregado al área de maquinaria para su uso periódico, este está sujeto a mejorar y avanzar según la dinámica de progreso que está teniendo el Centro Técnico Especializado (CTE) actualmente.

El criterio de criticidad total es la base de formación de los planes administrativos y operativos para los programas de mantenimiento y de gestión de inventario para Soletanche Bachy Cimas S.A. y su Centro Técnico Especializado (CTE). El integrar conceptos de evaluación como la proyección de ocupación, la disponibilidad operativa y los ingresos que representa cada equipo, sumados al análisis de fallas y poder cuantificarlos y así clasificar el parque de maquinaria respecto a estos resultados es la mejor estrategia para que las decisiones gerenciales sean planificadas y efectivas.

Las propuestas de mejora son solo un parcial de la gama de estrategias que pueden crearse para optimización de la gestión de inventario y repuestos y pueden ligarse para adaptar el equipo de maquinaria del Centro Técnico Especializado (CTE) como una organización que engrana y trabaja como un solo sistema y si se mejora en un proceso específico, esto seguro tendrá consecuencias favorables en los procesos paralelos.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

ANDINO, Ramón Martín. Operaciones y Logística. Gestión de Inventarios y Compras [En línea]. Edición 2006; p. 4. (Recuperado en 16 agosto de 2017). Disponible en internet. <[http://api.eoi.es/api\\_v1\\_dev.php/fedora/asset/eoi:45152/componente45150.pdf](http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45152/componente45150.pdf)>

BORRÁS PINILLA, Carlos. Conceptualización para el Mantenimiento Preventivo. En: Modulo de Mantenimiento Preventivo (17-18, febrero, 2017: Bogotá). Memorias. Bogotá: 2016. p. 52.

CONTRERAS MÁRQUEZ, José. Curso: Gestión y Optimización de Inventarios en Mantenimiento. [Diapositivas] Elite Training. IU de TECNOLOGÍA DE LA VICTORIA. Bogotá: 2016. 234 diapositivas.

CONTRERAS MÁRQUEZ, José. La optimización de los inventarios en mantenimiento. [En línea]. (Recuperado 03 septiembre de 2017). Disponible en internet. <<http://www.avingenieria.net/single-post/2016/03/28/LA-OPTIMIZACION-DE-LOS-INVENTARIOS-EN-MANTENIMIENTO>>

FUNDACIÓN IBEROAMERICANA DE ALTOS ESTÁNDARES PROFESIONALES FIAEP. Control y Manejo de Inventario y Almacén. [En línea]. (Recuperado en 15 septiembre de 2017) Disponible en internet. <<http://fiaep.org/inventario/controlymanejodeinventarios.pdf>>

GUTIERREZ, Valentina y VIDAL, Carlos Julio. Modelos de Gestión de Inventarios en cadenas de abastecimiento. [En línea]. No. 43 (2008); p. 136. (Recuperado en 16 agosto de 2017. Disponible en internet. <<http://ingeniería.udea.edu.co/grupos/revista/revistas/nro043/134-149.pdf>>

RUBIO FERRER, Jose y VILLAROEL VALDEMORO, Susana. Gestión y pedido de Stock. Madrid: Ministerio de Educación de España, 2017. p11.

SOLETANCHE BACHY CIMAS S.A. Historia. [En línea]. (Recuperado en 16 agosto de 2017. Disponible en internet. <<http://www.soletanche-bachy.com.co/web/historia>>