



**Diseño del sistema de control de inventarios aplicando la “TOC” en la bodega  
de repuestos de Eurofish S.A.**

Cevallos Enríquez, Rodrigo Paúl y Moreira Cedeño, Mariana de Jesús

Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología

Centro de Posgrados

Maestría en Gestión de la Calidad y Productividad

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Magíster en Gestión de la  
Calidad y Productividad

Dr. Ing. Piñeiros Mendoza, José Luis

18 de diciembre de 2011

# COPYLEAKS

Tesis\_Bodega\_Repuestos\_v2022 antiplagio.pdf

Scanned on: 17:10 January 31, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	3114
Words with Minor Changes	511
Paraphrased Words	429
Ommited Words	854

Jose Luis  
Pineiros

Digitally signed by Jose Luis  
Pineiros  
DN: cn=Jose Luis Pineiros,  
o=Universidad de las Fuerzas Armadas y  
Armadas, ou=Universidad de las Fuerzas  
Armadas, email=jlpineiros@espe.edu.ec,  
c=EC,  
Date: 2022.01.31 17:10:42 -0500

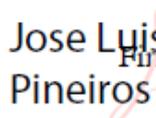


**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y  
TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA  
CENTRO DE POSGRADOS**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, “**Diseño del sistema de control de inventarios aplicando la TOC en la bodega de repuestos de Eurofish S.A.**” fue realizado por los señores **Cevallos Enríquez, Rodrigo Paúl y Moreira Cedeño, Mariana de Jesús**, el mismo que ha sido revisado y analizado en su totalidad, por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, a 18 de octubre de 2011


 Digitally signed by Jose Luis Piñeros  
 DN: cn=Jose Luis Piñeros,  
 o=Universidad de Ciencias Exactas y  
 Ingenierías, ou=Escuela de Ciencias  
 Exactas,  
 email=jpiñeros@psu.edu.ec,  
 c=EC  
 Date: 2022.02.08 15:46:18 -05'00'

.....  
Dr. Ing. Piñeros Mendoza, José Luis

Director



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y  
TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

CENTRO DE POSGRADOS

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Nosotros **Cevallos Enríquez, Rodrigo Paúl y Moreira Cedeño, Mariana de Jesús**, con cédulas de ciudadanía N° 171298173-5 y 180248438-4 respectivamente, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Diseño del sistema de control de inventarios aplicando la TOC en la bodega de repuestos de Eurofish S.A.** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, a 18 de octubre de 2011

Firma (s)

Cevallos Enríquez, Rodrigo Paúl

C.C.: 171298173-5

Moreira Cedeño, Mariana de Jesús

180248438-4



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y  
TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA  
CENTRO DE POSGRADOS

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Nosotros **Cevallos Enríquez, Rodrigo Paúl y Moreira Cedeño, Mariana de Jesús**, con cédulas de ciudadanía n° 171298173-5 y 180248438-4 respectivamente, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Diseño del sistema de control de inventarios aplicando la TOC en la bodega de repuestos de Eurofish S.A.** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, a 18 de octubre de 2011

Firma (s)

Cevallos Enríquez, Rodrigo Paúl

C.C.: 171298173-5

Moreira Cedeño, Mariana de Jesús

C.C.: 180248438-4

## DEDICATORIA

¡A lo mejor de mi vida!

**Mi madre**, la mejor amiga, guía, compañera que gracias a sus ejemplos de vida he sabido direccionar mi vida hacia el bien.

Al hombre trabajador, honesto, sencillo y admirable... ¡**MI PADRE!** de quien aprendí a luchar sin descansar en lo que realmente importa.

A mis **hermanos**, quienes me recuerdan constantemente que siempre voy a tener alguien en quien apoyarme.

A mi esposo, el mejor amigo y compañero, representación innata del amor.

Mariana

A mis padres y a mis hermanos, por la guía, ejemplo, el apoyo brindado y por ser fuente inagotable de alegrías.

A mi esposa por incluirme en sus días y por llenar de amor los míos...

Paúl

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por darnos la fuerza, sabiduría y por brindarnos la oportunidad de continuar aprendiendo cada día algo nuevo.

A la ESPE y a nuestros profesores por compartir sus conocimientos con nosotros, enfocándolos a las necesidades del entorno y explotando nuestras aptitudes.

A la empresa Eurofish S.A. por brindarnos la oportunidad de desarrollar el proceso investigativo en sus procesos, a fin de aplicar y perfeccionar nuestros conocimientos.

Al Director del Proyecto, Dr. Ing. José Luis Piñeiros, por todo el tiempo prestado para la dirección de este proyecto, ya que su guía sirvió para maximizar los logros obtenidos.

A nuestras familias por todo el apoyo brindado durante toda esta etapa de nuestra preparación profesional.

Mariana y Paúl

## ÍNDICE

<b>Resumen</b>	<b>14</b>
<b>Abstract</b>	<b>15</b>
<b>Introducción</b>	<b>16</b>
<b>Generalidades</b>	<b>17</b>
<b>Antecedentes</b>	<b>17</b>
<b>Justificación e importancia</b>	<b>20</b>
<b>Objetivos</b>	<b>21</b>
<b>Objetivo general</b>	<b>21</b>
<b>Objetivos específicos</b>	<b>21</b>
<b>Metas</b>	<b>22</b>
<b>Marco Teórico</b>	<b>23</b>
<b>Gestión de inventarios</b>	<b>23</b>
Estructura de los costos de inventarios	24
Medidas de desempeño de la gestión de inventarios	25
<b>Sistemas gestión de inventarios</b>	<b>26</b>
Cantidad económica de pedido EOQ	26
Modelo de revisión continua	28
Modelo de revisión periódica	29
Modelos de demanda probabilística	30
Modelo de análisis ABC	30
Justo a tiempo	31

<b>Gestión del mantenimiento</b>	<b>32</b>
Índices de gestión de mantenimiento	34
Administración de repuestos	37
<b>La teoría de las restricciones TOC</b>	<b>38</b>
Tipos de restricciones	39
Programación tambor, amortiguador, cuerda	40
<b>Metodología “reposición tipo halar”</b>	<b>41</b>
Penetración del amortiguador	44
Manejo dinámico de los amortiguadores	46
<b><i>Descripción de la Empresa Eurofish S.A.</i></b>	<b>50</b>
Caracterización de la empresa	50
Descripción de los procesos	51
Mantenimiento industrial en Eurofish	55
Estado actual de la bodega de repuestos	57
Clasificación de los equipos y repuestos	59
<b><i>Propuesta de Mejora</i></b>	<b>64</b>
Cálculo de los niveles óptimos de inventario	64
Descripción de la metodología a utilizar	69
Simulación	72
Estudio piloto	85
<b>Evaluación financiera</b>	<b>88</b>
Tráput generado	98
Inversión	99
Indicadores TOC	100

<b>Acciones inmediatas para optimizar la gestión de inventarios</b>	<b>101</b>
<b><i>Conclusiones y Recomendaciones</i></b>	<b>102</b>
<b>Conclusiones</b>	<b>102</b>
<b>Recomendaciones</b>	<b>103</b>
<b><i>Bibliografía</i></b>	<b>104</b>
<b><i>Anexos</i></b>	<b>107</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Generaciones en la evolución del mantenimiento _____	34
Tabla 2. Criterios de jerarquización de los equipos _____	36
Tabla 3. Tabla de distribución normal Z _____	44
Tabla 4. Lista de equipos vitales de Eurofish S.A. _____	61
Tabla 5. Consumos históricos semanales “Filtro de aceite PH-8A P/Selladora” ____	65
Tabla 6. Consumos agrupados por 2 semanas “Filtro aceite PH-8A P/Selladora” _	66
Tabla 7. Consumos históricos semanales “Pistola presión agua (gunjet assem)” __	67
Tabla 8. Consumos agrupados por 3 semanas “Pistola presión agua (gunjet assem)” _____	68
Tabla 9. Resumen del cálculo de los Tamaños de amortiguador _____	69
Tabla 10. Formato propuesto control de inventario - Bodega de Repuestos _____	72
Tabla 11. Resumen de resultados de la simulación _____	84
Tabla 12. Registro diario Prueba piloto - Día 1-2 _____	89
Tabla 13. Registro diario Prueba piloto - Día 3-4 _____	90
Tabla 14. Registro diario Prueba piloto - Día 5-6 _____	91
Tabla 15. Registro diario Prueba piloto - Día 7-8 _____	92

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de mejora continua vs. Ciclo TOC _____	19
Figura 2. Descripción del inventario _____	24
Figura 3. Modelo gráfico del EOQ (Economical Order Quantity) _____	27
Figura 4. Modelo gráfico del sistema de revisión continua _____	29
Figura 5. Etapas de la TOC _____	42
Figura 6. Programación tambor – amortiguador - cuerda _____	43
Figura 7. Zonas del semáforo del amortiguador _____	46
Figura 8. Muchos verdes (MV). Ejemplo de disminución del TA. _____	48
Figura 9. Muchos Rojos (MR). Ejemplo de incremento del TA. _____	49
Figura 10. Organigrama funcional de Eurofish S.A. _____	52
Figura 11. Diagrama SIPOC de los procesos productivos de Eurofish S.A. _____	53
Figura 12. Organigrama funcional del dpto. Mantenimiento de Eurofish S.A. _____	56
Figura 13. Histograma de clasificación de los equipos de Eurofish S.A. _____	60
Figura 14. Simulación Filtro de aceite PH – 8ª P/Selladora _____	74
Figura 15. Simulación Pistola de presión p/agua (gunjet assem) _____	75
Figura 16: Válvula C/R ac/inox ½” _____	76
Figura 17. Simulación Rodamiento 6214-2RS1 C3 _____	77
Figura 18: Simulación Cinta Teflón P/Selladora ultravac 2100 C #884407 _____	78
Figura 19. Simulación Mandril C2610 307 AF Canco 400 Perfil Fadesa _____	79
Figura 20. Simulación Mandril AF D 307 452-912-901 FMC 652 (1/2 LB) _____	80
Figura 21. Simulación Filtro racor #2020 _____	81
Figura 22. Simulación Sierra Morse 1 ¼” 4213 BR P/Cort. Prep. _____	82
Figura 23. Simulación Rodamiento 62302-2RS _____	83
Figura 24: Registro diario del total del inventario piloto _____	88
Figura 25. Monitoreo diario de “Mandril tapa plana D 307 Fadesa” _____	93

Figura 26. Monitoreo diario de “Rulinas de segunda operación S-15”	94
Figura 27. Monitoreo diario de “Mandril abre fácil D307 Fadesa”	95
Figura 28. Monitoreo diario de “Sin fin acero inox D307”	96
Figura 29. Monitoreo diario de “Rulinas de segunda operación S15”	97

## Resumen

El presente proyecto ayudó a reconocer la factibilidad de aplicación de algunos de los criterios y metodologías que propone la teoría de restricciones “TOC” en la bodega de repuestos de Eurofish S.A., empresa dedicada a la producción y comercialización de lomos de atún enlatado y en conservas. Para lograrlo se analizaron los procesos internos de la empresa y de la propia bodega de repuestos, mientras se estudiaba a fondo a la teoría de restricciones, en especial a su metodología de reposición tipo halar. Con el fin de probar la eficacia de esta implantación, se realizaron simulaciones con varios ítems de la bodega para anticipar los posibles comportamientos y resultados. Finalmente se llevó a cabo una implantación piloto con un conjunto de repuestos considerados como vitales. Esto permitió cuantificar los beneficios de la aplicación de la TOC, los cuales en términos económicos significaron el 15% de reducción de inversión de inventario junto con un incremento de la disponibilidad de repuestos, lo que permitió alcanzar un nivel superior al 97% en el nivel de servicio de la bodega.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **TEORÍA DE RETRICCIONES (TOC)**
- **GESTIÓN DEL INVENTARIO**
- **GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO**
- **INDICADORES**

### **Abstract**

This project helped to recognize the feasibility of applying some of the criteria and methodologies proposed by the "TOC" theory of restrictions in the spare parts warehouse of Eurofish SA, a company dedicated to the production and marketing of canned and canned tuna loins. To achieve this, the internal processes of the company and of the spare parts warehouse itself were analyzed, while the theory of restrictions was studied in depth, especially its pull-type replacement methodology. In order to test the effectiveness of this implementation, simulations were carried out with various items in the warehouse to anticipate possible behaviors and results. Finally, a pilot implementation was carried out with a set of spare parts considered as vital. This made it possible to quantify the benefits of the application of the TOC, which in economic terms meant a 15% reduction in inventory investment together with an increase in the availability of spare parts, which allowed reaching a level higher than 97% in the level warehouse service.

### **KEY WORDS**

- **THEORY OF CONSTRAINTS (TOC)**
- **INVENTORY MANAGEMENT**
- **MAINTENANCE MANAGEMENT**
- **INDICATORS**

## Introducción

Generalmente un almacén o bodega maneja varios conceptos para determinar los niveles de inventario a manejar, los cuales generan conflicto o confusión en las personas que lo administran. Por un lado siempre se quiere cumplir con los clientes, lo cual conlleva a creer que mantener un inventario elevado es una buena opción. Pero, por otro lado, el costo financiero que generan los inventarios hace pensar exactamente lo contrario.

La teoría de restricciones "TOC", propuesta por el Dr. Eliyahu Goldratt, es una filosofía de mejora continua que utiliza distintas herramientas para trabajar en los diferentes tipos de "restricciones" de un sistema, con lo cual se logran mejoras significativas para toda la empresa en tiempos récord ya que se focalizan los esfuerzos para atacar pocos problemas a la vez.

Al reconocer que la administración del inventario puede convertirse en una restricción que paralice el buen desempeño de un sistema, la TOC propone la metodología de reposición tipo halar que ayuda no tan solo a asegurar la disponibilidad de los ítems almacenados, sino también permite identificar cuando se tienen inventarios en exceso, para establecer estrategias que ayuden a reducirlo.

Las herramientas propuestas por la TOC no son de una única aplicación, sino más bien se refieren a técnicas de monitoreo y control continuo, para así lograr reconocer las posibles restricciones de ahora y del futuro. De esta forma ayuda a que los procesos de toma de decisiones sean más efectivos, eficientes y eficaces.

## Generalidades

### Antecedentes

Eurofish S.A. es una empresa dedicada a aprovisionar, procesar y comercializar atún en lata. Está ubicada en la zona costanera del país, específicamente en la ciudad de Manta, donde cuenta con una planta de procesamiento que arrancó la producción en septiembre de 1999 únicamente con dos mesas para limpieza de pescado y que hoy en día elabora, en 2 turnos de 8 horas cada uno, hasta 100 toneladas diarias.

La industria pesquera a nivel mundial mueve cerca de los 150 millones de toneladas por año. Dentro de Latinoamérica, Ecuador ocupa un lugar privilegiado al ser el tercer país de mayor nivel de exportaciones ya que vende más de 1.700 millones de dólares anuales con la comercialización de productos pesqueros (FAO, 2008).

Para mantenerse en el mercado Eurofish S.A. debe alcanzar excelentes niveles de calidad y productividad. Prueba de esto son las certificaciones alcanzadas a lo largo de su trayectoria entre las cuales se puede mencionar las normas ISO 9001-2000, HACCP, sello Kosher, entre otros. Para alcanzar sus elevados niveles de producción, la empresa ha invertido en equipos y maquinaria de elevada tecnología que cuenta con el respaldo de un departamento de mantenimiento calificado, capaz de asegurar la disponibilidad de los equipos para la producción.

De manera global, Eurofish S.A. cuenta con más de 350 equipos que trabajan casi todos los días del año, durante doble jornada de ocho horas cada una. Entre las herramientas de gestión de mantenimiento con los que cuenta la empresa se puede nombrar:

- Plan de mantenimiento preventivo estricto;

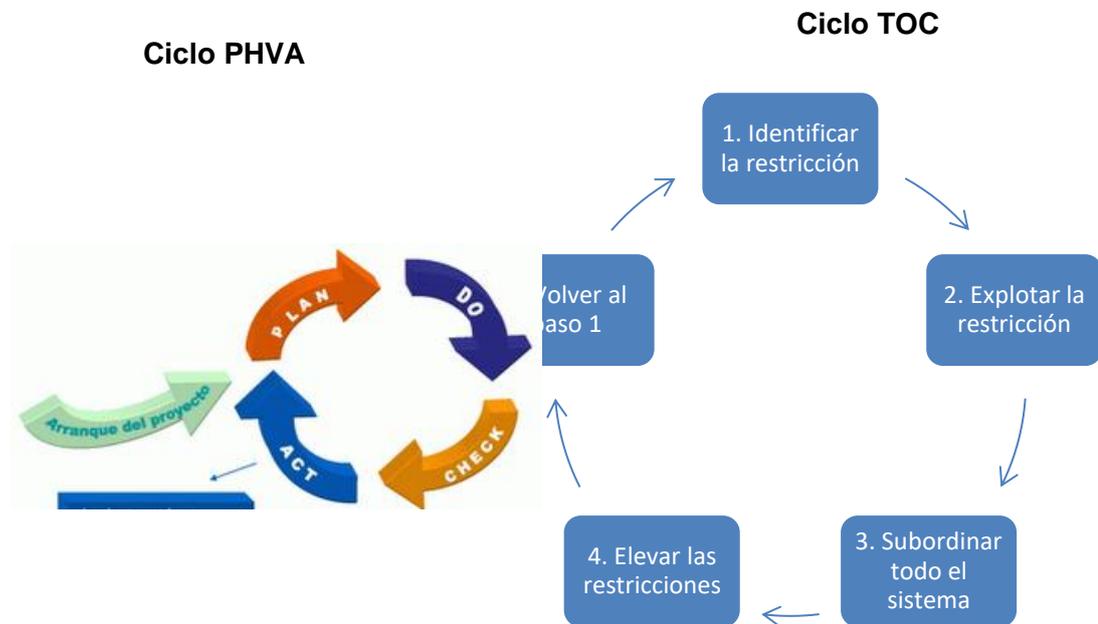
- Rápidos y oportunos mantenimientos correctivos cuando se presentan paros repentinos en los equipos.
- Análisis de los modos y efectos de falla AMEF.
- Software de mantenimiento sofisticado.

Para lograr llevar a cabo estas herramientas, el departamento de mantenimiento cuenta con una bodega interna, cuya misión es la de proveer oportunamente los repuestos necesarios para los equipos que lo necesiten. Sin embargo actualmente esta bodega no cuenta con un sistema capaz de responder a todos los pedidos de repuestos y se estima que alrededor de un 65% de las solicitudes de repuestos no son atendidas completamente en todos sus requerimientos, ya sea en cantidad, calidad o tiempo de entrega de los repuestos. Esto la ha convertido en una restricción al proceso de mantenimiento y, en ocasiones, al proceso productivo. En promedio, cada 2 meses, se presenta una paralización de equipos por más de 4 horas debido a la falta de repuestos. Esto significa una pérdida de producción de alrededor de 25Ton, lo que significa gastos significativos que se generan por la compra urgente de repuestos, además de un elevado costo por lucro cesante.

La teoría de restricciones o TOC (Theory of Constraints) es una herramienta que intenta mejorar el flujo de los procesos, y se enfoca en la gestión de los elementos que restringen la velocidad de todo el sistema. Su ciclo consiste en identificar las restricciones, explotarlas, subordinar los demás recursos de la empresa a las necesidades de las restricciones, implantar las mejoras que sean necesarias, y comenzar nuevamente el ciclo con la búsqueda de las nuevas restricciones que surjan. Su ciclo es comparable con el ciclo de la mejora continua PHVA, tal como lo muestra la Figura 1.

**Figura 1.**

*Ciclo de mejora continua vs. Ciclo TOC*



Esta teoría se plantea preguntas cuyas respuestas van a enfocarse en agilizar el flujo de los procesos. Entre estas interrogantes está el cómo contar con los inventarios correctos, en el momento y el lugar correcto. Para dar una respuesta efectiva a esta pregunta, la TOC propone la aplicación de la metodología del tambor-amortiguador-cuerda.

Por otro lado se pueden mencionar que existen metodologías tradicionales de control de inventarios como: máximo y mínimo, punto de pedido, cantidad económica de pedido, modelo ABC, entre otras. Estas metodologías suelen enfocarse a analizar únicamente a la a la demanda y en muchas ocasiones estudian de forma secundaria a factores de la oferta como: el nivel de confiabilidad de los proveedores, su capacidad y tiempos de respuesta, el tamaño de sus lotes técnicos

para el despacho, entre otros. El no considerar estos factores provoca que su aplicación no sea tan eficaz como se espera.

Estas metodologías, por otro lado, ocupan muchos esfuerzos y recursos para hacer cálculos “sofisticados” del pronóstico de la demanda que, en la mayoría de los casos, no se cumplen. También es muy frecuente que se confunda el término “sofisticado” con “complicado”, ya que muchas veces la gente no entiende estos cálculos y, por ende, no los aplica eficazmente.

La teoría de restricciones analiza a todo el flujo de los procesos de un mismo sistema, es decir que incluye el estudio de la oferta y a la demanda (entradas y salidas). Además elimina los procesos sofisticados de los pronósticos de la demanda y más bien simplifica la comprensión y aplicación de las herramientas de gestión, a fin de realizar una toma de decisiones en base a prioridades.

### **Justificación e importancia**

El departamento de mantenimiento de Eurofish S.A. tiene como objetivo el asegurar la disponibilidad de la maquinaria, equipos e instalaciones de la empresa para la realización de los procesos productivos. Una de las estrategias para lograrlo es contar con una respuesta inmediata de repuestos en el momento en que sea requerido.

Sin embargo, la empresa cuenta con una alta cantidad de equipos destinados a la producción, y como consecuencia existe una gran variedad de repuestos. Esta diversidad conlleva a ocupar demasiados recursos para manejar una logística eficaz de estos ítems, y a pesar de todo este esfuerzo aún se observa:

- Altos niveles de inventario de algunos ítems, muchos de ellos estancados por largo tiempo;
- Las prioridades cambian constantemente;

- A pesar del alto inventario, frecuentemente no se cuenta con todos los repuestos necesarios para la labor de mantenimiento. Solamente un 65% de los requerimientos de repuestos son atendidos de manera oportuna en cantidad, calidad y tiempo.
- Del 35% de requerimientos, alrededor de un 7% se refieren a repuestos para equipos críticos que pueden llegar a detener la producción.
- Constantemente se tienen pedidos “urgentes” de compra de repuestos;
- No todos los repuestos críticos están controlados dentro el sistema de inventarios.

Debido a esto nace la necesidad de contar con una metodología apropiada para la gestión de inventarios de repuestos, capaz de reducir el nivel de inventario hasta un nivel óptimo que no afecte al nivel de servicio requerido para asegurar la operatividad de los equipos.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Establecer una metodología que maximice el nivel de servicio de la bodega de repuestos de Eurofish S.A. optimizando su inventario.

### **Objetivos específicos**

- Reconocer los repuestos críticos que maneja la bodega de acuerdo a la clasificación de equipos de la empresa.

- Determinar los niveles de servicio, actuales y deseados, de los repuestos críticos.
- Determinar los inventarios óptimos de los repuestos críticos.
- Aplicar y evaluar la TOC en el manejo de inventarios de la bodega, en un estudio piloto.
- Cuantificar los beneficios de la aplicación de esta metodología.

### **Metas**

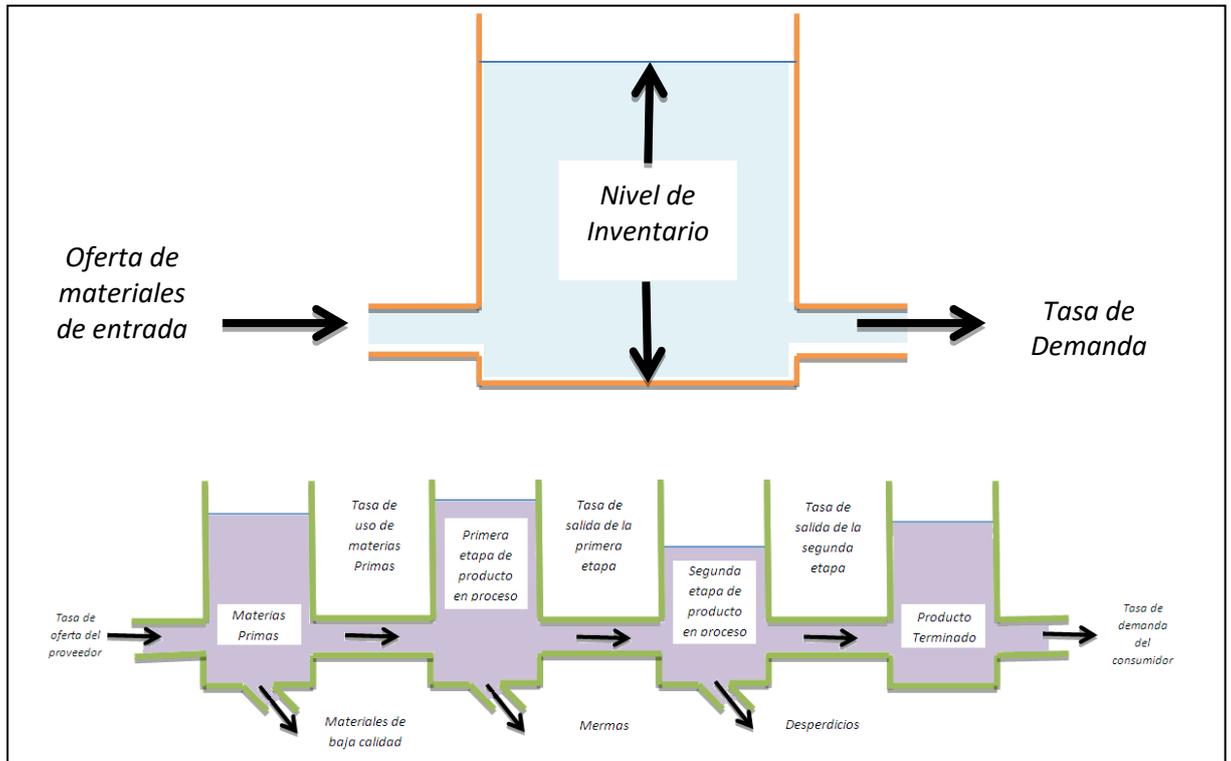
- Contar con un sistema de control de inventarios que incluya a todos los repuestos críticos.
- Asegurar un nivel de servicio mínimo del 97% de los repuestos críticos.
- Reducir los niveles de inventario de los repuestos críticos y de la bodega en general.

## Marco Teórico

### Gestión de inventarios

Se entiende como inventario a la cantidad de material almacenado que se utiliza para satisfacer la demanda del cliente, ya sea interno o externo. Se lo utiliza como protección contra incertidumbres con respecto a la oferta, demanda o el tiempo de entrega. Entre las ventajas de su utilización están:

- Ayuda a cubrir cambios anticipados en la demanda o la oferta. La demanda al ser una variable totalmente independiente, suele sufrir cambios por muchos factores del mercado, que son externos a las empresas.
- Funciona como un amortiguador para los cambios entre la demanda de los clientes y la capacidad de producción del fabricante, entre los requerimientos de los ensambles finales y disponibilidad de los componentes, y entre los procesos de fabricación y la oferta de materias primas. Y sirve como desacople ya que separa la demanda de la dependencia inmediata de la fuente de abastecimiento (ver Figura 2).
- Para permitir la producción y/o abastecimientos bajo condiciones económicas ventajosas. Al comprar en grandes cantidades se reducen los costos ya que generalmente los proveedores ofrecen descuentos.

**Figura 2.***Descripción del inventario*

(Schroeder, 1990)

***Estructura de los costos de inventarios***

Una buena decisión de administración de inventarios puede considerar criterios económicos que deben estar basados en una estructura de costos adecuada. Se deben considerar aspectos como:

- a) Costo unitario del artículo ( $c$ ): es el costo derivado de comprar o producir los artículos individuales de inventarios. Su unidad de medida es (\$/unidad).
- b) Costos de ordenar o pedir ( $s$ ): es el costo relacionado a la adquisición de un grupo o lote de artículos. Este costo de pedir está asociado a las actividades de hacer el pedido. Su unidad de medida es (\$/orden).

c) Costos de mantener o poseer inventarios (h): este costo está asociado a la permanencia del artículo durante un período de tiempo. Su valoración se determina en función del tiempo almacenado y del valor del bien involucrado.

Por lo tanto, el costo de mantener, involucra aspectos como:

- Costo de capital.
- Costo de almacenamiento.
- Costo de obsolescencia y pérdida.

d) Costo de inexistencias (W): son los costos que reflejan las consecuencias de quedarse sin material en un determinado momento. Estos costos se reflejan con los costos por la paralización de la producción y/o de las ventas.

### ***Medidas de desempeño de la gestión de inventarios***

Los principales criterios para la evaluación del desempeño de la gestión de inventarios son: nivel de servicio al cliente y la inversión requerida en inventario para lograr esos niveles. Entre los indicadores más comunes están:

- % de Pedidos embarcados según programa
- % de Artículos embarcados según programa
- % de Unidades totales embarcadas según programa
- % de Valor monetario de las unidades embarcadas según programa
- % de Días de operación por artículo con inventario
- % de Periodo de reorden sin faltantes
- % de Días orden con faltantes
- % de Días de artículos de línea con faltantes
- % de Días artículos totales con faltantes
- % de Tiempo ocioso debido a escasez de material y de componentes

Además de medir el desempeño de las entregas, se deben analizar los pedidos que causan problemas, las causas y su nivel de impacto. Muchas organizaciones se encuentran en el conflicto de maximizar el nivel de servicio a costas de una alta inversión de inventario, o viceversa.

### **Sistemas gestión de inventarios**

El objetivo final de cualquier modelo de inventarios es el de dar respuesta a preguntas como: ¿Qué cantidad de artículos deben pedirse? y ¿Cuándo deben pedirse? Para encontrar la respuesta adecuada a estas preguntas se puede utilizar modelos como:

- Cantidad económica de pedido
- Modelo de revisión continua
- Modelo de revisión periódica
- Modelo de demanda probabilística
- Modelo de análisis ABC
- Justo a tiempo

### ***Cantidad económica de pedido EOQ***

El modelo EOQ asume una demanda determinística y estacionaria, donde se considera que la demanda es conocida y se mantiene constante en el tiempo

(Fogarty, 2004). Las premisas que se asumen son:

**d:** Demanda es constante, concurrente y conocida (d unidades por unidad de tiempo).

**Q':** Cantidad a pedir, no tiene restricciones de tamaño, y además se adquiere o produce en lotes, y cada lote se coloca en el inventario todo a la vez.

**k:** Costo por colocación de cada pedido fijo, es independiente del número de artículos requeridos.

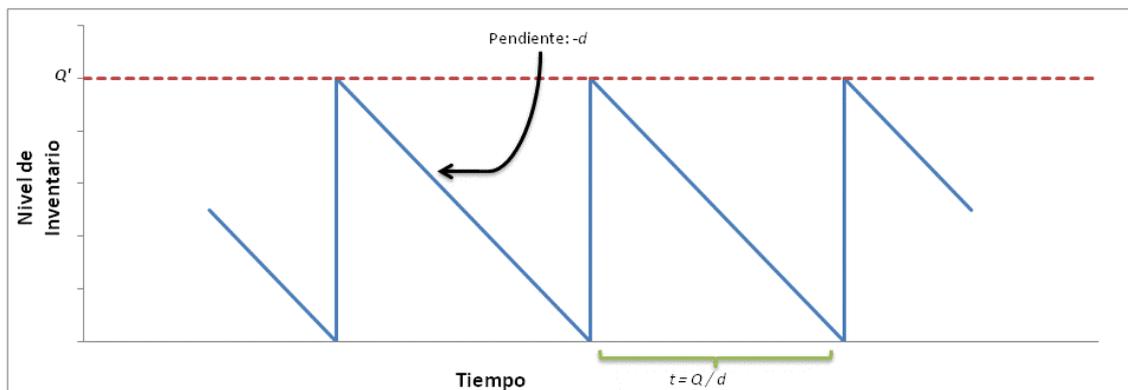
**h:** Costo de mantenimiento por una unidad almacenada a lo largo de una unidad de tiempo fijo.

La muestra el comportamiento esperado de este modelo de gestión y la fórmula para determinar la cantidad de reposición óptima  $Q'$  es la siguiente:

$$Q' = \sqrt{\frac{2dk}{h}} \quad [ 0-1 ]$$

**Figura 3.**

*Modelo gráfico del EOQ (Economical Order Quantity)*



(D'Alessio, 2002)

Sin embargo, la fórmula EOQ tiene muchas limitaciones, ya que se puede aplicar si se cumplen las siguientes suposiciones:

1. Supone que la demanda es constante, pero en la realidad la demanda varía sustancialmente en varias ocasiones.

2. El inventario es revisado constantemente y la orden de reabastecimiento es instantánea.
3. El costo de colocar una orden de reabastecimiento es constante.
4. Supone que el costo unitario es constante, pero en la práctica con frecuencia existen descuentos en la compra de grandes cantidades u otros tipos de descuento.
5. Supone que el material del lote llega completo, pero en algunos casos el material se colocará dentro del inventario en forma continua conforme se produce
6. Asume un solo producto, pero muchas veces se compran artículos múltiples a un solo proveedor y estos se embarcan al mismo tiempo.
7. Supone que el costo de colocación es fijo, cuando con frecuencia se busca reducirlo.

### ***Modelo de revisión continua***

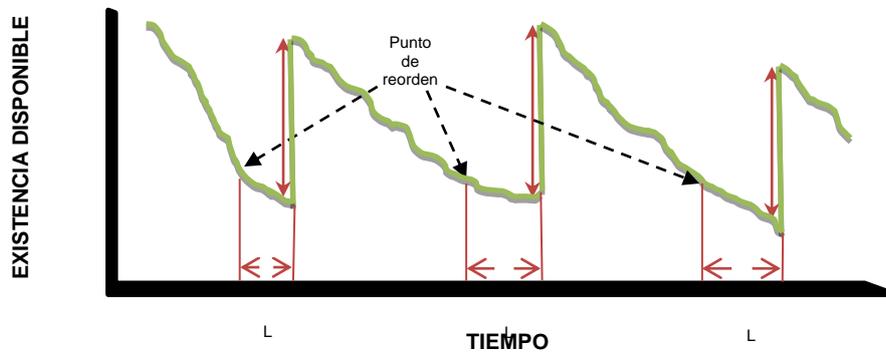
Este modelo propone revisar continuamente el nivel de inventarios y cuando éste alcance el punto de reorden  $R$ , se debe realizar un pedido de una cantidad fija  $Q$ . La orden es recibida después de transcurrido un tiempo de entrega fijo  $L$ . El nivel de inventario se incrementa y se repite el ciclo de utilización, reorden y recepción.

Se basa en el cálculo de la cantidad económica de pedido  $EOQ$ , tomando como base la demanda promedio.

Para determinar el punto de reorden  $R$ , se utiliza una probabilidad de desabastecimientos como base. El porcentaje de inexistencia es igual a 100 menos el Nivel de Servicio.

**Figura 4.**

*Modelo gráfico del sistema de revisión continua*



(Schroeder, 1999)

### **Modelo de revisión periódica**

Este modelo se basa en casi todos los supuestos del modelo anterior, la diferencia es que no se hacen pedidos de cantidad fija, sino que el tiempo de revisión del inventario es periódico en lugar de continuo. Se maneja bajo la suposición de que el proveedor solamente aceptará órdenes y hará entregas en intervalos de tiempo periódicos.

Para calcular el período de revisión del inventario, se puede asumir que:

$$P = \frac{Qr}{d} \quad [0-2]$$

Y al combinarlo con la fórmula del EOQ se tiene:

$$P = \frac{Qr}{d} = \frac{1}{d} \sqrt{\frac{2dk}{h}} = \sqrt{\frac{2k}{dh}} \quad [0-3]$$

Y el nivel de inventario objetivo  $T$  se obtiene de:

$$T = m' + s' \quad [0-4]$$

Donde T = nivel de inventario objetivo

$m'$  = demanda promedio durante P

$s'$  = inventario de seguridad

P = período de revisión

### ***Modelos de demanda probabilística***

En la realidad es muy baja la probabilidad de que la demanda sea fija (como lo asume el *EOQ*). La demanda no solo no es constante, sino que es incierta.

Los modelos probabilísticos no solo toman en cuenta la demanda promedio  $d$ , sino que además toman en cuenta la desviación estándar del registro histórico, para atacar la variabilidad de la demanda, con el objetivo de:

- Maximizar el nivel de servicio al cliente.
- Alcanzar el punto que minimiza el costo de la rotura de stock y el de mantener un inventario adicional (stock de seguridad SS).

### ***Modelo de análisis ABC***

Este modelo clasifica en 3 categorías (A, B y C) a los artículos del inventario de acuerdo a su importancia relativa, para establecer diferentes tipos de control de administración.

Entre los factores que considera para asignar el grado de importancia de un artículo se puede nombrar:

- Valor anual en dinero de las transacciones por cada artículo
- Costo unitario
- Escasez del material utilizado para la fabricación de ese artículo

- Costo de la escasez del artículo
- Disponibilidad de los recursos, fuerza de trabajo e instalaciones para producir un artículo
- Tiempo de entrega del artículo
- Requerimientos de almacenamiento para un artículo
- Riesgos de robos, vida en estante y otros atributos importantes
- Volatilidad del diseño de ingeniería.

### ***Justo a tiempo***

El justo a tiempo indica la importancia de eliminar los desperdicios y, para esta filosofía, el inventario es uno de ellos porque puede provocar:

- Capital inmovilizado
- Almacenamiento y pérdida de espacios útiles
- Productos defectuosos
- Tiempos de entrega largos y variables
- Esperas largas en los centros de trabajo
- Falta de flexibilidad en los procesos
- Variación en los niveles de producción

JIT pone énfasis en que, al resolver cada uno de estos problemas se reducirá la necesidad de inventario y se mejorará la productividad. Procura tener el mejor material, en el momento preciso, en el lugar adecuado y en la cantidad exacta.

Por concepción matemática el JIT se logra cuando el EOQ se aproxima a 1 en un diferencial de tiempo, es decir, cuando el tiempo se aproxima a cero. Intenta producir pequeñas cantidades justo a tiempo (Just in time), contrario a la mentalidad occidental de producción "por si acaso" (Just in Case).

## Gestión del mantenimiento

Lograr altos niveles de productividad siempre ha sido una meta en casi todas las actividades de la humanidad, más aún cuando la revolución industrial creó las condiciones para la producción y consumo en masa. Entonces, nace el concepto del mantenimiento industrial como el conjunto de actividades necesarias para conservar a los equipos e instalaciones en condiciones adecuadas a fin de asegurar su disponibilidad para las tareas productivas.

El mantenimiento industrial comienza cuando los propios operarios se encargaban de las reparaciones de los equipos. Conforme las máquinas se volvían más complejas, y las tareas de reparación necesitaban mayores esfuerzos, fueron apareciendo los primeros departamentos de mantenimiento que estaban dedicados principalmente a corregir fallas. La evolución de esta disciplina, tal como lo muestra la Tabla 1, se podría delimitar en 3 generaciones con sus características bien definidas pues han generado conceptos diferentes cada una:

- Primera generación donde aparece el mantenimiento correctivo, que es el conjunto de operaciones, incluyendo el suministro de piezas, repuestos o reemplazos, que se realiza siempre que un equipo o sistema deja de trabajar por causas desconocidas, poniéndolo en el menor tiempo posible en funcionamiento e intentando localizar el motivo por el que dejó de funcionar.
- Segunda generación que genera el mantenimiento preventivo como un conjunto de operaciones, incluyendo el suministro de piezas, repuestos o reemplazos, que se realiza según datos entregados por los fabricantes o por la experiencia adquirida en el uso de los equipos, y se establecen cada cierto período de tiempo, con el objetivo de prevenir la ocurrencia de fallas en los equipos.
- Tercera generación donde aparece el mantenimiento centrado en confiabilidad, que se define como el conjunto de actividades realizadas para

asegurar la capacidad de los equipos para realizar su función de manera correcta. No solo analiza las fallas o averías, sino también sus consecuencias. De esta forma toma énfasis en reducir los efectos nocivos más significativos.

Sin embargo, la gran variedad de equipos y edificaciones que deben ser mantenidos dentro de cada planta industrial, que acompañados de nuevas tecnologías cada vez más sofisticadas, hacen que la gestión de mantenimiento se la vea como una tarea titánica. Una estrategia para realizar esta gestión de manera ordenada es la jerarquización de los equipos, y la Tabla 2 describe una metodología para realizarlo eficazmente.

Como resultado de esta jerarquización, se puede clasificar a los equipos en 3 grandes grupos bien identificados:

- **Equipos Vitales.** Aquellos que influyen en más de un proceso, o cuya falla origina un problema de gran magnitud, por lo que la alta dirección de la empresa no está dispuesta a correr riesgos.
- **Equipos Importantes.** Aquellos que, aún cuando están dentro del proceso productivo, su función no es vital, pero sin los cuales la operación de los equipos vitales no sería la adecuada.
- **Equipos Triviales.** Aquellos cuya función dentro de la línea de producción no es tan decisiva, que pueden ser reemplazados por otros equipos de su misma clase, o incluso podrían ser omitidos temporalmente en el caso de que presentasen alguna falla.

Tabla 1.

*Generaciones en la evolución del mantenimiento*

FACTOR	PRIMERA GENERACIÓN	SEGUNDA GENERACIÓN	TERCERA GENERACIÓN
➤ Crecientes Expectativas del Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reparación en caso de avería</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mayor disponibilidad de la planta</li> <li>▪ Mayor vida útil de los equipos</li> <li>▪ Costos de mantenimiento más bajos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mayor Disponibilidad y Confiabilidad</li> <li>▪ Mayor eficiencia</li> <li>▪ Mayor seguridad</li> <li>▪ Cuidado del Medio Ambiente</li> <li>▪ Mejor calidad de los productos</li> <li>▪ Mayor duración de los equipos.</li> </ul>
➤ Cambio de Técnicas de Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reparar cuando falla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reparaciones Mayores Programadas</li> <li>▪ Sistemas de planeamiento y control del trabajo</li> <li>▪ Computadores grandes y lentos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Monitoreo de condición</li> <li>▪ Diseño direccionado a la confiabilidad y facilidad para el mantenimiento</li> <li>▪ Estudio de Riesgos</li> <li>▪ Computadores pequeños y muy rápidos</li> <li>▪ Análisis de Modos y Efectos de Fallas</li> <li>▪ Sistemas expertos</li> <li>▪ Trabajo multifacético y en grupos.</li> </ul>
➤ Punto de vista cambiantes sobre la falla de los equipos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ A medida de que los activos envejecen empiezan a fallar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Teoría de la Curva de la Bañera.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Seis patrones de falla que ocurren en la práctica.<sup>1</sup></li> </ul>

***Índices de gestión de mantenimiento***

Existe una gran cantidad de índices de gestión de mantenimiento que se pueden aplicar a diferentes empresas. Sin embargo, se han calificado como “*Índices de clase mundial*” a aquellos que han sido adoptados por varias plantas industriales en casi todos los países. Estos son:

---

<sup>1</sup> Ver Anexo A

- Trabajos de mantenimiento correctivo (TRMC). Conteo de las acciones correctivas realizadas durante un período determinado.
- Trabajos de mantenimiento preventivo (TRMP). Conteo de las acciones preventivas realizadas durante un período determinado.
- Tiempo Medio Entre Fallas (TMEF). Es la relación entre la multiplicación del número de equipos analizados por sus tiempos de operación, respecto al número total de fallas detectadas, en un período determinado.
- Tiempo Medio Para Reparación (TMPR). Es la relación entre el tiempo total utilizado para intervenciones correctivas en los equipos analizados y el número total de fallas detectadas. Todo esto dentro de un período de tiempo determinado.
- Costo por Tiempo de Paro de Producción (CTPP). Es el lucro cesante o la cantidad de dinero que la empresa deja de recibir (utilidad) cuando un equipo falla.
- Costo de Mantenimiento por Tonelada Producida (CMTP). Es la relación entre el costo promedio del mantenimiento de la planta y el total de toneladas producidas durante un periodo definido.
- Disponibilidad (D). Es la probabilidad de que un equipo falle durante un cierto período de tiempo predeterminado.

**Tabla 2.***Criterios de jerarquización de los equipos*

<b>Cód. Máquina</b>	<b>Concepto</b>
10	RECURSOS VITALES: calderas, hornos, subestación eléctrica, líneas de distribución de vapor, aire, etc.
9	RECURSOS IMPORTANTES: montacargas, grúas, frigoríficos, transportadores de material hacia las líneas de producción, etc.
8	RECURSOS DUPLICADOS SITUADOS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN: similares a los anteriores pero de los cuales sí existe reserva.
7	RECURSOS QUE INTERVIENEN EN FORMA DIRECTA EN LA PRODUCCIÓN: dispositivos de medición para control de calidad, equipos de prueba, equipos para manejo de materiales, máquinas de inspección.
6	RECURSOS AUXILIARES DE PRODUCCIÓN SIN REEMPLAZO: equipos de aire acondicionado y ventilación, equipos móviles, equipos para surtimiento de materiales en almacén, etc.
5	RECURSOS AUXILIARES DE PRODUCCIÓN CON REEMPLAZO: similares a los anteriores pero que sí tienen reemplazo.
4	RECURSOS DE EMBALAJE Y PINTURA: compresoras, inyectoras de aire, máquinas de pintura, y todo aquello que no sea imprescindible para la producción y que tengan reemplazo.
3	EQUIPOS GENERALES: unidades de transporte de materiales o productos, unidad refrigeradora, equipos de recuperación de desperdicio,

	etc.
2	EDIFICIOS PARA LA PRODUCCIÓN Y SISTEMAS DE SEGURIDAD: alarmas, pasillos, almacenes, calles, estacionamientos, etc.
1	EDIFICIOS E INSTALACIONES ESTÉTICAS: jardines, campos deportivos, sanitarios, etc.

(Dounce & Dounce, 1997))

### ***Administración de repuestos***

Un repuesto es un elemento destinado a sustituir a otro usado o estropeado, y son parte clave para la gestión de mantenimiento ya que, si se cuenta con ellos en el momento en que se los necesita, pueden ayudar a reducir el tiempo de paro de máquinas durante la reparación.

Se observa la importancia de administrar correctamente la existencia de repuestos de la planta, ya que además de minimizar los tiempos de paro, el exceso de reservas de repuestos también pueden entorpecer la normal actividad económica y financiera de la empresa al estancar grandes recursos de medios y materiales circulantes.

Es recomendable contar con una bodega interna que almacene los repuestos, ya sean compradas o elaboradas en los propios talleres de la empresa. Los principales objetivos de la bodega son el de recepcionar, almacenar, conservar y despachar. Para lograrlo debe brindar las condiciones óptimas para asegurar una buena conservación de los repuestos, y mantener un orden adecuado para su localización.

La disposición de la bodega debe garantizar la relación más económica para cumplir con sus 4 objetivos, y para ello es vital contar con un registro del movimiento de las almacenadas.

### **La teoría de las restricciones TOC**

Todas las células y órganos de los seres vivos trabajan como un todo y lo más importante es que la meta de todas y cada una de las células y órganos es la misma: *“el bienestar global del individuo”*. Todos miden su desempeño individual de acuerdo con el cumplimiento de esa meta general. En resumen, la suma de los óptimos locales no es igual a óptimo global; y lo que interesa a todos es alcanzar el óptimo global (Goldratt, 2005).

Con esta interpretación, la TOC resume que la meta de todas las empresas es una sola: *hacer que la empresa gane más dinero ahora y en el futuro*. Y para ello propone entender tres conceptos sencillos pero vitales para enfocar la toma de decisiones hacia el logro de esta meta (Corbett, 2005):

- **Trúput:** velocidad a la cual el sistema genera dinero a través de las ventas.
- **Inventarios:** Es todo aquello que se le inyecta al sistema para producir trúput
- **Gastos de Operación:** Es el dinero que el sistema gasta en el proceso de transformación de inventario.

Muchas empresas consideran que deben equilibrar las capacidades de todos sus procesos, sin embargo la TOC considera que los sistemas equilibrados no son óptimos. Esto debido a que existen los fenómenos de las “fluctuaciones estadísticas”<sup>2</sup> y “eventos dependientes”<sup>3</sup>, propios de todo tipo de proceso, que le

---

<sup>2</sup> Fluctuaciones estadísticas: Fallas mecánicas, faltantes de repuestos, ausentismos del personal y otros factores causan fluctuaciones que afectan los niveles de productividad de los distintos procesos.

<sup>3</sup> Eventos dependientes: un evento o una serie de eventos deben llevarse a cabo antes de que otro pueda comenzar.

generan desfases con un comportamiento acumulativo a todo el sistema o empresa. Entonces es una utopía suponer que en una empresa se van a realizar eventos dependientes sin ningún tipo de alteración. Por ello la TOC plantea que una fábrica es un sistema desequilibrado, en el que alguno de sus recursos tiene menor capacidad de producción relativa que los otros y lo denomina restricción.

Consiente de estos 2 fenómenos existentes en todo sistema, la TOC propone que lo primero que se debe buscar es romper las dependencias entre los procesos, y para lograrlo propone crear "*amortiguadores*" (ver Programación tambor, amortiguador, cuerda, pg. 40). Los recursos que no son restricciones tienen un amortiguador de capacidad, es decir capacidad en exceso. Entonces solamente se necesitan crear amortiguadores para los recursos denominados restricción.

La TOC coincide con el JIT en que el inventario es un desperdicio, a excepción del inventario que sirve de amortiguador y que se mantiene cerca a la restricción, ya que de esa manera sí añade valor protegiendo al desempeño de la restricción, y por ende al desempeño de todo el sistema.

### ***Tipos de restricciones***

Existen tres amplias categorías de restricciones: restricciones físicas, políticas y de mercado (Lepore y Cohen, 2002).

Restricciones físicas: corresponden directamente con la capacidad de las máquinas, procesos o de las personas. Una paralización del recurso restricción puede ocasionar menor producción de lo que el mercado demanda cuando a pesar de que este recurso trabaje 24 horas los 7 días de la semana.

Restricciones de mercado: cuando la empresa tiene la capacidad suficiente para cubrir las necesidades del mercado, significa que la restricción del sistema no

está dentro de la organización sino en el propio mercado. El crecimiento de la organización está impuesto por la demanda de sus productos ofertados.

Restricciones políticas: son reglas internas de la compañía que no le permiten incrementar su volumen de producción. Entre ellas pueden nombrarse a políticas de hacer lotes grandes de producción, o reglamentación sobre los horarios de trabajo, o el uso de incentivos de trabajo individuales, utilización de indicadores de desempeño por proceso (ya que evitan que el sistema se comporte como uno solo pues se fomenta la competencia entre áreas).

La Figura 5 muestra las cinco etapas que propone la TOC para resolver las restricciones y mejorar el desempeño integral de la empresa.

### ***Programación tambor, amortiguador, cuerda***

Para maximizar la rentabilidad se debe sacar el mayor provecho a la restricción. La TOC propone la “programación Tambor – Amortiguador – Cuerda” como un sistema de gestión que va a permitir lograrlo. El objetivo de este sistema es evitar que el cuello de botella se mantenga ocioso, incrementando su eficiencia y utilización, asegurando el mejor desempeño de todo el sistema de acuerdo con lo programado.

Los elementos de esta programación son:

- **Tambor:** Recurso con restricción de capacidad ya que este dicta el ritmo de producción de toda la planta.
- **Amortiguador:** Es el intervalo de tiempo que protege al “tambor” o recurso con restricción de capacidad para evitar que este se paralice, y por ende, protege al desempeño de todo el sistema. Una forma de amortiguador puede ser un inventario previo a la restricción que asegure que siempre tenga insumos de entrada.

- **Cuerda:** Mecanismo que asegura que todo el sistema trabaje al ritmo de la restricción.

Para implantar este sistema se requiere desarrollar un programa para la restricción o tambor, que esté atado con el programa de expedición de materiales, para asegurar que todos los materiales y procesos fluyen de acuerdo al ritmo impuesto por el tambor. Para la TOC cumplir con un programa significa que el producto terminado no sea fabricado antes ni después de que el cliente los necesite. Esto genera un efecto en cascada con los productos semielaborados, materiales, insumos y materias primas, los cuales tampoco se liberan de sus estaciones correspondientes sino hasta el momento en que el proceso siguiente lo solicite.

### **Metodología “reposición tipo halar”**

Generalmente uno de los más grandes inconvenientes de las empresas es pronosticar correctamente el nivel de la demanda de su mercado. La TOC reconoce que la demanda siempre tiene variabilidad y no se preocupa por pronosticarla, más bien propone la metodología de reposición tipo halar, que ya toma en cuenta esta variabilidad.

Este sistema propone crear amortiguadores de inventario previo al punto de demanda, que sean capaces de reconocer los altibajos de la demanda mediante el monitoreo constante del nivel de inventario, y además que sea dinámico para poder adaptarse a la variabilidad de la demanda.

Figura 5.

Etapas de la TOC

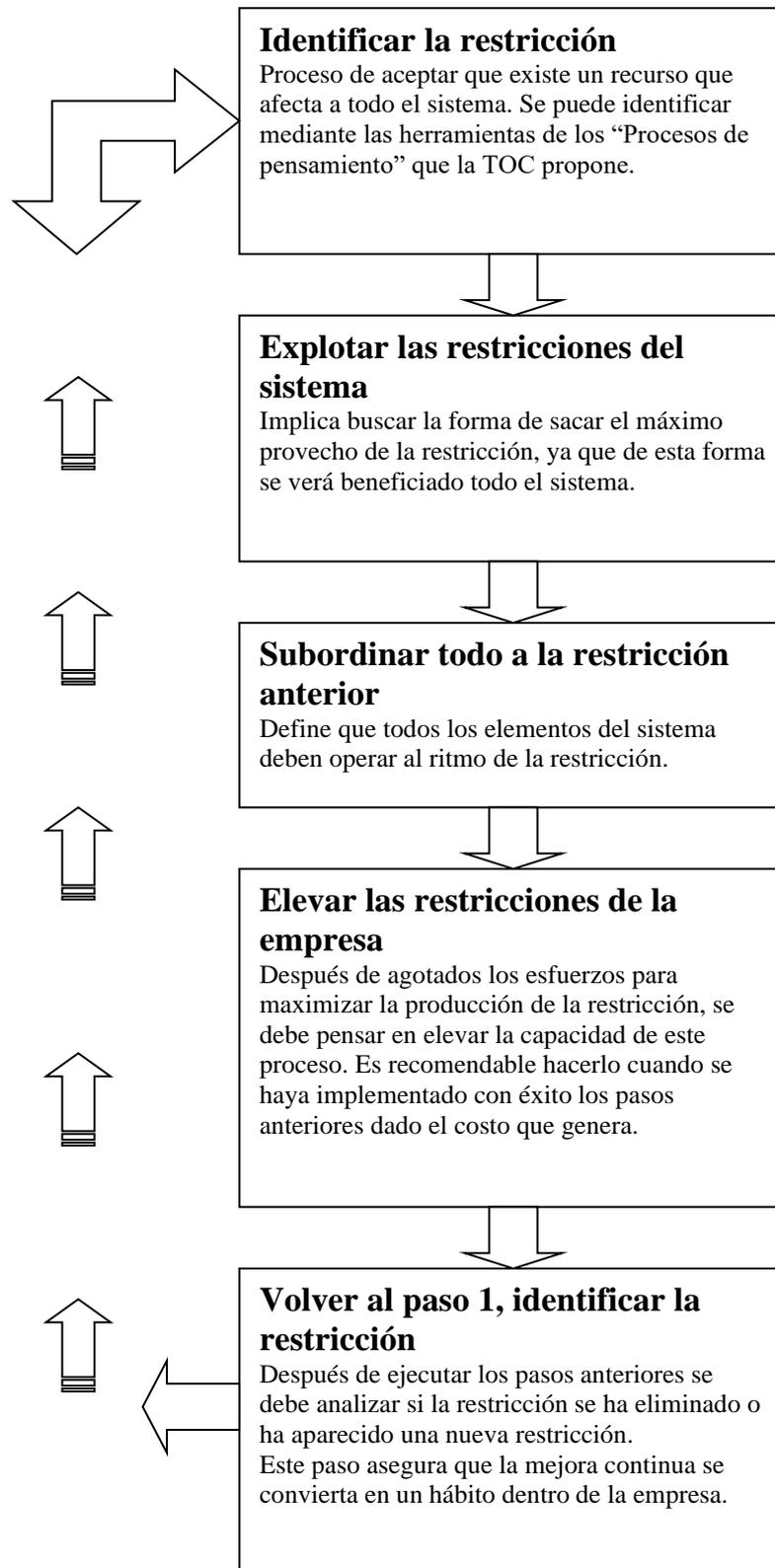
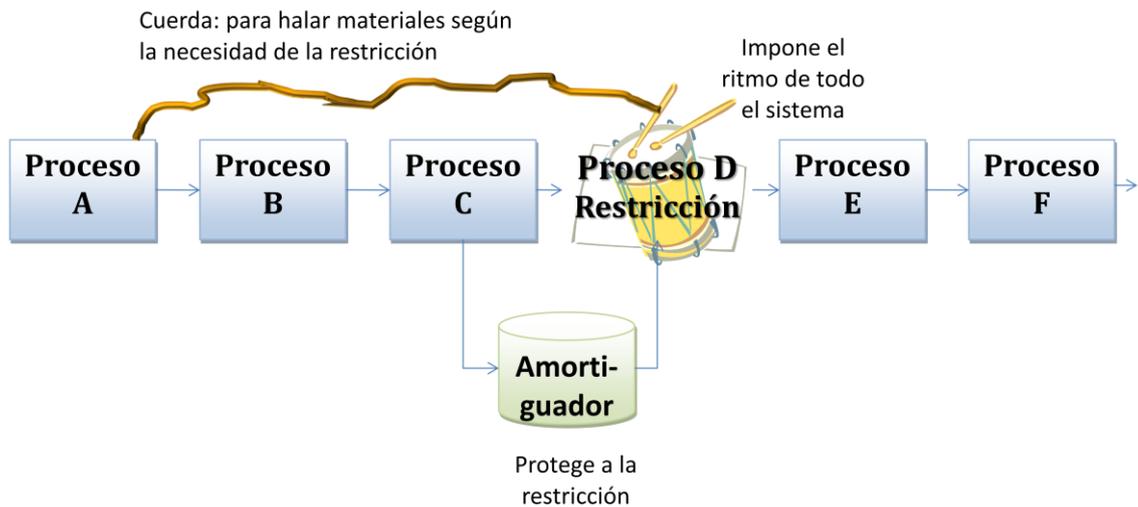


Figura 6.

Programación tambor – amortiguador - cuerda



El primer paso para gestionar el amortiguador, es determinar el “*tamaño de amortiguador (TA)*”, que según la TOC es el inventario óptimo que es capaz de responder al promedio máximo del consumo que se puede realizar durante el tiempo de reabastecimiento, ajustado por su nivel de confiabilidad (Schroeder, 1999). Este valor va a depender de 2 factores: a) demanda o velocidad con la que se consumen los productos; y, b) abastecimiento o rapidez con la cual se reabastecen las unidades que han sido consumidas.

Una vez establecido el tamaño del amortiguador TA, la meta es una sola: evitar que el inventario suba o baje del nivel TA. Con esta meta, se elimina el concepto de “punto de pedido” y más bien se propicia a reabastecer lo antes posible cada unidad que sea consumida del inventario.

Para determinar el tamaño de amortiguador TA se propone:

$$TA = D_{TR} + Z \cdot \sigma \quad [0-5]$$

donde:

TA = Tamaño del Amortiguador o Inventario Óptimo

$D_{TR}$  = Demanda promedio durante el Tiempo de Reabastecimiento

Z = Valor de distribución Z para un nivel de confiabilidad deseado (ver la Tabla 3)

$\sigma$  = Desviación estándar de la demanda

**Tabla 3.**

*TABLA DE DISTRIBUCIÓN NORMAL Z*

Factor Z		Nivel de confiabilidad
Z = 1	1 $\sigma$	84,1%
Z = 2	2 $\sigma$	97,7%
Z = 3	3 $\sigma$	99,9%

(Wonnacot, 1997)

### ***Penetración del amortiguador***

La “penetración del amortiguador” PA se define como el número de unidades faltantes en el inventario, para que éste llegue al nivel TA. La TOC propone este indicador como un criterio de priorización, cuyos resultados ayudarán a realizar una correcta toma de decisiones. Generalmente se representa en porcentaje, y se calcula con la ecuación:

$$PA = \left(1 - \frac{I}{TA}\right) \cdot 100\% \quad [0-6]$$

donde:

PA = Penetración del Amortiguador

I = Inventario físico

TA = Tamaño del Amortiguador

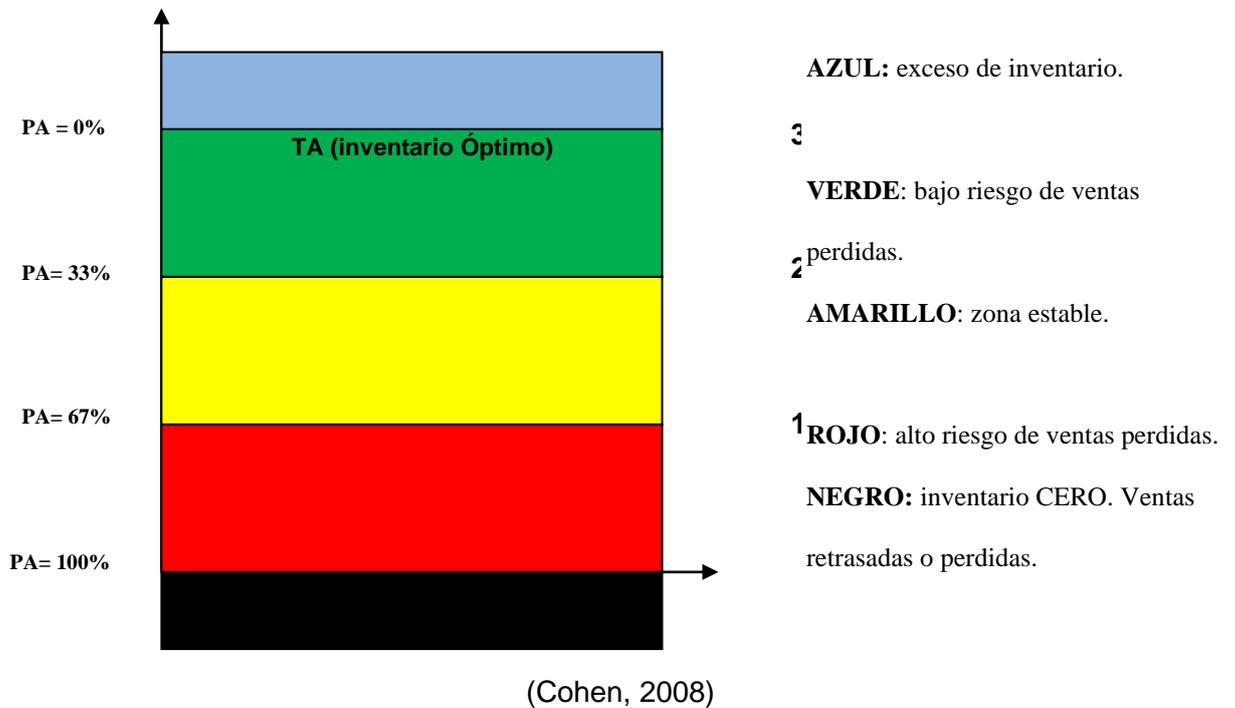
El tamaño del amortiguador puede ser dividido en 3 zonas de igual tamaño, a cada una de las cuales se les asignará un color distintivo. El nivel de penetración del amortiguador PA ayudará a identificar en qué zona se encuentra el inventario de cada artículo, tal como se muestra en la Figura 7.

Una vez establecido el tamaño del amortiguador y sus zonas, se debe monitorear constantemente el nivel del inventario para determinar en qué zona se encuentra y actuar de acuerdo a ello. Es decir, se priorizarán los abastecimientos de acuerdo con el nivel de penetración del amortiguador de la siguiente forma:

1. Reabastecer los artículos que se encuentren en la zona ROJA y NEGRA, ya que el inventario está a punto de consumirse por completo o ya se consumió, y el riesgo de perder ventas es elevado.
2. En segundo plano se deben planificar los abastecimientos de los artículos que se encuentran en la zona AMARILLA.
3. Sólo si se cuenta con los recursos suficientes, abastecer los artículos que estén en la zona VERDE.
4. No abastecerse de los productos que están en la zona AZUL, ya que están en la zona de exceso de inventario.

**Figura 7.**

*Zonas del semáforo del amortiguador*



Al monitorear a diario los niveles de inventario y disminuir al máximo posible los tiempos de reposición – en lo posible llegar hasta una frecuencia de abastecimientos diaria – el tamaño de amortiguador TA de cada artículo será bastante pequeño.

### ***Manejo dinámico de los amortiguadores***

Al monitorear diariamente la penetración del amortiguador de cada artículo en cada bodega, se podrá identificar cuando el TA de un artículo ya no es el correcto. Se pueden presentar dos escenarios:

1. **El TA es demasiado grande:** se identifica este caso cuando la penetración de amortiguador en la bodega permanece por varios días consecutivos en la zona verde. Se lo denomina “muchos verdes” MV y cuando se presenta puede significar que:

- La demanda ha disminuido;
- El tiempo de abastecimiento ha mejorado; o,
- El TA inicial fue muy alto.

Se debe analizar la posibilidad de disminuir el TA, para evitar tener sobre stocks innecesarios. TOC recomienda disminuirlo en un tercio, tal como lo muestra la Figura 8.

2. **El TA es demasiado pequeño:** estos casos se identifican cuando se observa la PA de un artículo, por varios días consecutivos, en la zona roja. Se denomina “muchos rojos” (MR) y esto puede significar:

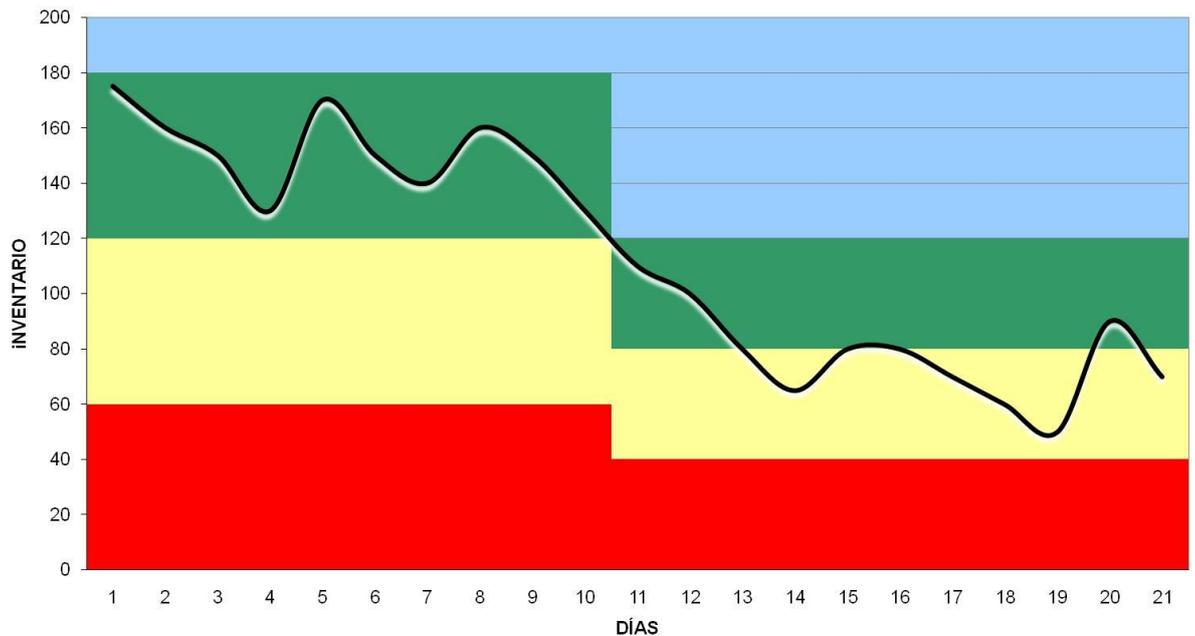
- La demanda ha aumentado;
- El tiempo de abastecimiento o la confiabilidad de los proveedores ha desmejorado; o,
- El TA establecido al inicio fue demasiado bajo.

El TOC propone que en estos casos el TA se incremente en un tercio para minimizar el riesgo de quedar desabastecido, tal como se ve en la .

Después de ajustar el TA, es necesario tener un “tiempo de espera” que permita que el ajuste haga efecto en el inventario, hasta que se estabilice. En este período no se deben realizar otros cambios al TA. El tiempo de espera mínimo debe ser igual a:

**Figura 8.**

*Muchos verdes (MV). Ejemplo de disminución del TA.*



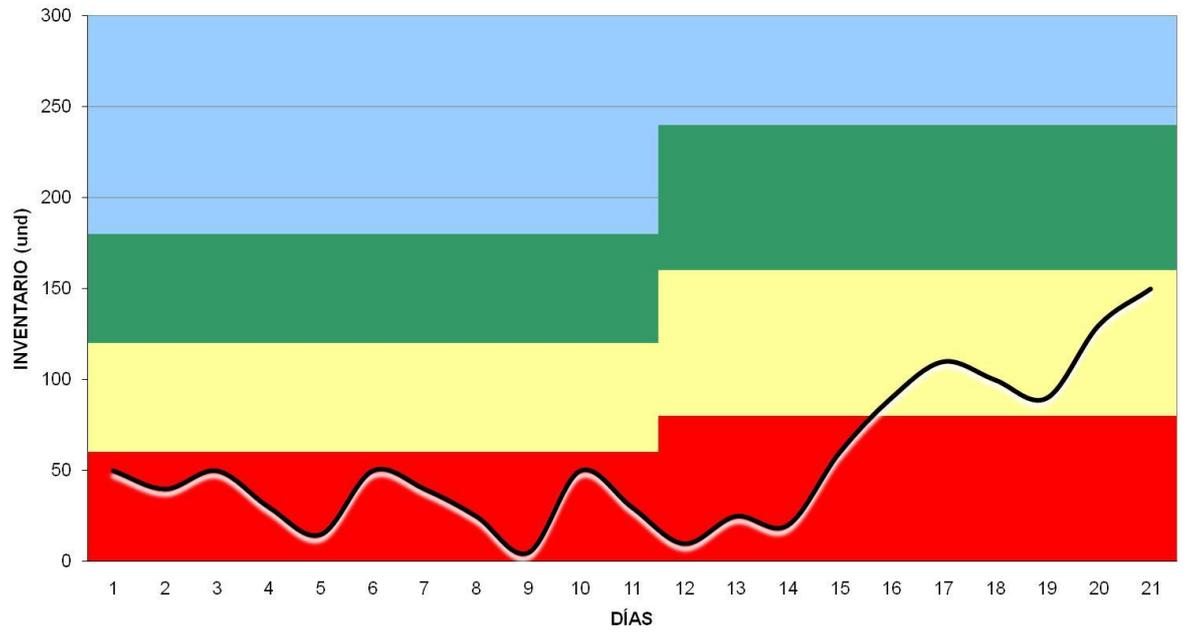
(Cohen, 2008)

- Un ciclo del tiempo de reabastecimiento cuando hay MR.
- El tiempo necesario para que el inventario caiga hasta la nueva zona verde, cuando hay MV.

El monitoreo continuo de los inventarios y de su penetración, va a convertir a los amortiguadores en sistemas vivos, capaces de responder a los diferentes cambios que pueden ocurrir en la demanda, en el abastecimiento, en eventos ocasionales, etc. Siempre asegurará la mayor disponibilidad de inventario al cliente final, para proteger de esta forma a las ventas que, desde el punto de vista TOC, son las que aseguran el tróput que las empresas quieren lograr.

**Figura 9.**

*Muchos rojos (MR). Ejemplo de incremento del TA.*



(Cohen, 2008)

## Descripción de la Empresa Eurofish S.A.

### Caracterización de la empresa

Eurofish S.A. es una empresa dedicada a la producción y comercialización de lomos de atún enlatados y en conservas, que fue creada el 12 de julio de 1998. Arrancó su producción con tan solo dos mesas para limpieza, y en la actualidad posee una capacidad productiva de 100 toneladas de pescado diarias usando una gran variedad de especies de atún en diferentes envases y presentaciones.

Su proceso arranca desde la pesca de su propia materia prima ya que cuenta con flotas pesqueras propias, y abarca hasta la distribución de sus productos terminados en varios mercados como los de Estados Unidos, México, Europa y Sudamérica. El elevado nivel de competitividad de estos exigentes mercados han impulsado a Eurofish S.A. a manejarse bajo certificaciones de calidad (ISO-9001:2008), y estrictas normas de inocuidad alimenticia (IFS<sup>4</sup> y EFIS<sup>5</sup>) y seguridad (Basc<sup>6</sup>). Además, cuenta con una planificación estratégica bien definida, donde se plantean estrategias y objetivos enfocados a cumplir con su misión y que le apoyan para alcanzar su visión.

### **Misión**

---

<sup>4</sup> IFS: Internarional Food Standard. Norma desarrollada para todo tipo de distribuidor de alimentos (todos los tamaños de empresas y comercios, independientes o no), mayoristas o actividades similares (por ejemplo, de actividades de "cash and carry"). Todos ellos tienen que garantizar la seguridad de su marca "propia" en los productos que venden.

<sup>5</sup> EFSIS: European Food Safety Inspection Service. Es la principal entidad de certificación e inspección independiente, dirigido a grandes superficies, proveedores, explotaciones agrícolas y ganaderas, empresas de cáterin, etc. que operan a través de todo el mundo, con reconocida experiencia en inspección y certificación asegurando los más altos estándares de calidad.

<sup>6</sup> BASC: Business Alliance for Safe Commerce. Es un programa de cooperación en el sector privado y organismos nacionales y extranjeros, creado para fomentar el comercio internacional seguro, fortaleciendo los estándares de seguridad. El objetivo principal es promover, dentro de sus asociados, el desarrollo y ejecución de acciones preventivas a evitar el contrabando de mercancías, narcotráfico y terrorismo a través del comercio legítimo.

“Somos un grupo industrial dedicado a aprovisionar, procesar y comercializar alimentos para satisfacer las necesidades de nuestros clientes, accionistas, colaboradores y de nuestra comunidad, cumpliendo las exigencias del mercado global, valorando la honestidad, el sólido trabajo en equipo, la calidad y la eficiencia.”

### ***Visión***

“Liderar la innovación de productos y servicios fiables en la industria de alimentos logrando rentabilidad, posicionamiento y diferenciación de nuestras marcas y productos en el ámbito mundial con diversidad de clientes.”

### **Descripción de los procesos**

Eurofish S.A. controla sus procesos productivos a través de un personal altamente calificado y un sistema vivo de gestión de calidad, además de contar con maquinaria y tecnología de punta. Los procesos realizados se muestran en la Figura 11, y están descritos a continuación:

- **Descarga.**- El producto llega al puerto de Manta donde se descarga y se transporta inmediatamente a la Planta de Eurofish.
- **Recepción y clasificación.**- Una vez que la carga llega a la planta se clasifica de acuerdo con la especie, talla y calidad
- **Almacenamiento.**- Cada tina con el pescado clasificado se almacena en cuartos fríos a temperaturas de 18 grados centígrados bajo cero.
- **Descongelado.**- Para iniciar el procesamiento del Atún, este primero se descongela haciendo recircular agua potable clorada.

Figura 10.

Organigrama funcional de Eurofish S.A.

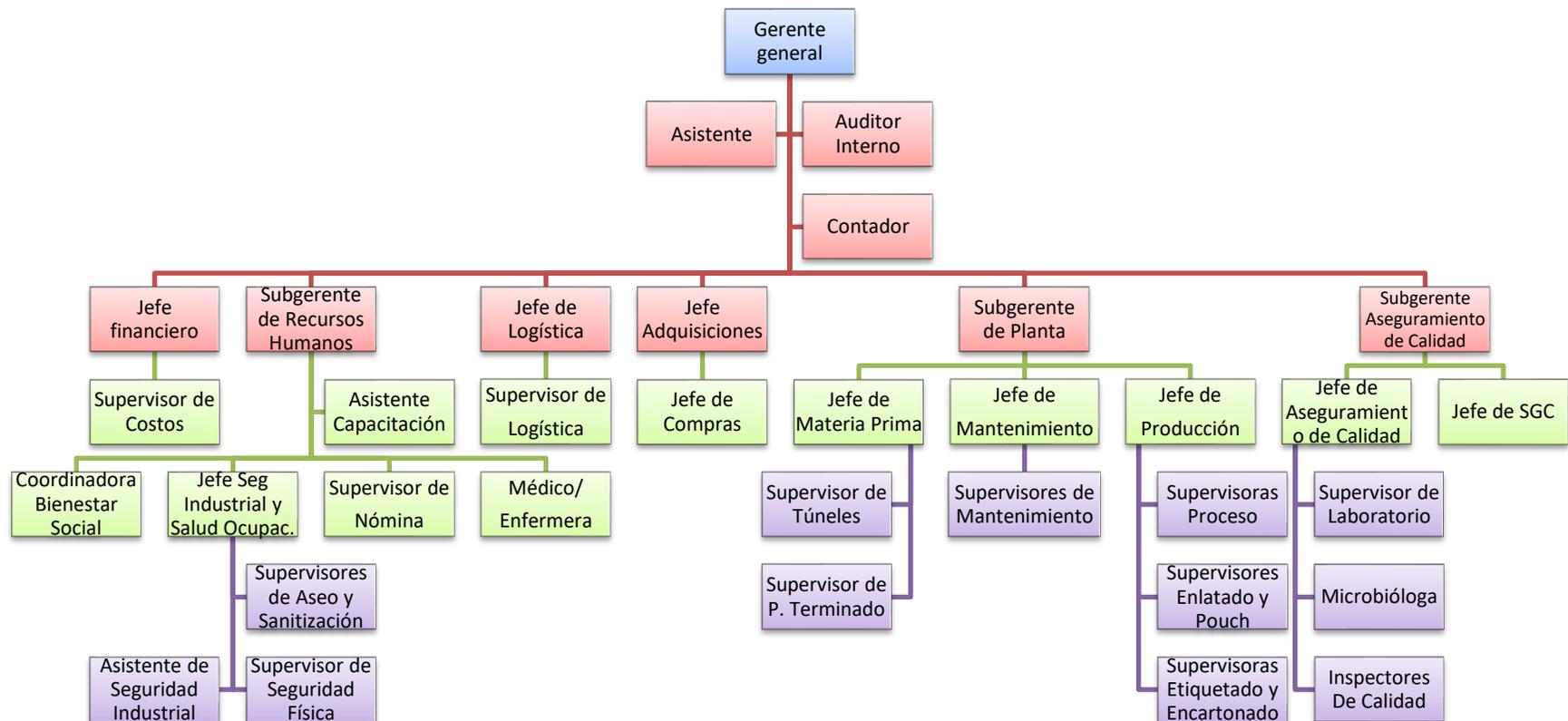
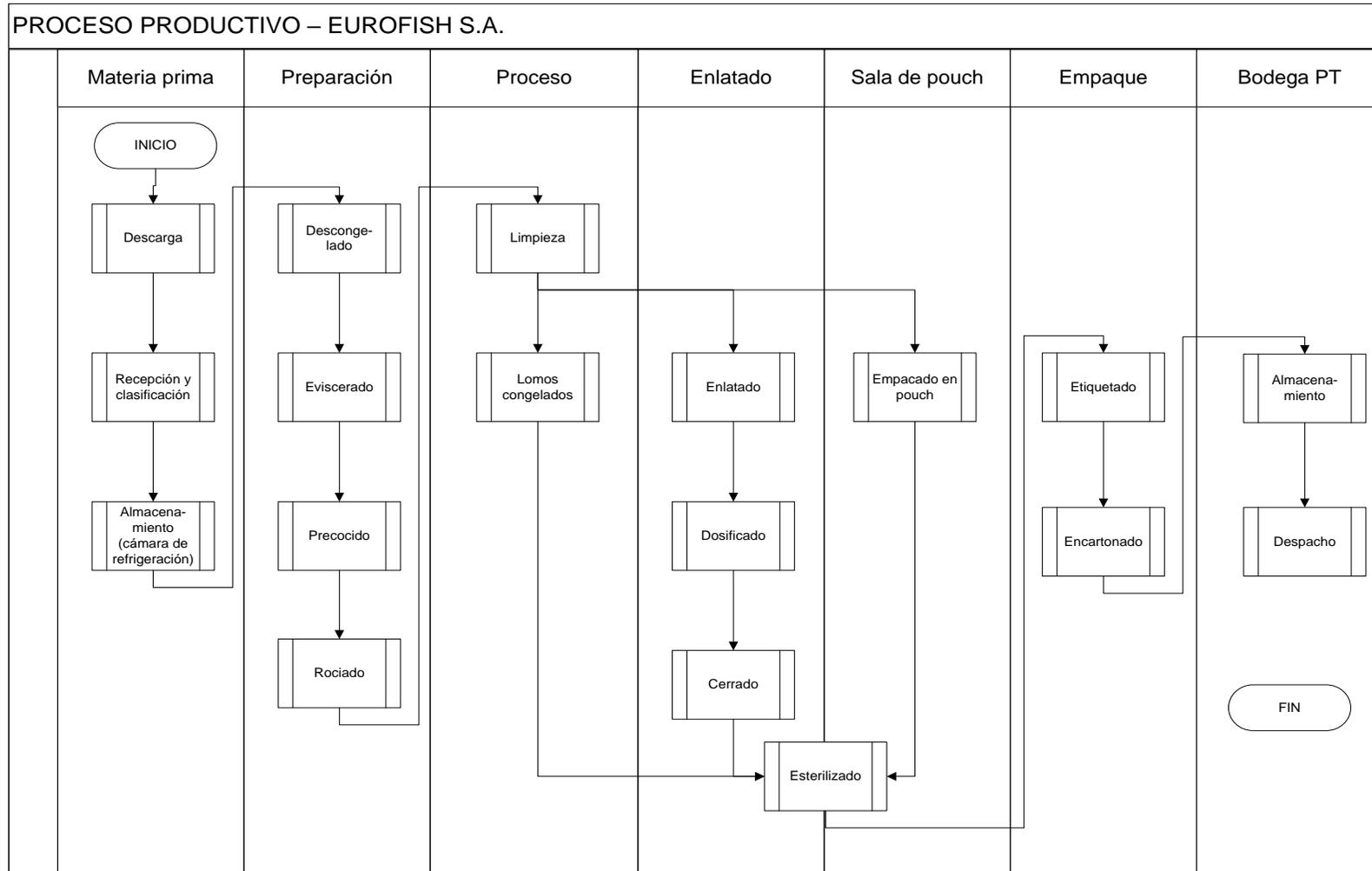


Figura 11.

Diagrama SIPOC de los procesos productivos de Eurofish S.A.



- **Eviscerado.**- Se extraen las vísceras de cada uno de los pescados, lavando su cavidad abdominal y área externa del cuerpo. Tanto el pescado entero, como los trozos, son colocados en canastillas y éstas a su vez, en carritos que son transportados hacia los cocedores.
- **Precocido.**- Se introduce el pescado en los hornos donde se precece con vapor saturado. La temperatura y el tiempo de precocido se controla mediante un sistema automatizado.
- **Roceado.**- Una vez terminado el proceso de cocción, el pescado se retira a un área de rociado, donde se enfría en condiciones controladas con el fin de conservar sus propiedades sensoriales y de nutrición.
- **Limpieza.**- La limpieza del pescado se realiza de forma manual; cuidadosamente se retira la piel, los huesos o espinas, la cabeza, aletas y todos aquellos componentes anatómicos que no correspondan a lomo.
- **Empacado de lomos.**- El empaçado se realiza de acuerdo con los diferentes formatos que la planta procesa (Lomos Congelados, Conservas en Latas y Pouch). Los lomos se empaçan en fundas transparentes codificadas al vacío para garantizar su frescura.
- **Empacado en latas.**- Con llenadoras de alta precisión y velocidad se coloca en la lata la porción exacta a su gramaje, ya sea para empaques sólidos o en trozos. Este producto se prepara previo a alimentar la empaçadora de acuerdo con las características a enlatar.
- **Dosificado.**- El líquido de cobertura que se añade puede ser aceite, agua o la mezcla de los dos fluidos, a los que se agrega la sal en caso de ser necesario. Este líquido protege y contribuye al sabor del producto.
- **Cerrado.**- Para cerrar las latas se utiliza la técnica de sellado hermético y al vacío, en la cual se inyecta vapor saturado e higiénico en el espacio libre del envase y en combinación con una temperatura alta de los líquidos, se elimina el aire del envase.

- **Pouch.-** Eurofish empaca también en Pouch o fundas metalizadas que garantizan larga vida del producto. Una vez llenadas las fundas con el Atún y el líquido de cobertura, se sellan al vacío y luego se compactan para facilitar su transporte y almacenamiento.
- **Esterilizado.-** Con autoclaves controladas por computadora, a través de altas temperaturas el producto entra a un proceso de esterilización con vapor saturado, posteriormente se enfría en agua.
- **Etiquetado.-** Finalmente las latas se etiquetan, posteriormente son transportadas sobre bandas sincronizadas hacia la encartonadora, donde se empacan en forma automática en cajas de cartón corrugado. Los pouch se etiquetan manualmente de acuerdo con las especificaciones de cada cliente.
- **Despacho.-** Los cartones con latas o pouch se paletizan y embalan en contenedores, que a través de las diferentes navieras recorren el mundo hasta llegar a los consumidores de los más exigentes mercados.

### **Mantenimiento industrial en Eurofish**

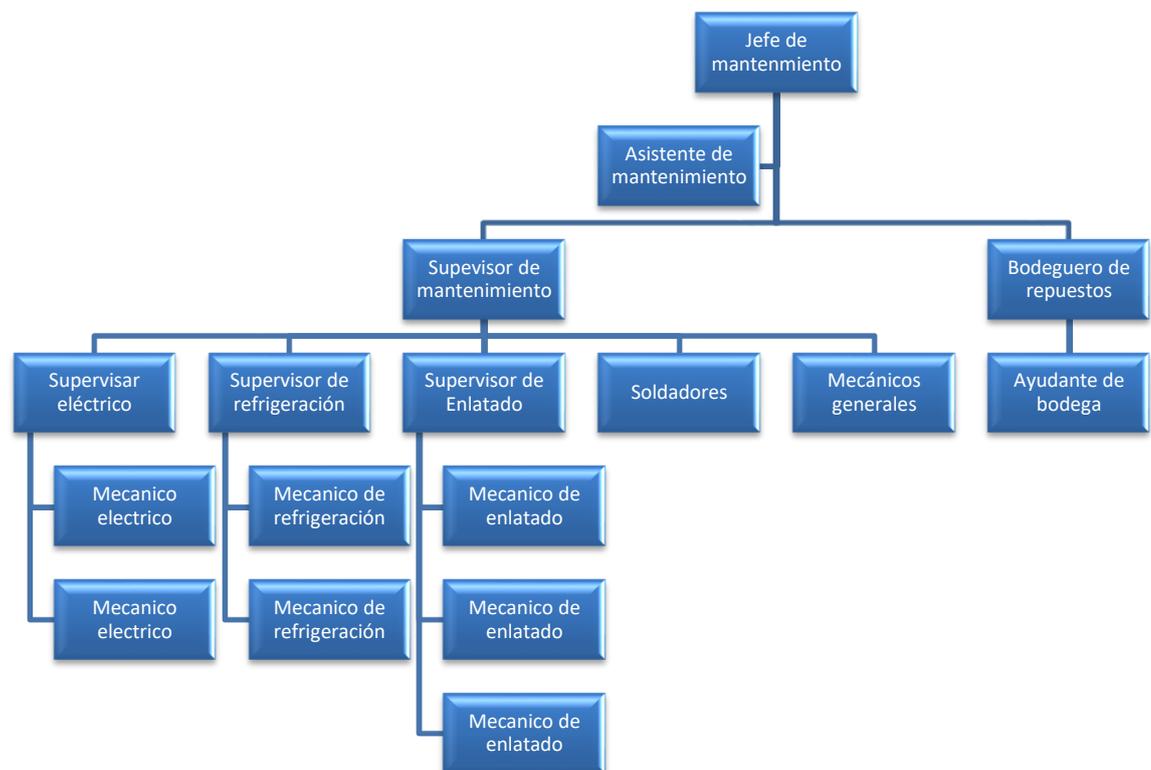
El departamento de mantenimiento de Eurofish S.A. está conformado por 17 personas, de las cuales 13 realizan tareas de mantenimiento abarcando trabajos mecánicos, eléctricos, de soldadura, carpintería, pintura y/o servicios generales; a fin de mantener los equipos e instalaciones en óptimas condiciones. El personal de mantenimiento se distribuye y se turna de acuerdo a los programas de producción en donde la mayoría de las veces cubre los dos turnos con jornadas extendidas.

Este departamento está conformado por un equipo de supervisores y mecánicos en cada área de acuerdo con el organigrama mostrado en la Figura 12. Cada cargo exige un perfil de competencias exigente.

Entre las tecnologías de mantenimiento que se han logrado implementar en este departamento están: a) Programas de mantenimiento preventivo y correctivo, b) Control del cumplimiento de la programación, b) Órdenes de trabajo o solicitudes de servicio, c) Calificación de proveedores, d) Calificación de contratistas, e) Gestión de inventarios de repuesto, etc.

**Figura 12.**

*Organigrama funcional del dpto. Mantenimiento de Eurofish S.A.*



Para la administración y gestión del mantenimiento de la planta, este departamento se apoya en el software informático “SIMAC”, el cual le permite realizar y registrar tareas como:

- Programación de tareas y rutinas de mantenimiento. De acuerdo a naturaleza y modos de operación definidos por el usuario (Horas operadas, Número de arranques, Km recorridos, etc.).
- Solicitudes y órdenes de trabajo.- Lanzamiento, seguimiento, evaluación.
- Programación y lanzamiento de tareas de mantenimiento acuerdo a la naturaleza del trabajo: preventivas, correctivas, etc.
- Planificación y costeo de recursos: mano de obra, materiales / repuestos, herramientas, contratación externa.
- Factibilidad de ejecución.
- Registro de fallas, motivos de retraso de la OT, motivos de parada.
- Cronogramas de rutinas y órdenes de trabajo.
- Seguimiento de órdenes de trabajo según su estado.
- Programación y Control de contadores. Ingreso personalizado, cálculo automático de carga de trabajo y próxima lectura / fecha de ejecución de tareas y rutinas.
- Reportes técnicos. De distinta naturaleza en los diferentes módulos, de acuerdo a selección de parámetros de consulta.
- Índices de mantenimiento. Disponibilidad, fiabilidad, costos de mantenimiento, TMEF, TMPR, etc.
- Reportes gerenciales. Estadísticas y costos relacionados con la gestión del mantenimiento.

### **Estado actual de la bodega de repuestos**

Eurofish S.A. cuenta con dos bodegas las cuales abastecen internamente de materiales, equipos, repuestos e insumos a la planta en general. Estas bodegas se caracterizan de la siguiente manera:

**Bodega General.-** Es la encargada de receptor y entregar materiales de orden general como:

- Herramientas
- Repuestos
- Útiles de Oficina
- Materiales de limpieza
- Equipos
- Materiales de seguridad personal

**Bodega de Insumos.-** Es la encargada de receptor y entregar materiales usados en la producción del atún talles como:

- Material de empaque
- Material de envase
- Material de embalaje
- Etiquetas

La bodega general maneja alrededor de 18.000 ítems, de los cuales 8.000 tienen existencias permanentes. Recepta en un día promedio aproximadamente 40 notas de pedido. Para gestionar sus procesos se apoya en el software informático del departamento de mantenimiento, el que le permite solicitar producto al departamento de abastecimientos y realizar los despachos hacia los mecánicos o al personal que lo requiera.

Para su gestión cuenta con el software informático “Salomon”, el mismo que le permite registrar sus inventarios y todos los movimientos que se realizan. Cada

ítem que maneja el software está codificado para su pronta identificación, y diariamente se registra información en el sistema y una vez al mes se realiza una toma de inventario físico para compararlo con el del sistema, a fin de asegurar la confiabilidad de la información que entrega el software.

Existe un módulo que sugiere una cantidad de unidades de compra para cada artículo, el mismo que maneja el esquema tradicional de “máximos y mínimos” para cada ítem del sistema. Por lo menos una vez a la semana se ejecuta este módulo, con lo cual se genera una lista de requerimientos de compra, la misma que es enviada al departamento de adquisiciones para que realice la gestión de compra.

A pesar de manejarse bajo este sistema informático, en la bodega muchas veces se evidencian quiebres de inventario ya sea porque los niveles de existencia no fueron suficientes, o por demoras propias del proceso de compra, entre otros motivos. Por otro lado también se evidencia un sobre inventario de ítems cuya rotación o nivel de requerimiento es demasiado bajo comparado con el inventario que maneja la bodega. Además, el sistema no ayuda a evidenciar las prioridades de compra reales que tiene la bodega, lo que crea la impresión de que todas las compras son urgentes, complicando a la gestión de la bodega.

### **Clasificación de los equipos y repuestos**

Es muy conocido que las tareas de mantenimiento son variadas, repentinas y consumen tiempo y recursos. Más aún cuando la gestión abarca un gran número y variedad de equipos. Eurofish cuenta con alrededor de 400 equipos para llevar a cabo su proceso de producción y, actualmente, todos ellos están incluidos dentro del programa de mantenimiento preventivo.

La jerarquización de los equipos aparece como una estrategia para optimizar la gestión del mantenimiento, ya que ayuda a priorizar los daños de equipos

conforme a los efectos que puede generar. De esta manera se enfocan los esfuerzos del mantenimiento para, en primera instancia, minimizar los efectos indeseables más significativos y después otros daños de menor impacto.

Para realizar la jerarquización de equipos, este proyecto se ha basado en el “Índice de costos de la Gestión de Mantenimiento (ICGM)” (Dounce & Dounce 1997), más específicamente por el *Código Máquina*. Este concepto fue expuesto con anterioridad en la Tabla 2

.Gracias a la calificación del código máquina, se identificaron a los equipos vitales, importantes y triviales. Los primeros, equipos vitales, han sido considerados aquellos cuyo código máquina es 10. El grupo de los equipos importantes se consideraron aquellos calificados entre 8 y 9. Los demás equipos se los ha denominado equipos triviales. El resumen de los equipos vitales se muestra en la Tabla 4 y la Figura 13 muestra un comportamiento comparable con el principio de pareto, ya que el 24% de los equipos han sido calificados como “equipos vitales”.

**Figura 13.**

*Histograma de clasificación de los equipos de Eurofish s.a.*

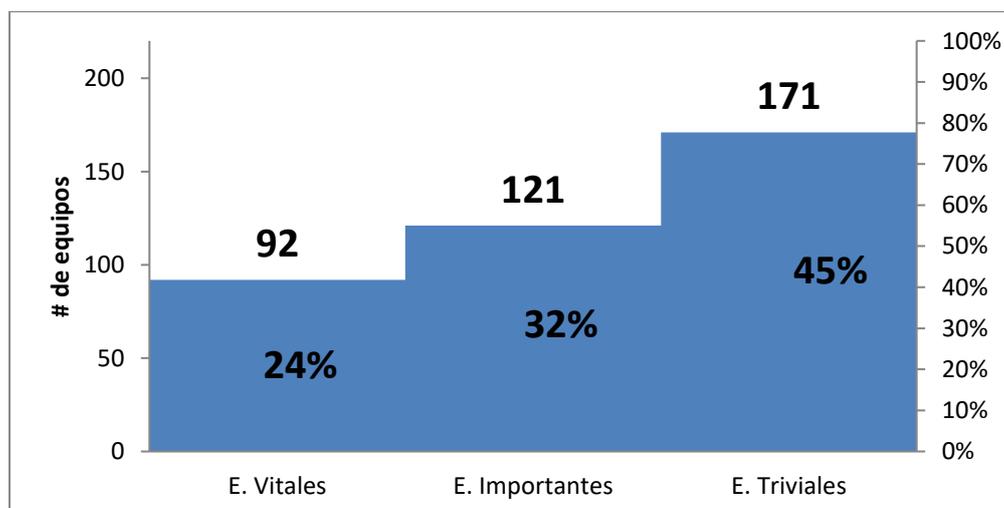


Tabla 4.

Lista de equipos vitales de Eurofish s.a.

CÓD	ÁREA	ADMINISTRACIÓN	CÓD MÁQ
MAT.015	MP / PT	Unidad de refrigeración # 1 de cámara # 4	10
MAT.016	MP / PT	Unidad de refrigeración # 2 de cámara # 4	10
MAT.017	MP / PT	Condensador de cámara # 4	10
MAT.065	MP / PT	Compresor Bock F14/1166 (usado)	10
MAT.066	MP / PT	Compresor Bock F14/1366 # 1 (usado)	10
MAT.067	MP / PT	Compresor Bock F14/1366 # 2 (usado)	10
MAN.006	Serv Gen	Caldero # 3 Equaboiler	10
MAN.016	Serv Gen	Caldero # 4 Kewane	10
MAN.012	Serv Gen	Compresor de Aire Ingersoll Rand EP ESP 25	10
PRD.102	Serv Gen	Compresor de Aire Champion # 1 S172552	10
MAN.029	Serv Gen	Compresor de Aire Champion # 2	10
MAN.038	Serv Gen	Bomba de cisterna # 6 para tanque de agua Calderos 1,2 y 3	10
MAN.043	Serv Gen	Transformador de corriente de 1000 Kva	10
MAN.044	Serv Gen	Transformador de corriente de 600 Kva	10
MAN.045	Serv Gen	Transformador de corriente de 400 Kva	10
MAN.070	Serv Gen	Transformador de corriente de 112.5 Kva (administración)	10
PRD.001	Preparación	Bomba para Descongelamiento # 1	10
PRD.002	Preparación	Bomba para Descongelamiento # 2	10
PRD.219	Preparación	Bomba para Descongelamiento # 3	10
PRD.008	Preparación	Cocinador # 1	10
PRD.009	Preparación	Cocinador # 2	10
PRD.010	Preparación	Cocinador # 3	10
PRD.011	Preparación	Cocinador # 4	10
PRD.012	Preparación	Cocinador # 5	10
PRD.180	Preparación	Sistema de control de cocinadores FMC	10
PRD.021	Lomos	Selladora # 1	10
PRD.022	Lomos	Bomba al Vacío # 1	10
PRD.023	Lomos	Selladora # 2	10
PRD.024	Lomos	Bomba al Vacío # 2	10
PRD.025	Lomos	Selladora # 3	10
PRD.026	Lomos	Bomba al Vacío # 3	10
PRD.027	Lomos	Selladora # 4	10
PRD.028	Lomos	Bomba al Vacío # 4	10
PRD.029	Lomos	Selladora # 5	10
PRD.030	Lomos	Bomba al Vacío # 5	10
PRD.031	Lomos	Maquina Detector de Metales safeline	10
PRD.032	Lomos	Termoencogido	10
PRD.103	Conservas	Empacadora de Atún para 1/2 LB Luthi SP (307)	10
PRD.104	Conservas	Empacadora de Atún para 2 y 4 Libras Luthi SPD (603)	10
PRD.182	Conservas	Empacadora de Atún Luthi SPB (401) 800 gr	10
PRD.183	Conservas	Empacadora de Atún Luthi SPC 80 gr	10
PRD.207	Conservas	Dosificador al vacío de 80gr FMC	10
PRD.213	Conservas	Dosificador de 800gr (nuevo)	10
PRD.057	Conservas	Dosificador de 800gr Iberopesca	10
PRD.092	Conservas	Dosificador de 1/2 LB MEPROSA	10

Tabla 4. Lista de equipos vitales de Eurofish S.A– Continuación

CÓD	ÁREA	ADMINISTRACIÓN	CÓD MÁQ
PRD.093	Conservas	Dosificador de 2 Y 4 LB MEPROSA	10
PRD.208	Conservas	Cerradora de latas FMC 80 gr	10
PRD.134	Conservas	Cerradora de latas redonda FMC 652 1/2 lb	10
PRD.060	Conservas	Cerradora de Latas # 1 de 1/2 LB CANCO 400	10
PRD.088	Conservas	Cerradora de Latas # 2 de 800 gr. CANCO 400	10
PRD.094	Conservas	Cerradora de Latas Somme de 2 y 4 LB	10
PRD.062	Conservas	Autoclave # 1	10
PRD.066	Conservas	Autoclave # 2	10
PRD.087	Conservas	Autoclave # 3	10
PRD.128	Conservas	Autoclave # 4	10
PRD.129	Conservas	Autoclave # 5	10
PRD.132	Conservas	Autoclave # 6	10
PRD.133	Conservas	Autoclave # 7	10
PRD.101	Conservas	Autoclave Panini # 1	10
PRD.153	Conservas	Autoclave Panini # 2	10
PRD.058	Conservas	Bomba # 1 evacuación agua autoclaves 10 HP	10
PRD.152	Conservas	Bomba # 2 evacuación agua autoclaves 15HP	10
PRD.108	Conservas	Bomba para agua de recirculamiento de autoclave Panini # 1	10
PRD.154	Conservas	Bomba para agua de recirculamiento de autoclave Panini # 2	10
PRD.121	Conservas	Selladora para Pouch # 1 Old River	10
PRD.122	Conservas	Selladora para Pouch # 2 Old River	10
PRD.123	Conservas	Bomba de vacio de selladora para Pouch # 1	10
PRD.124	Conservas	Bomba de vacio de selladora para Pouch # 2	10
PRD.157	Conservas	Termoregistrador # 1 autoclave # 1	10
PRD.158	Conservas	Termoregistrador # 2 autoclave # 2	10
PRD.159	Conservas	Termoregistrador # 3 autoclave # 3	10
PRD.160	Conservas	Termoregistrador # 4 autoclave # 4	10
PRD.161	Conservas	Termoregistrador # 5 autoclave # 5	10
PRD.097	Conservas	Termoregistrador # 8 autoclave # 6	10
PRD.098	Conservas	Termoregistrador # 9 autoclave # 7	10
PRD.162	Conservas	Termoregistrador # 6 autoclave Panini # 1	10
PRD.163	Conservas	Termoregistrador # 7 autoclave Panini # 2	10
PRD.039	Congelación	Compresor # 1 - Túnel # 3	10
PRD.040	Congelación	Compresor # 2 - Túnel # 1	10
PRD.041	Congelación	Compresor # 3 - Túnel # 2	10
PRD.042	Congelación	Evaporador # 1 - Túnel # 1	10
PRD.043	Congelación	Evaporador # 2 - Túnel # 1	10
PRD.044	Congelación	Evaporador # 3 - Túnel # 2	10
PRD.045	Congelación	Evaporador # 4 - Túnel # 2	10
PRD.046	Congelación	Evaporador # 5 - Túnel # 3	10
PRD.047	Congelación	Evaporador # 6 - Túnel # 3	10
PRD.049	Congelación	Sistema desescarcha de túneles	10
PRD.051	Congelación	Torre de Enfriamiento 2	10
PRD.053	Congelación	Compresor # 2 Hasegawa VM46281 (Salmuera)	10
PRD.038	Congelación	Compresor # 1 GEA (Salmuera)	10
PRD.165	Congelación	Intercambiadores de calor Salmuera	10
PRD.166	Congelación	Intercambiador de calor sistema refrigeración túneles	10

Se puede clasificar como repuestos críticos a aquellos que tienen relación con los equipos vitales. Debido a que un objetivo prioritario para el área de mantenimiento va a ser el maximizar la disponibilidad de los equipos vitales, la bodega de repuestos intrínsecamente va a adoptar como meta el maximizar la disponibilidad de los repuestos críticos, a fin de contar con ellos en el momento, cantidad y calidad en que se los requiera, y de esta forma evitar que los equipos vitales pierdan tiempo en espera de la llegada de repuestos.

## Propuesta de Mejora

### Cálculo de los niveles óptimos de inventario

La metodología TOC propone calcular el nivel óptimo de inventario a manejar de cada ítem, basado en 2 criterios: a) nivel de consumo, y b) tiempo de reaprovisionamiento.

El primer punto se obtiene a través de los datos históricos de consumo de la bodega de repuestos. En la Tabla 5 y en la Tabla 6 se muestran ejemplos de la forma en la que se han recogido estos dos datos, basado en el consumo histórico de un año hacia atrás del repuesto "*Filtro de aceite PH-8A P/Selladora*" y de la "*Pistola de presión p/agua (gunjet assem)*". En el Anexo B se observan otros ejemplos de la recolección de datos.

El segundo dato, tiempo de reaprovisionamiento, depende de cada ítem a ser analizado y va a obedecer a la ubicación del proveedor (nacional o extranjero), su tiempo de respuesta, tiempo de transporte y la frecuencia en la que se realizan los pedidos de compra. En la Tabla 9 se observan algunos de los tiempos de respuesta de los proveedores, según el tipo de repuesto.

Una vez que se cuenta con los datos iniciales, la metodología propone agrupar a los consumos de acuerdo al tiempo de reaprovisionamiento de cada ítem. Un ejemplo de la agrupación de datos de acuerdo al tiempo de reaprovisionamiento se observa en la Tabla 6, Tabla 8 y en el Anexo C. A partir de estos datos se calcula el inventario óptimo o "tamaño de amortiguador" para cada ítem, con la aplicación de la ecuación [2.5]. Además, basados en la Tabla 3, se puede asumir un valor de  $Z = 2$ , con lo cual se asegura cubrir un 97% de los datos de consumo. El resumen de los tamaños de amortiguador calculados por cada repuesto se observan en la Tabla 9.

Tabla 5.

”

Consumos históricos semanales “filtro de aceite ph-8a p/selladora

Semana	Consumo (und)	Semana	Consumo (und)
1	-	30	-
2	-	31	-
3	-	32	1
4	-	33	-
5	-	34	2
6	-	35	-
7	-	36	-
8	-	37	-
9	-	38	-
10	-	39	-
11	-	40	2
12	-	41	-
13	1	42	-
14	-	43	-
15	-	44	-
16	-	45	-
17	2	46	2
18	-	47	2
19	1	48	1
20	2	49	1
21	-	50	-
22	-	51	-
23	-	52	-
24	1	53	-
25	-	54	-
26	1	55	-
27	1	56	-
28	-	57	-
29	1	58	-

**Tabla 6.***Consumos agrupados por 2 semanas "filtro aceite ph-8a p/selladora"*

Semana	Consumo agrupado (und)	Semana	Consumo agrupado (und)
1	-	30	-
2	-	31	-
3	-	32	-
4	-	33	-
5	-	34	-
6	-	35	-
7	-	36	-
8	-	37	-
9	-	38	1
10	-	39	1
11	-	40	1
12	-	41	-
13	-	42	3
14	-	43	3
15	-	44	6
16	-	45	3
17	-	46	3
18	-	47	-
19	-	48	-
20	-	49	-
21	6	50	-
22	6	51	-
23	6	52	-
24	-	53	-
25	-	54	-
26	-	55	6
27	-	56	6
28	-	57	-
29	-	58	-

Promedio: 0,74 und  
 Desviación estándar: 0,99 und  
 Tamaño Amortiguador =  $0,74 + 2 (0,99) = 2,72$  und

**Tabla 7.***Consumos históricos semanales “pistola presión agua (gunjet assem)”*

<b>Semana</b>	<b>Consumo (und)</b>	<b>Semana</b>	<b>Consumo (und)</b>
1	-	30	-
2	1	31	-
3	-	32	-
4	-	33	-
5	1	34	-
6	-	35	-
7	-	36	-
8	-	37	2
9	-	38	-
10	-	39	1
11	2	40	-
12	-	41	1
13	-	42	-
14	-	43	-
15	-	44	-
16	-	45	-
17	-	46	-
18	-	47	2
19	2	48	-
20	2	49	1
21	-	50	-
22	-	51	-
23	1	52	-
24	-	53	-
25	-	54	-
26	-	55	-
27	-	56	-
28	-	57	-
29	2	58	-

Tabla 8.

Consumos agrupados por 3 semanas "pistola presión agua (gunjet assem)"

Semana	Consumo agrupado (und)	Semana	Consumo agrupado (und)
1	1	30	-
2	1	31	-
3	1	32	-
4	1	33	-
5	1	34	-
6	-	35	2
7	-	36	2
8	-	37	3
9	2	38	1
10	2	39	2
11	2	40	1
12	-	41	1
13	-	42	-
14	-	43	-
15	-	44	-
16	-	45	2
17	2	46	2
18	4	47	3
19	4	48	1
20	2	49	1
21	1	50	-
22	1	51	-
23	1	52	-
24	-	53	-
25	-	54	-
26	-	55	-
27	2	56	-
28	2	57	-
29	2	58	-

Promedio: 0,95 und

Desviación estándar: 1,09 und

Tamaño Amortiguador =  $0,95 + 2 (1,09) = 3,12$  und

**Tabla 9.***Resumen del cálculo de los tamaños de amortiguador*

Ítem	Tiempo reaprovisio- namiento	Consumo agrupado promedio	Desviación estándar	Tamaño de Amortiguador
Filtro de aceite PH-8A P/Selladora	2 sem	0,74	0,99	3
Pistola de presión p/agua (gunjet assem)	3 sem	0,95	1,09	3
Válvula C/R ac/inox 1/2"	2 sem	0,70	0,98	3
Rodamiento 6214-2RS1 C3	3 sem	0,71	0,99	3
Cinta Teflón P/Selladora ultravac 2100-C #884407	2 sem	12,51	14,44	41
Mandril C2610 307 AF Canco 400 Perfil Fadesa	6 sem	0,64	1,21	3
Mandril AF D 307 452- 912-901 FMC 652 (1/2 LB)	6 sem	0,83	1,10	3
Filtro Racor # 2020	2 sem	2,44	1,92	6
Sierra Morse 1 1/4" 42 1.3 BR P/Cort. Prep.	2 sem	4,16	4,85	14
Rodamiento 62302-2RS	3 sem	0,91	1,95	5

**Descripción de la metodología a utilizar**

Basados en la metodología de reposición tipo halar, se va a diseñar el sistema de control de inventario de la bodega de repuestos y en primera instancia se va a probar la eficacia de la metodología de una manera virtual a través de una simulación.

Esta simulación toma los datos históricos de consumo de los repuestos y los tamaños de amortiguador mostrados en la Tabla 9, y a través de una hoja electrónica grafica los inventarios, consumos y tamaños de amortiguador con respecto al tiempo. La gestión del amortiguador, que consiste en incrementar o reducir los tamaños de amortiguador según sea necesario, se realiza de acuerdo a

los siguientes criterios, los cuales salieron del consenso entre los dueños de los procesos:

- Mucho rojo (subir amortiguador): se espera un tiempo de la mitad del tiempo de reaprovisionamiento, o 2 semanas. El más alto de los 2.
- Mucho verde (bajar amortiguador): se espera el tiempo de reaprovisionamiento multiplicado por 3.
- Tiempo de espera: una vez que el amortiguador ha sido incrementado o reducido, se esperan 4 semanas antes de realizar otro cambio.

Los resultados a medir en la simulación son:

- Inventario promedio
- Consumo promedio
- Días de inventario promedio
- Días de desabastecimiento (Días en negro)
- Días de en rojo
- Días en amarillo
- Días en verde
- Días en azul

Con los resultados de la simulación, el próximo paso es realizar una aplicación piloto de la metodología en la bodega de repuestos, en la cual se van a escoger los repuestos relacionados a un área de producción donde han existido problemas en el manejo de estos inventarios.

Para la aplicación piloto se utiliza un formato de registro diario de los inventarios (ver Tabla **10**), que incluye información de:

- Descripción: nombre del repuesto
- Tamaño del amortiguador: se coloca el inventario óptimo calculado
- Inventario físico: indica el inventario real que tiene la bodega
- % Penetración I. Físico: donde se analiza la penetración del inventario físico con respecto al amortiguador. Estas celdas tienen color de acuerdo con el nivel de penetración del amortiguador, tal como lo muestra la Figura 7.
- En tránsito: donde se registran los pedidos de compra realizados y que aún no han llegado.
- Inventario en sistema: es la suma del inventario físico más el inventario en tránsito.
- % Penetración I. Sistema: donde se analiza la penetración del inventario en sistema con respecto al amortiguador. Estas celdas tienen color de acuerdo con el nivel de penetración del amortiguador, tal como lo muestra la Figura 7.
- Pedido sugerido: este campo muestra una sugerencia de compra, que va a depender del inventario del sistema y del amortiguador.



del amortiguador, se decide realizar una orden de compra o no. Esta orden de compra tardará un período igual al “tiempo de reaprovisionamiento”, establecido a cada repuesto, para llegar a la bodega, registrarse como un ingreso físico y sumarlo al inventario.

La simulación de 10 ítems de la bodega de repuestos, que fue realizada en hojas electrónicas que simplificaron su registro y análisis, permitieron realizar los gráficos de monitoreo del inventario de acuerdo a lo expuesto por la metodología de reposición tipo halar. Dichas gráficas están expuestas en las Figura 14 hasta la Figura 23.

La simulación incluye los criterios establecidos para determinar cuándo un repuesto tiene mucho tiempo en rojo (mitad del tiempo de reaprovisionamiento o 2 semanas), mucho verde (3 veces el tiempo de reaprovisionamiento) y los tiempos de espera (4 semanas) antes de realizar cualquier otro cambio del tamaño de amortiguador.









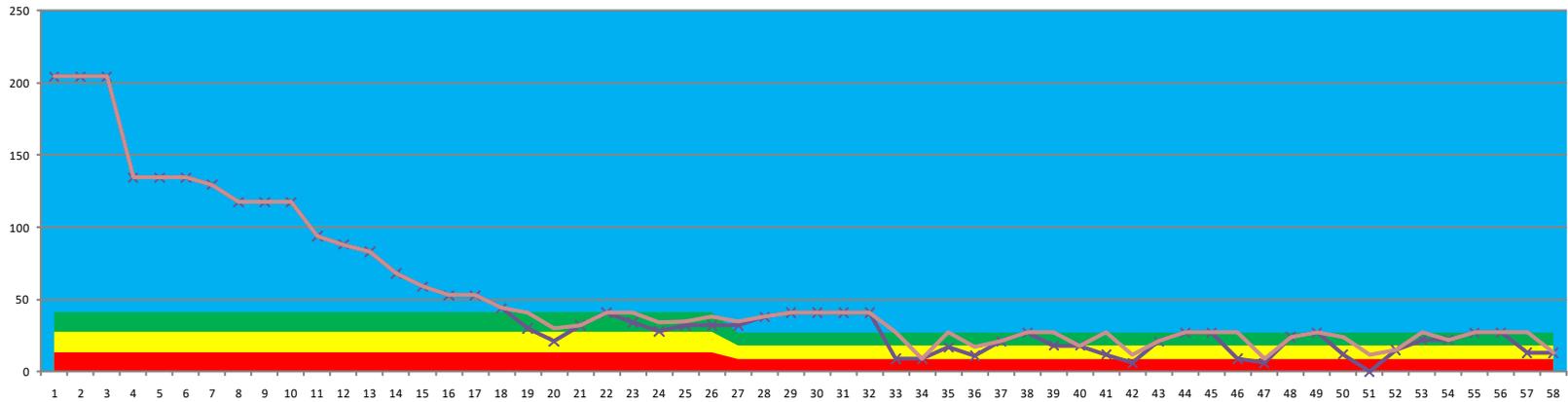
Figura 18:

Simulación cinta teflón p/selladora ultravac 2100 c #884407

SIMULACIÓN APLICACIÓN TOC - BODEGA DE REPUESTOS EUROFISH S.A.

Repuesto: **BG004938** Cinta Teflón P/Selladora ultravac 2100-C #884407 Lead Time: **2** semanas

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	
Consumo Semanal	0	0	70	0	0	5	12	0	0	24	6	5	15	9	6	0	9	14	9	0	0	7	6	3	6	3	0	0	0	0	0	0	32	0	10	6	0	0	9	0	15	6	0	0	0	18	3	0	0	15	15	0	5	0	0	0	14	0	0
Consumo Acumulado	0	70	70	0	5	17	12	0	24	30	11	20	24	15	6	9	23	23	9	0	7	13	9	9	9	3	0	0	0	0	32	32	10	16	6	0	9	9	15	21	6	0	0	18	21	3	0	15	30	15	5	5	0	0	14	14	0	0	
Promedio	12,51		Desviación Std										14,44										Amortiguador						41,00																														



Inventario inicial	##	205	205	135	135	135	130	118	118	118	94	88	83	68	59	53	53	44	30	21	32	41	34	28	32	32	32	38	41	41	41	41	9	9	17	11	21	27	18	18	12	6	21	27	27	9	6	24	27	12	0	15	22	22	27	27	13	13					
Ingresos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	9	0	0	7	6	3	6	3	0	0	0	0	0	18	0	10	6	0	9	0	15	6	0	0	0	18	3	0	0	15	12	0	5	0	0	0	14	0	0				
Consumos	0	0	70	0	0	5	12	0	0	23,5	6	5	15	9	6	0	9	14	9	0	0	7	6	3	6	3	0	0	0	0	0	32	0	10	6	0	0	9	0	15	6	0	0	0	18	3	0	0	15	15	0	5	0	0	0	14	0	0					
x Entregar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Tránsito	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	9	0	0	7	6	3	6	3	0	0	0	0	18	0	10	6	0	9	0	15	6	0	0	0	18	3	0	0	15	12	0	5	0	0	0	14	0	0					
Inv Sistema	##	205	205	135	135	135	130	118	118	118	94	88	83	68	59	53	53	44	41	30	32	41	41	34	35	38	35	38	41	41	41	41	27	9	27	17	21	27	27	18	18	12	21	27	27	9	24	27	24	12	15	27	22	27	27	27	13	13					
Pedido	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	9	0	0	7	6	3	6	3	0	0	0	0	18	0	10	6	0	9	0	15	6	0	0	0	18	3	0	0	15	12	0	5	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0











Tabla 11.

Resumen de resultados de la simulación

	Inventario promedio (und)	Consumo promedio (und)	Semanas inventario	Semana en Azul		Semana en Verde		Semana en Amarillo		Semana en Rojo		Semana en Negro	
				# Sem	%	# Sem	%	# Sem	%	# Sem	%	# Sem	%
<b>Filtro de aceite PH -8A P/Selladora</b>	2,22	0,36	6,14	7,00	12%	28,00	48%	9,00	16%	10,00	17%	4,00	7%
<b>Pistola de presión p/agua ( gunjet assem)</b>	3,34	0,31	10,78	0,00	0%	32,00	55%	20,00	34%	0,00	0%	6,00	10%
<b>Válvula C/R ac/inox 1/2"</b>	1,84	0,34	5,35	11,00	19%	25,00	43%	6,00	10%	7,00	12%	9,00	16%
<b>Rodamiento 6214-2RS1 C3</b>	2,67	0,24	11,07	6,00	10%	33,00	57%	6,00	10%	7,00	12%	6,00	10%
<b>Cinta Teflón P/Selladora ultravac 2100-C #884407</b>	51,12	6,15	8,32	24,00	41%	18,00	31%	10,00	17%	5,00	9%	1,00	2%
<b>Mandril C2610 307 AF Canco 400 Perfil Fadesa</b>	2,71	0,10	26,17	4,00	7%	38,00	66%	3,00	5%	7,00	12%	6,00	10%
<b>Mandril AF D 307 452-912-901 FMC 652 (1/2 LB)</b>	3,91	0,14	28,38	40,00	69%	9,00	16%	1,00	2%	2,00	3%	6,00	10%
<b>Filtro Racor # 2020</b>	5,03	1,21	4,17	13,00	22%	13,00	22%	15,00	26%	11,00	19%	6,00	10%
<b>Sierra Morse 1 1/4" 42 1.3 BR P/Cort. Prep.</b>	17,55	2,07	8,48	28,00	48%	17,00	29%	3,00	5%	7,00	12%	3,00	5%
<b>Rodamiento 62302-2RS</b>	5,10	0,33	15,58	19,00	33%	26,00	45%	4,00	7%	3,00	5%	6,00	10%

El resumen de los resultados de la simulación están expuestos en la Tabla 11, donde se muestran los inventarios promedio y las semanas de desabastecimiento (semanas en negro) que se alcanzan con la aplicación de la metodología TOC. Adicionalmente se muestra el tiempo que cada repuesto se mantuvo en los diferentes estados del amortiguador. Se observa que la mayoría de repuestos de la simulación pasan de un 50% a un 75% entre verde y amarillo, con excepción de los repuestos cuyo inventario inicial fue demasiado alto (Mandril AF D y Sierra Morse) lo que provocó que pasen más tiempo en azul hasta que lleguen a alcanzar su nivel de inventario deseado.

En lo referente a evitar que ocurran desabastecimientos, estos resultados muestran la efectividad que tiene la metodología, ya que, durante las 58 semanas de análisis, únicamente se evidenciaron desabastecimientos menores del 10% en casi todos los repuestos. Esto quiere decir que la metodología aplicada por sí sola garantiza una disponibilidad mínima del 90% de los repuestos. Inclusive se evidencia en 2 ítems una disponibilidad del 95% o más, demostrando la efectividad de la aplicación.

Con estos resultados positivos se demostró al personal involucrado con la bodega de repuestos, al personal de mantenimiento y al personal de compras que la metodología TOC puede dar los resultados buscados. Esto sirvió de base para infundir confianza en el personal y promover el compromiso de todos los participantes en la implementación de esta metodología.

### **Estudio piloto**

Para comprobar la factibilidad de aplicación de la metodología y los resultados que esta brinda, se planteó realizar un estudio piloto con los repuestos asignados a los equipos y maquinarias del área productiva de las “Cerradoras de

latas". Se ha escogido esta área debido a que sus equipos están registrados como equipos vitales y constan en el listado de la Tabla 4.

Además en esta área generalmente se han observado problemas para adquirir los repuestos de sus equipos.

Alrededor de 45 repuestos que maneja la bodega están asignados a esta área productiva, y para llevar un control preciso de los inventarios se va a manejar el registro mostrado en la Tabla 10. El estudio piloto se lleva a cabo en un período de 8 semanas, dentro de las cuales se gestiona el inventario, las compras y los tamaños de amortiguador de todos estos repuestos de acuerdo con la metodología de reposición tipo halar.

En las Tabla 12 hasta la Tabla 15 y en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestran los registros diarios del plan piloto, donde se observa los siguientes beneficios de la aplicación:

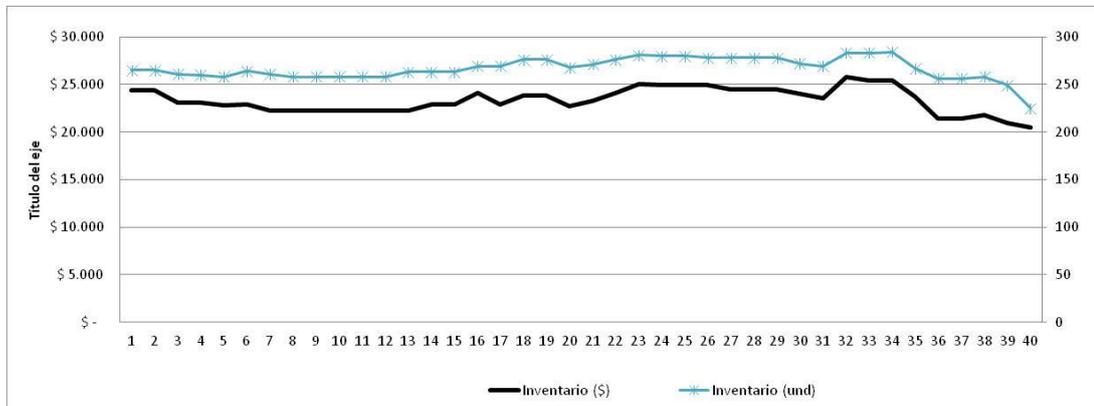
- Se ha establecido un objetivo de inventario óptimo para cada ítem.
- El control visual por colores permite priorizar la gestión de compras, lo cual agilitó el proceso.
- Al compartir a diario la información entre el bodeguero y el personal de mantenimiento, se coordinan las acciones entre las áreas para hacer más eficiente su operación.
- Al visualizar los ítems cuyo inventario físico se encuentra en "rojo", se establecen estrategias con los proveedores para agilizar su tiempo de compra.
- El valor económico del inventario final del estudio se ha reducido en un 15% con respecto al inventario inicial antes del arranque, tal como lo muestra la Figura 24.
- En este estudio piloto, se arrancó con 17 ítems en azul, es decir con inventario excesivo. De estos ítems, únicamente 5 tuvieron un consumo que

redujo su inventario por debajo del tamaño de amortiguador. Es decir, que en un tiempo prudente, se puede reducir inclusive más el capital invertido en el inventario de esta bodega ya que no se van a realizar compras de los ítems que aún se quedaron en azul.

- Aunque varios ítems estuvieron en negro permanentemente, no todos representaron un incumplimiento a la demanda. Únicamente los 3 ítems que arrancaron en negro representaron un incumplimiento a la necesidad de repuestos del departamento de mantenimiento. Esto cual demuestra la eficacia de la metodología para asegurar la disponibilidad de los ítems controlados.

**Figura 24:**

*Registro diario del total del inventario piloto*



Algunos de los gráficos de monitoreo diario de cada inventario se observan en la Figura 25 hasta la Figura 29, donde se observa de forma gráfica los distintos comportamientos que tuvieron varios ítems durante el período de la aplicación piloto de la metodología de reposición tipo halar.

### **Evaluación financiera**

La teoría de restricciones TOC, que propone que la meta de las organizaciones es asegurar su rentabilidad, indica que son 3 indicadores financieros que deben ser monitoreados constantemente para alcanzar esta meta: a) tróput, b) gastos de operación y c) inventario (o inversión).<sup>7</sup>

<sup>7</sup> Ver Capítulo 2: La teoría de restricciones TOC

Tabla 12.

Registro diario prueba piloto - día 1-2

**CONTROL DE INVENTARIO DIARIO - BODEGA DE REPUESTOS**  
Prueba piloto: Implantación TOC

Día Prueba: **1**

Código	Detalle	T. Amort	Inv Físico	PA Inv Fís	Ingreso	Consumo	Tránsito	Inv. Siste	PA Inv Sis	Pedido sugerido
BG003992	mandril tapa plana diámetro 307 fadese	3	0	100%	0	0	0	0	100%	3
BG008928	mandril diámetro 603 tapa plana	2	0	100%	0	0	0	0	100%	2
BG007492	Rodamiento 6202-2RS1C/3	3	0	100%	0	0	0	0	100%	3
BG004713	Head seaming piñón 10P #5566	6	1	83%	0	0	1	83%	3	5
BG015904	Mandril tapa plana diámetro 211 (Crown)	6	1	83%	0	0	1	83%	5	5
BG012838	mandril abre fácil diámetro 211 Inesa Chile	5	1	80%	0	0	0	1	80%	4
BG006684	mandriles abre fácil diámetro 307 San Marino	4	1	75%	0	0	0	1	75%	3
BG006063	ejes excéntricos de primera operación	8	2	75%	0	0	0	2	75%	6
BG004714	Head seaming piñón ZOP #5567	4	1	75%	0	0	0	1	75%	3
BG016058	Rodamiento 520822	3	1	67%	0	0	0	1	67%	2
BG004709	Seaming piñón bushing 10P 5961	5	2	60%	0	0	0	2	60%	3
BG014257	rulinas de segunda operación # 5 -15	10	5	50%	0	0	0	5	50%	5
BG009144	rodamientos # 62302-2RS	6	3	50%	0	0	0	3	50%	3
BG006064	ejes excéntricos de segunda operación	8	4	50%	0	0	0	4	50%	4
BG008926	rulinas de primera operación # 150-160	2	1	50%	0	0	0	1	50%	1
BG006299	Retenedor 25X35X6 MM	12	6	50%	0	0	0	6	50%	6
BG013795	rulinas de primera operación # 658-3	6	5	17%	0	0	0	5	17%	1
BG012724	piñón FMC 652.000.915	1	1	0%	0	0	0	1	0%	0
BG006741	piñones del repartidor de tapa #652-000-904	3	3	0%	0	0	0	3	0%	0
BG003021	Regulador de lifter p/selladora	2	2	0%	0	0	0	2	0%	0
BG013328	Muelle presión 44454 SOME 320AA	2	2	0%	0	0	0	2	0%	0
BG013497	Pin cerradora	4	4	0%	0	0	0	4	0%	0
BG014422	mandriles abre fácil diámetro 307 Global	2	2	0%	0	0	0	2	0%	0
BG016869	anillos para rulinas XN-10411	8	8	0%	0	0	0	8	0%	0
BG015870	Anillos para rulinas 10410	8	8	0%	0	0	0	8	0%	0
BG003866	Rodamiento A-1561 HG 933316 p/ruлина ZOP	8	8	0%	0	0	0	8	0%	0
BG003876	Rodamiento A-1560 93216 p/ruлина 10P	8	8	0%	0	0	0	8	0%	0
BG008940	rulinas de primera operación # 658-3	4	4	0%	0	0	0	4	0%	0
BG014780	platos base FMC diámetro 307	5	6	-20%	0	0	0	6	-20%	0
BG014171	mandril abre fácil diámetro 211 Universal México	6	8	-33%	0	0	0	8	-33%	0
BG014447	rulinas de primera operación de titanio#12000	2	3	-50%	0	0	0	3	-50%	0
BG008942	mandril tapa plana diámetro 401 Enlit	2	3	-50%	0	0	0	3	-50%	0
BG008927	Rulina ZOP sommes - 320 150/160C COM2	2	3	-50%	0	0	0	3	-50%	0
BG013440	Resorte de acero aspiral	5	8	-60%	0	0	0	8	-60%	0
BG010043	mandriles abre fácil diámetro 307 Fadese	2	4	-100%	0	0	0	4	-100%	0
BG008941	rulinas de segunda operación # 5 -15-2	4	8	-100%	0	0	0	8	-100%	0
BG010042	mandril abre fácil diámetro 307 Fadese	3	6	-100%	0	0	0	6	-100%	0
BG003877	Anillos (G) separador de rulina	8	16	-100%	0	0	0	16	-100%	0
BG008929	Guía de latas	1	2	-100%	0	0	0	2	-100%	0
BG006577	mandriles tapa plana D307 452-912-901	3	9	-200%	0	0	0	9	-200%	0
BG003987	rulinas de primera operación R1-758-8	2	6	-200%	0	0	0	6	-200%	0
BG012613	Gomas llenadoras al vacío LFFMC-006-065	22	82	-273%	0	0	0	82	-273%	0
BG016586	sin fin en acero inoxidable diámetro 307	1	4	-300%	0	0	0	4	-300%	0
BG013652	Resorte de lifter	1	4	-300%	0	0	0	4	-300%	0
BG013902	Cuerpo válvula de vacío 65MM	1	9	-800%	0	0	0	9	-800%	0

**CONTROL DE INVENTARIO DIARIO - BODEGA DE REPUESTOS**  
Prueba piloto: Implantación TOC

Día Prueba: **2**

Código	Detalle	T. Amort	Inv Físico	PA Inv Fís	Ingreso	Consumo	Tránsito	Inv. Siste	PA Inv Sis	Pedido sugerido	
BG003992	mandril tapa plana diámetro 307 fadese	3	0	100%	0	0	0	3	0%	0	
BG008928	mandril diámetro 603 tapa plana	2	0	100%	0	0	0	2	2	0%	0
BG007492	Rodamiento 6202-2RS1C/3	3	0	100%	0	0	0	3	0	0%	0
BG004713	Head seaming piñón 10P #5566	6	1	83%	0	0	0	5	6	0%	0
BG015904	Mandril tapa plana diámetro 211 (Crown)	6	1	83%	0	0	0	5	6	0%	0
BG012838	mandril abre fácil diámetro 211 Inesa Chile	5	1	80%	0	0	0	4	5	0%	0
BG006684	mandriles abre fácil diámetro 307 San Marino	4	1	75%	0	0	0	3	4	0%	0
BG006063	ejes excéntricos de primera operación	8	2	75%	0	0	0	6	8	0%	0
BG004714	Head seaming piñón ZOP #5567	4	1	75%	0	0	0	3	4	0%	0
BG016058	Rodamiento 520822	3	1	67%	0	0	0	2	3	0%	0
BG004709	Seaming piñón bushing 10P 5961	5	2	60%	0	0	0	3	5	0%	0
BG014257	rulinas de segunda operación # 5 -15	10	5	50%	0	0	0	5	5	0%	5
BG009144	rodamientos # 62302-2RS	6	3	50%	0	0	0	3	0	100%	6
BG006064	ejes excéntricos de segunda operación	8	4	50%	0	0	0	4	4	50%	4
BG008926	rulinas de primera operación # 150-160	2	1	50%	0	0	0	1	1	50%	1
BG006299	Retenedor 25X35X6 MM	12	6	50%	0	0	0	6	6	50%	6
BG013795	rulinas de primera operación # 658-3	6	5	17%	0	0	0	5	5	17%	1
BG012724	piñón FMC 652.000.915	1	1	0%	0	0	0	1	0	0%	0
BG006741	piñones del repartidor de tapa #652-000-904	3	3	0%	0	0	0	3	0	0%	0
BG003021	Regulador de lifter p/selladora	2	2	0%	0	0	0	2	0	0%	0
BG013328	Muelle presión 44454 SOME 320AA	2	2	0%	0	0	0	2	0	0%	0
BG013497	Pin cerradora	4	4	0%	0	0	0	4	0	0%	0
BG014422	mandriles abre fácil diámetro 307 Global	2	2	0%	0	0	0	2	0	0%	0
BG016869	anillos para rulinas XN-10411	8	8	0%	0	0	0	8	0	0%	0
BG015870	Anillos para rulinas 10410	8	8	0%	0	0	0	8	0	0%	0
BG003866	Rodamiento A-1561 HG 933316 p/ruлина ZOP	8	8	0%	0	0	0	8	0	0%	0
BG003876	Rodamiento A-1560 93216 p/ruлина 10P	8	8	0%	0	0	0	8	0	0%	0
BG008940	rulinas de primera operación # 658-3	4	4	0%	0	0	0	4	0	0%	0
BG014780	platos base FMC diámetro 307	5	6	-20%	0	0	0	6	-20%	0	0
BG014171	mandril abre fácil diámetro 211 Universal México	6	8	-33%	0	0	0	8	-33%	0	0
BG014447	rulinas de primera operación de titanio#12000	2	3	-50%	0	0	0	3	-50%	0	0
BG008942	mandril tapa plana diámetro 401 Enlit	2	3	-50%	0	0	0	3	-50%	0	0
BG008927	Rulina ZOP sommes - 320 150/160C COM2	2	3	-50%	0	0	0	3	-50%	0	0
BG013440	Resorte de acero aspiral	5	8	-60%	0	0	0	8	-60%	0	0
BG010043	mandriles abre fácil diámetro 307 Fadese	2	4	-100%	0	0	0	4	-100%	0	0
BG008941	rulinas de segunda operación # 5 -15-2	4	8	-100%	0	0	0	8	-100%	0	0
BG010042	mandril abre fácil diámetro 307 Fadese	3	6	-100%	0	0	0	6	-100%	0	0
BG003877	Anillos (G) separador de rulina	8	16	-100%	0	0	0	16	-100%	0	0
BG008929	Guía de latas	1	2	-100%	0	0	0	2	-100%	0	0
BG006577	mandriles tapa plana D307 452-912-901	3	9	-200%	0	0	0	9	-200%	0	0
BG003987	rulinas de primera operación R1-758-8	2	6	-200%	0	0	0	6	-200%	0	0
BG012613	Gomas llenadoras al vacío LFFMC-006-065	22	82	-273%	0	0	0	82	-273%	0	0
BG016586	sin fin en acero inoxidable diámetro 307	1	4	-300%	0	0	0	4	-300%	0	0
BG013652	Resorte de lifter	1	4	-300%	0	0	0	4	-300%	0	0
BG013902	Cuerpo válvula de vacío 65MM	1	9	-800%	0	0	0	9	-800%	0	0

Tabla 13.

Registro diario prueba piloto - día 3-4

**CONTROL DE INVENTARIO DIARIO - BODEGA DE REPUESTOS**  
Prueba piloto: Implantación TOC

Día Prueba: **3**

Código	Detalle	T. Amort	Inv Físico	PA Inv Fís	Ingreso	Consumo	Tránsito	Inv. Siste	PA Inv Sis	Pedido sugerido
BG003992	mandril tapa plana diámetro 307 fadesa	3	0	100%	0	0	3	3	0%	0
BG008928	mandril diámetro 603 tapa plana	2	0	100%	0	0	2	2	0%	0
BG007492	Rodamiento 6202-2RS1C/3	3	0	100%	0	0	3	3	0%	0
BG009144	rodamientos # 62302-2RS	6	0	100%	0	0	6	6	0%	0
BG004713	Head seaming piñón 10P #5566	6	1	83%	0	0	5	6	0%	0
BG016904	Mandril tapa plana diámetro 211 (Crown)	6	1	83%	0	0	5	6	0%	0
BG012838	mandril abre fácil diámetro 211 Inesa Chile	5	1	80%	0	0	4	5	0%	0
BG006684	mandriles abre fácil diámetro 307 San Marino	4	1	75%	0	0	3	4	0%	0
BG006063	ejes excéntricos de primera operación	8	2	75%	0	0	6	8	0%	0
BG004714	Head seaming piñón 20P #5567	4	1	75%	0	0	3	4	0%	0
BG016058	Rodamiento 52082Z	3	1	67%	0	0	2	3	0%	0
BG004709	Seaming piñón bushing 10P 5961	5	2	60%	0	0	3	5	0%	0
BG014257	ruñinas de segunda operación # 5 -15	10	5	50%	0	0	5	10	0%	0
BG006064	ejes excéntricos de segunda operación	8	4	50%	0	0	4	8	0%	0
BG008926	ruñinas de primera operación # 150-160	2	1	50%	0	0	1	2	0%	0
BG006299	Retenedor 25X35X6 MM	12	6	50%	0	0	6	12	0%	0
BG013795	ruñinas de primera operación # 658-3	6	5	17%	0	0	1	6	0%	0
BG012724	piñón FMC 652.000.915	1	1	0%	0	0	0	1	0%	0
BG006741	piñones del repartidor de tapa #652-000-904	3	3	0%	0	0	0	3	0%	0
BG003021	Regulador de lifter p/selladora	2	2	0%	0	0	0	2	0%	0
BG013328	Muelle presión 44454 SOME 320AA	2	2	0%	0	0	1	0	50%	1
BG013497	Pin cerradora	4	4	0%	0	0	0	4	0%	0
BG014422	mandriles abre fácil diámetro 307 Global	2	2	0%	0	0	0	2	0%	0
BG016869	anillos para ruñinas XN-10411	8	8	0%	0	0	0	8	0%	0
BG016870	Anillos para ruñinas 10410	8	8	0%	0	0	0	8	0%	0
BG003866	Rodamiento A-1561 HG 933316 p/ruñina 20P	8	8	0%	0	0	0	8	0%	0
BG003876	Rodamiento A-1560 93216 p/ruñina 10P	8	8	0%	0	0	0	8	0%	0
BG008940	ruñinas de primera operación # 658-3	4	4	0%	0	0	0	4	0%	0
BG014780	platos base FMC diámetro 307	5	6	-20%	0	0	0	6	-20%	0
BG014171	mandril abre fácil diámetro 211 Universal México	6	8	-33%	0	0	0	8	-33%	0
BG014447	ruñinas de primera operación de titanio#12000	2	3	-50%	0	0	0	3	-50%	0
BG008942	mandril tapa plana diámetro 401 Enlit	2	3	-50%	0	0	0	3	-50%	0
BG008927	Ruñina 20P sommes - 320 150/160C COM2	2	3	-50%	0	0	0	3	-50%	0
BG013440	Resorte de acero aspiral	5	8	-60%	0	0	0	8	-60%	0
BG010043	mandriles abre fácil diámetro 307 Fadesa	2	4	-100%	0	0	0	4	-100%	0
BG008941	ruñinas de segunda operación # 5 -15-2	4	8	-100%	0	0	0	8	-100%	0
BG010042	mandril abre fácil diámetro 307 Fadesa	3	6	-100%	0	0	0	6	-100%	0
BG003877	Anillos (G) separador de ruñina	8	16	-100%	0	0	0	16	-100%	0
BG008929	Guía de latas	1	2	-100%	0	0	0	2	-100%	0
BG006577	mandriles tapa plana D307 452-912-901	3	9	-200%	0	0	0	9	-200%	0
BG003987	ruñinas de primera operación R1-758-8	2	6	-200%	0	0	0	6	-200%	0
BG016586	sin fin en acero inoxidable diámetro 307	1	3	-200%	0	0	0	3	-200%	0
BG012613	Gomas llenadoras al vacío LLFMC-006-065	22	82	-273%	0	0	0	82	-273%	0
BG013652	Resorte de lifter	1	4	-300%	0	0	0	4	-300%	0
BG013902	Cuerpo válvula de vacío 65MM	1	9	-800%	0	0	0	9	-800%	0

**CONTROL DE INVENTARIO DIARIO - BODEGA DE REPUESTOS**  
Prueba piloto: Implantación TOC

Día Prueba: **4**

Código	Detalle	T. Amort	Inv Físico	PA Inv Fís	Ingreso	Consumo	Tránsito	Inv. Siste	PA Inv Sis	Pedido sugerido
BG003992	mandril tapa plana diámetro 307 fadesa	3	0	100%	0	0	3	3	0%	0
BG008928	mandril diámetro 603 tapa plana	2	0	100%	0	0	2	2	0%	0
BG007492	Rodamiento 6202-2RS1C/3	3	0	100%	0	0	3	3	0%	0
BG009144	rodamientos # 62302-2RS	6	0	100%	0	0	6	6	0%	0
BG004713	Head seaming piñón 10P #5566	6	1	83%	0	0	5	6	0%	0
BG016904	Mandril tapa plana diámetro 211 (Crown)	6	1	83%	0	0	5	6	0%	0
BG012838	mandril abre fácil diámetro 211 Inesa Chile	5	1	80%	0	0	4	5	0%	0
BG006684	mandriles abre fácil diámetro 307 San Marino	4	1	75%	0	0	3	4	0%	0
BG006063	ejes excéntricos de primera operación	8	2	75%	0	0	6	8	0%	0
BG004714	Head seaming piñón 20P #5567	4	1	75%	0	0	3	4	0%	0
BG016058	Rodamiento 52082Z	3	1	67%	0	0	2	3	0%	0
BG004709	Seaming piñón bushing 10P 5961	5	2	60%	0	0	3	5	0%	0
BG014257	ruñinas de segunda operación # 5 -15	10	5	50%	0	0	5	10	0%	0
BG006064	ejes excéntricos de segunda operación	8	4	50%	0	0	4	8	0%	0
BG008926	ruñinas de primera operación # 150-160	2	1	50%	0	0	1	2	0%	0
BG006299	Retenedor 25X35X6 MM	12	6	50%	0	0	6	12	0%	0
BG013328	Muelle presión 44454 SOME 320AA	2	1	50%	0	0	1	2	0%	0
BG013795	ruñinas de primera operación # 658-3	6	5	17%	0	0	1	6	0%	0
BG012724	piñón FMC 652.000.915	1	1	0%	0	0	0	1	0%	0
BG006741	piñones del repartidor de tapa #652-000-904	3	3	0%	0	0	0	3	0%	0
BG003021	Regulador de lifter p/selladora	2	2	0%	0	0	0	2	0%	0
BG013497	Pin cerradora	4	4	0%	0	0	0	4	0%	0
BG014422	mandriles abre fácil diámetro 307 Global	2	2	0%	0	0	0	2	0%	0
BG016869	anillos para ruñinas XN-10411	8	8	0%	0	0	0	8	0%	0
BG016870	Anillos para ruñinas 10410	8	8	0%	0	0	0	8	0%	0
BG003866	Rodamiento A-1561 HG 933316 p/ruñina 20P	8	8	0%	0	0	0	8	0%	0
BG003876	Rodamiento A-1560 93216 p/ruñina 10P	8	8	0%	0	0	0	8	0%	0
BG008940	ruñinas de primera operación # 658-3	4	4	0%	0	0	0	4	0%	0
BG014780	platos base FMC diámetro 307	5	6	-20%	0	0	0	6	-20%	0
BG014171	mandril abre fácil diámetro 211 Universal México	6	8	-33%	0	0	0	8	-33%	0
BG014447	ruñinas de primera operación de titanio#12000	2	3	-50%	0	0	0	3	-50%	0
BG008942	mandril tapa plana diámetro 401 Enlit	2	3	-50%	0	0	0	3	-50%	0
BG008927	Ruñina 20P sommes - 320 150/160C COM2	2	3	-50%	0	0	0	3	-50%	0
BG013440	Resorte de acero aspiral	5	8	-60%	0	0	0	8	-60%	0
BG010043	mandriles abre fácil diámetro 307 Fadesa	2	4	-100%	0	0	0	4	-100%	0
BG008941	ruñinas de segunda operación # 5 -15-2	4	8	-100%	0	0	0	8	-100%	0
BG010042	mandril abre fácil diámetro 307 Fadesa	3	6	-100%	0	0	0	6	-100%	0
BG003877	Anillos (G) separador de ruñina	8	16	-100%	0	0	0	16	-100%	0
BG008929	Guía de latas	1	2	-100%	0	0	0	2	-100%	0
BG006577	mandriles tapa plana D307 452-912-901	3	9	-200%	0	0	0	9	-200%	0
BG003987	ruñinas de primera operación R1-758-8	2	6	-200%	0	0	0	6	-200%	0
BG016586	sin fin en acero inoxidable diámetro 307	1	3	-200%	0	0	0	3	-200%	0
BG012613	Gomas llenadoras al vacío LLFMC-006-065	22	82	-273%	0	0	0	82	-273%	0
BG013652	Resorte de lifter	1	4	-300%	0	0	0	4	-300%	0
BG013902	Cuerpo válvula de vacío 65MM	1	9	-800%	0	0	0	9	-800%	0

Tabla 14.

Registro diario prueba piloto - día 5-6

**CONTROL DE INVENTARIO DIARIO - BODEGA DE REPUESTOS**  
Prueba piloto: Implantación TOC

Día Prueba: **5**

Código	Detalle	T. Amort	Inv Físico	PA Inv Fís	Ingreso	Consumo	Tránsito	Inv. Siste	PA Inv Sis	Pedido sugerido
BG003992	mandril tapa plana diámetro 307 fadesa	3	0	100%	0	0	3	3	0%	0
BG008928	mandril diámetro 603 tapa plana	2	0	100%	0	0	2	2	0%	0
BG007492	Rodamiento 6202-2RS1C/3	3	0	100%	0	0	3	3	0%	0
BG009144	rodamientos # 62302-2RS	6	0	100%	6	0	6	12	-100%	0
BG004713	Head seaming piñón 10P #5566	6	1	83%	0	0	5	6	0%	0
BG016904	Mandril tapa plana diámetro 211 (Crown)	6	1	83%	0	0	5	6	0%	0
BG012838	mandril abre fácil diámetro 211 Inesa Chile	5	1	80%	0	0	4	5	0%	0
BG006684	mandriles abre fácil diámetro 307 San Marino	4	1	75%	0	0	3	4	0%	0
BG006063	ejes excéntricos de primera operación	8	2	75%	0	0	6	8	0%	0
BG004714	Head seaming piñón 20P #5567	4	1	75%	0	0	3	4	0%	0
BG016058	Rodamiento 520822	3	1	67%	0	0	2	3	0%	0
BG004709	Seaming piñón bushing 10P 5961	5	2	60%	0	0	3	5	0%	0
BG014257	ruinas de segunda operación # 5 -15	10	5	50%	0	0	5	10	0%	0
BG006064	ejes excéntricos de segunda operación	8	4	50%	0	0	4	8	0%	0
BG008926	ruinas de primera operación # 150-160	2	1	50%	0	0	1	2	0%	0
BG006299	Retenedor 25X35X6 MM	12	6	50%	0	0	6	12	0%	0
BG013328	Muelle presión 44454 SOME 320AA	2	1	50%	0	0	1	2	0%	0
BG013795	ruinas de primera operación # 658-3	6	5	17%	0	0	1	6	0%	0
BG012724	piñón FMC 652.000.915	1	1	0%	0	0	0	1	0%	0
BG006741	piñones del repartidor de tapa #652-000-904	3	3	0%	0	0	0	3	0%	0
BG003021	Regulador de lifter p/selladora	2	2	0%	0	0	0	2	0%	0
BG013497	Pin cerradora	4	4	0%	0	0	0	4	0%	0
BG014422	mandriles abre fácil diámetro 307 Global	2	2	0%	0	0	0	2	0%	0
BG016869	anillos para ruinas XN-10411	8	8	0%	0	0	0	8	0%	0
BG016870	Anillos para ruinas 10410	8	8	0%	0	0	0	8	0%	0
BG003866	Rodamiento A-1561 HG 933316 p/ruina 20P	8	8	0%	0	0	0	8	0%	0
BG003876	Rodamiento A-1560 93216 p/ruina 10P	8	8	0%	0	0	0	8	0%	0
BG008940	ruinas de primera operación # 658-3	4	4	0%	0	0	0	4	0%	0
BG010043	mandriles abre fácil diámetro 307 Fadesa	2	2	0%	0	0	0	2	0%	0
BG014780	platos base FMC diámetro 307	5	6	-20%	0	0	0	6	-20%	0
BG014171	mandril abre fácil diámetro 211 Universal México	6	8	-33%	0	0	0	8	-33%	0
BG014447	ruinas de primera operación de titanio#12000	2	3	-50%	0	0	0	3	-50%	0
BG008942	mandril tapa plana diámetro 401 Enlit	2	3	-50%	0	0	0	3	-50%	0
BG008927	Rulina 20P sommes - 320 150/160C COM2	2	3	-50%	0	0	0	3	-50%	0
BG013440	Resorte de acero aspiral	5	8	-60%	0	0	0	8	-60%	0
BG008941	ruinas de segunda operación # 5 -15-2	4	8	-100%	0	0	0	8	-100%	0
BG010042	mandril abre fácil diámetro 307 Fadesa	3	6	-100%	0	0	0	6	-100%	0
BG003877	Anillos (G) separador de rulina	8	16	-100%	0	0	0	16	-100%	0
BG008929	Guía de latas	1	2	-100%	0	0	0	2	-100%	0
BG006577	mandriles tapa plana D307 452-912-901	3	9	-200%	0	0	0	9	-200%	0
BG003987	ruinas de primera operación R1-758-8	2	6	-200%	0	0	0	6	-200%	0
BG016586	sin fin en acero inoxidable diámetro 307	1	3	-200%	0	0	0	3	-200%	0
BG012613	Gomas llenadoras al vacío LLFMC-006-065	22	82	-273%	0	0	0	82	-273%	0
BG013652	Resorte de lifter	1	4	-300%	0	0	0	4	-300%	0
BG013902	Cuerpo válvula de vacío 65MM	1	9	-800%	0	0	0	9	-800%	0

**CONTROL DE INVENTARIO DIARIO - BODEGA DE REPUESTOS**  
Prueba piloto: Implantación TOC

Día Prueba: **6**

Código	Detalle	T. Amort	Inv Físico	PA Inv Fís	Ingreso	Consumo	Tránsito	Inv. Siste	PA Inv Sis	Pedido sugerido
BG003992	mandril tapa plana diámetro 307 fadesa	3	0	100%	0	0	3	3	0%	0
BG008928	mandril diámetro 603 tapa plana	2	0	100%	0	0	2	2	0%	0
BG007492	Rodamiento 6202-2RS1C/3	3	0	100%	0	0	3	3	0%	0
BG004713	Head seaming piñón 10P #5566	6	1	83%	0	0	5	6	0%	0
BG016904	Mandril tapa plana diámetro 211 (Crown)	6	1	83%	0	0	5	6	0%	0
BG012838	mandril abre fácil diámetro 211 Inesa Chile	5	1	80%	0	0	4	5	0%	0
BG006684	mandriles abre fácil diámetro 307 San Marino	4	1	75%	0	0	3	4	0%	0
BG006063	ejes excéntricos de primera operación	8	2	75%	0	0	6	8	0%	0
BG004714	Head seaming piñón 20P #5567	4	1	75%	0	0	3	4	0%	0
BG016058	Rodamiento 520822	3	1	67%	0	0	2	3	0%	0
BG004709	Seaming piñón bushing 10P 5961	5	2	60%	0	0	3	5	0%	0
BG014257	ruinas de segunda operación # 5 -15	10	5	50%	0	0	5	10	0%	0
BG006064	ejes excéntricos de segunda operación	8	4	50%	0	0	4	8	0%	0
BG008926	ruinas de primera operación # 150-160	2	1	50%	0	0	1	2	0%	0
BG006299	Retenedor 25X35X6 MM	12	6	50%	0	0	6	12	0%	0
BG013328	Muelle presión 44454 SOME 320AA	2	1	50%	0	0	1	2	0%	0
BG013795	ruinas de primera operación # 658-3	6	5	17%	0	0	1	6	0%	0
BG009144	rodamientos # 62302-2RS	6	6	0%	0	0	0	12	-100%	0
BG012724	piñón FMC 652.000.915	1	1	0%	0	0	0	1	0%	0
BG006741	piñones del repartidor de tapa #652-000-904	3	3	0%	0	0	0	3	0%	0
BG003021	Regulador de lifter p/selladora	2	2	0%	0	0	0	2	0%	0
BG013497	Pin cerradora	4	4	0%	0	0	0	4	0%	0
BG014422	mandriles abre fácil diámetro 307 Global	2	2	0%	0	0	0	2	0%	2
BG016869	anillos para ruinas XN-10411	8	8	0%	0	0	0	8	0%	0
BG016870	Anillos para ruinas 10410	8	8	0%	0	0	0	8	0%	0
BG003866	Rodamiento A-1561 HG 933316 p/ruina 20P	8	8	0%	0	0	0	8	0%	0
BG003876	Rodamiento A-1560 93216 p/ruina 10P	8	8	0%	0	0	0	8	0%	0
BG008940	ruinas de primera operación # 658-3	4	4	0%	0	0	0	4	0%	0
BG010043	mandriles abre fácil diámetro 307 Fadesa	2	2	0%	0	0	0	2	0%	0
BG014780	platos base FMC diámetro 307	5	6	-20%	0	0	0	6	-20%	0
BG014171	mandril abre fácil diámetro 211 Universal México	6	8	-33%	0	0	0	8	-33%	0
BG014447	ruinas de primera operación de titanio#12000	2	3	-50%	0	0	0	3	-50%	0
BG008942	mandril tapa plana diámetro 401 Enlit	2	3	-50%	0	0	0	3	-50%	0
BG008927	Rulina 20P sommes - 320 150/160C COM2	2	3	-50%	0	0	0	3	-50%	0
BG013440	Resorte de acero aspiral	5	8	-60%	0	0	0	8	-60%	0
BG008941	ruinas de segunda operación # 5 -15-2	4	8	-100%	0	0	0	8	-100%	0
BG010042	mandril abre fácil diámetro 307 Fadesa	3	6	-100%	0	0	0	6	-100%	0
BG003877	Anillos (G) separador de rulina	8	16	-100%	0	0	0	16	-100%	0
BG008929	Guía de latas	1	2	-100%	0	0	0	2	-100%	0
BG006577	mandriles tapa plana D307 452-912-901	3	9	-200%	0	0	0	9	-200%	0
BG003987	ruinas de primera operación R1-758-8	2	6	-200%	0	0	0	6	-200%	0
BG016586	sin fin en acero inoxidable diámetro 307	1	3	-200%	0	0	0	3	-200%	0
BG012613	Gomas llenadoras al vacío LLFMC-006-065	22	82	-273%	0	0	0	82	-273%	0
BG013652	Resorte de lifter	1	4	-300%	0	0	0	4	-300%	0
BG013902	Cuerpo válvula de vacío 65MM	1	9	-800%	0	0	0	9	-800%	0

Tabla 15.

Registro diario prueba piloto - día 7-8

CONTROL DE INVENTARIO DIARIO - BODEGA DE REPUESTOS										
Prueba piloto: Implantación TOC										
Día Prueba: 7										
Código	Detalle	T. Amort	Inv Físico	PA Inv Fís	Ingreso	Consumo	Tránsito	Inv. Siste	PA Inv Sis	Pedido sugerido
BG003992	mandril tapa plana diámetro 307 fadesa	3	0	100%	0	0	3	3	0%	0
BG008928	mandril diámetro 603 tapa plana	2	0	100%	0	0	2	2	0%	0
BG007492	Rodamiento 6202-2RS1C/3	3	0	100%	0	0	3	3	0%	0
BG004713	Head seaming piñón 1OP #5566	6	1	83%	0	0	5	6	0%	0
BG016904	Mandril tapa plana diámetro 211 (Crown)	6	1	83%	0	0	5	6	0%	0
BG012838	mandril abre fácil diámetro 211 Inesa Chile	5	1	80%	0	0	4	5	0%	0
BG006684	mandriles abre fácil diámetro 307 San Marino	4	1	75%	0	0	3	4	0%	0
BG006063	ejes excéntricos de primera operación	8	2	75%	0	0	6	8	0%	0
BG004714	Head seaming piñón 2OP #5567	4	1	75%	0	0	3	4	0%	0
BG016058	Rodamiento 520822	3	1	67%	0	0	2	3	0%	0
BG004709	Seaming piñón bushing 1OP 5961	5	2	60%	0	0	3	5	0%	0
BG014257	rulinas de segunda operación # 5 -15	10	5	50%	0	0	5	10	0%	0
BG006064	ejes excéntricos de segunda operación	8	4	50%	0	0	4	8	0%	0
BG008926	rulinas de primera operación # 150-160	2	1	50%	0	0	1	2	0%	0
BG006299	Retenedor 25X35X6 MM	12	6	50%	0	0	6	12	0%	0
BG013328	Muelle presión 44454 SOME 320AA	2	1	50%	0	0	1	2	0%	0
BG013795	rulinas de primera operación # 658-3	6	5	17%	0	0	1	6	0%	0
BG009144	rodamientos # 62302-2RS	6	6	0%	0	3	6	9	-50%	0
BG012724	piñón FMC 652.000.915	1	1	0%	0	0	0	1	0%	0
BG006741	piñones del repartidor de tapa #652-000-904	3	3	0%	0	0	0	3	0%	0
BG003021	Regulador de lifter p/selladora	2	2	0%	0	0	0	2	0%	0
BG013497	Pin cerradora	4	4	0%	0	0	0	4	0%	0
BG014422	mandriles abre fácil diámetro 307 Global	2	0	100%	0	0	0	0	100%	2
BG016869	anillos para rulinas XN-10411	8	8	0%	0	0	0	8	0%	0
BG016870	Anillos para rulinas 10410	8	8	0%	0	0	0	8	0%	0
BG003866	Rodamiento A-1561 HG 933316 p/rulina 2OP	8	8	0%	0	0	0	8	0%	0
BG003876	Rodamiento A-1560 93216 p/rulina 1OP	8	8	0%	0	0	0	8	0%	0
BG008940	rulinas de primera operación # 658-3	4	4	0%	0	0	0	4	0%	0
BG010043	mandriles abre fácil diámetro 307 Fadesa	2	2	0%	0	0	0	2	0%	0
BG014780	platos base FMC diámetro 307	5	6	-20%	0	0	0	6	-20%	0
BG014171	mandril abre fácil diámetro 211 Universal México	6	8	-33%	0	0	0	8	-33%	0
BG014447	rulinas de primera operación de titanio#12000	2	2	0%	0	0	0	2	0%	0
BG008942	mandril tapa plana diámetro 401 Enlit	2	3	-50%	0	0	0	3	-50%	0
BG008927	Rulina 2OP sommes - 320 150/160C COM2	2	3	-50%	0	0	0	3	-50%	0
BG013440	Resorte de acero aspiral	5	8	-60%	0	0	0	8	-60%	0
BG008941	rulinas de segunda operación # 5 -15-2	4	8	-100%	0	0	0	8	-100%	0
BG010042	mandril abre fácil diámetro 307 Fadesa	3	6	-100%	0	0	0	6	-100%	0
BG003877	Anillos (G) separador de rulina	8	16	-100%	0	0	0	16	-100%	0
BG008929	Guía de latas	1	2	-100%	0	0	0	2	-100%	0
BG006577	mandriles tapa plana D307 452-912-901	3	9	-200%	0	0	0	9	-200%	0
BG003987	rulinas de primera operación R1-758-8	2	6	-200%	0	0	0	6	-200%	0
BG016586	sin fin en acero inoxidable diámetro 307	1	3	-200%	0	0	0	3	-200%	0
BG012613	Gomas llenadoras al vacío LFFMC-006-065	22	82	-273%	0	0	0	82	-273%	0
BG013652	Resorte de lifter	1	4	-300%	0	0	0	4	-300%	0
BG013902	Cuerpo válvula de vacío 65MM	1	9	-800%	0	0	0	9	-800%	0

CONTROL DE INVENTARIO DIARIO - BODEGA DE REPUESTOS										
Prueba piloto: Implantación TOC										
Día Prueba: 8										
Código	Detalle	T. Amort	Inv Físico	PA Inv Fís	Ingreso	Consumo	Tránsito	Inv. Siste	PA Inv Sis	Pedido sugerido
BG003992	mandril tapa plana diámetro 307 fadesa	3	0	100%	0	0	3	3	0%	0
BG008928	mandril diámetro 603 tapa plana	2	0	100%	0	0	2	2	0%	0
BG007492	Rodamiento 6202-2RS1C/3	3	0	100%	0	0	3	3	0%	0
BG014422	mandriles abre fácil diámetro 307 Global	2	0	100%	0	0	2	2	0%	0
BG004713	Head seaming piñón 1OP #5566	6	1	83%	0	0	5	6	0%	0
BG016904	Mandril tapa plana diámetro 211 (Crown)	6	1	83%	0	0	5	6	0%	0
BG012838	mandril abre fácil diámetro 211 Inesa Chile	5	1	80%	0	0	4	5	0%	0
BG006684	mandriles abre fácil diámetro 307 San Marino	4	1	75%	0	0	3	4	0%	0
BG006063	ejes excéntricos de primera operación	8	2	75%	0	0	6	8	0%	0
BG004714	Head seaming piñón 2OP #5567	4	1	75%	0	0	3	4	0%	0
BG016058	Rodamiento 520822	3	1	67%	0	0	2	3	0%	0
BG004709	Seaming piñón bushing 1OP 5961	5	2	60%	0	0	3	5	0%	0
BG014257	rulinas de segunda operación # 5 -15	10	5	50%	0	0	5	10	0%	0
BG006064	ejes excéntricos de segunda operación	8	4	50%	0	0	4	8	0%	0
BG008926	rulinas de primera operación # 150-160	2	1	50%	0	0	1	2	0%	0
BG006299	Retenedor 25X35X6 MM	12	6	50%	0	0	6	12	0%	0
BG013328	Muelle presión 44454 SOME 320AA	2	1	50%	0	0	1	2	0%	0
BG013795	rulinas de primera operación # 658-3	6	5	17%	0	0	1	6	0%	0
BG009144	rodamientos # 62302-2RS	6	3	50%	0	3	6	9	-100%	0
BG012724	piñón FMC 652.000.915	1	1	0%	0	0	0	1	0%	0
BG006741	piñones del repartidor de tapa #652-000-904	3	3	0%	0	0	0	3	0%	0
BG003021	Regulador de lifter p/selladora	2	2	0%	0	0	0	2	0%	0
BG013497	Pin cerradora	4	4	0%	0	0	0	4	0%	0
BG016869	anillos para rulinas XN-10411	8	8	0%	0	0	0	8	0%	0
BG016870	Anillos para rulinas 10410	8	8	0%	0	0	0	8	0%	0
BG003866	Rodamiento A-1561 HG 933316 p/rulina 2OP	8	8	0%	0	0	0	8	0%	0
BG003876	Rodamiento A-1560 93216 p/rulina 1OP	8	8	0%	0	0	0	8	0%	0
BG008940	rulinas de primera operación # 658-3	4	4	0%	0	0	0	4	0%	0
BG010043	mandriles abre fácil diámetro 307 Fadesa	2	2	0%	0	0	0	2	0%	0
BG014447	rulinas de primera operación de titanio#12000	2	2	0%	0	0	0	2	0%	0
BG014780	platos base FMC diámetro 307	5	6	-20%	0	0	0	6	-20%	0
BG014171	mandril abre fácil diámetro 211 Universal México	6	8	-33%	0	0	0	8	-33%	0
BG008942	mandril tapa plana diámetro 401 Enlit	2	3	-50%	0	0	0	3	-50%	0
BG008927	Rulina 2OP sommes - 320 150/160C COM2	2	3	-50%	0	0	0	3	-50%	0
BG013440	Resorte de acero aspiral	5	8	-60%	0	0	0	8	-60%	0
BG008941	rulinas de segunda operación # 5 -15-2	4	8	-100%	0	0	0	8	-100%	0
BG010042	mandril abre fácil diámetro 307 Fadesa	3	6	-100%	0	0	0	6	-100%	0
BG003877	Anillos (G) separador de rulina	8	16	-100%	0	0	0	16	-100%	0
BG008929	Guía de latas	1	2	-100%	0	0	0	2	-100%	0
BG006577	mandriles tapa plana D307 452-912-901	3	9	-200%	0	0	0	9	-200%	0
BG003987	rulinas de primera operación R1-758-8	2	6	-200%	0	0	0	6	-200%	0
BG016586	sin fin en acero inoxidable diámetro 307	1	3	-200%	0	0	0	3	-200%	0
BG012613	Gomas llenadoras al vacío LFFMC-006-065	22	82	-273%	0	0	0	82	-273%	0
BG013652	Resorte de lifter	1	4	-300%	0	0	0	4	-300%	0
BG013902	Cuerpo válvula de vacío 65MM	1	9	-800%	0	0	0	9	-800%	0

Figura 25.

”

Monitoreo diario de “mandril tapa plana d 307 fadesa

SEGUIMIENTO DIARIO: Prueba piloto de implantación TOC en la bodega de repuestos

ÍTEM: mandril tapa plana diámetro 307 fadesa  
 CÓDIGO: BG003992

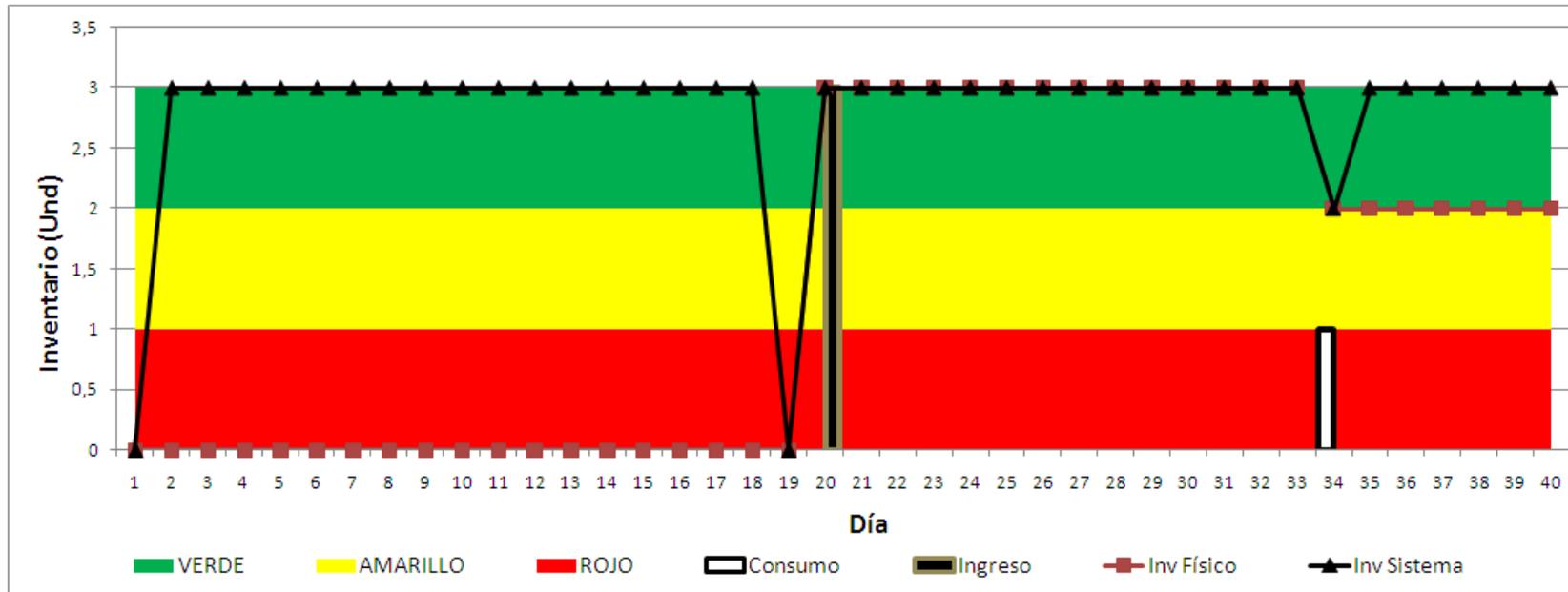
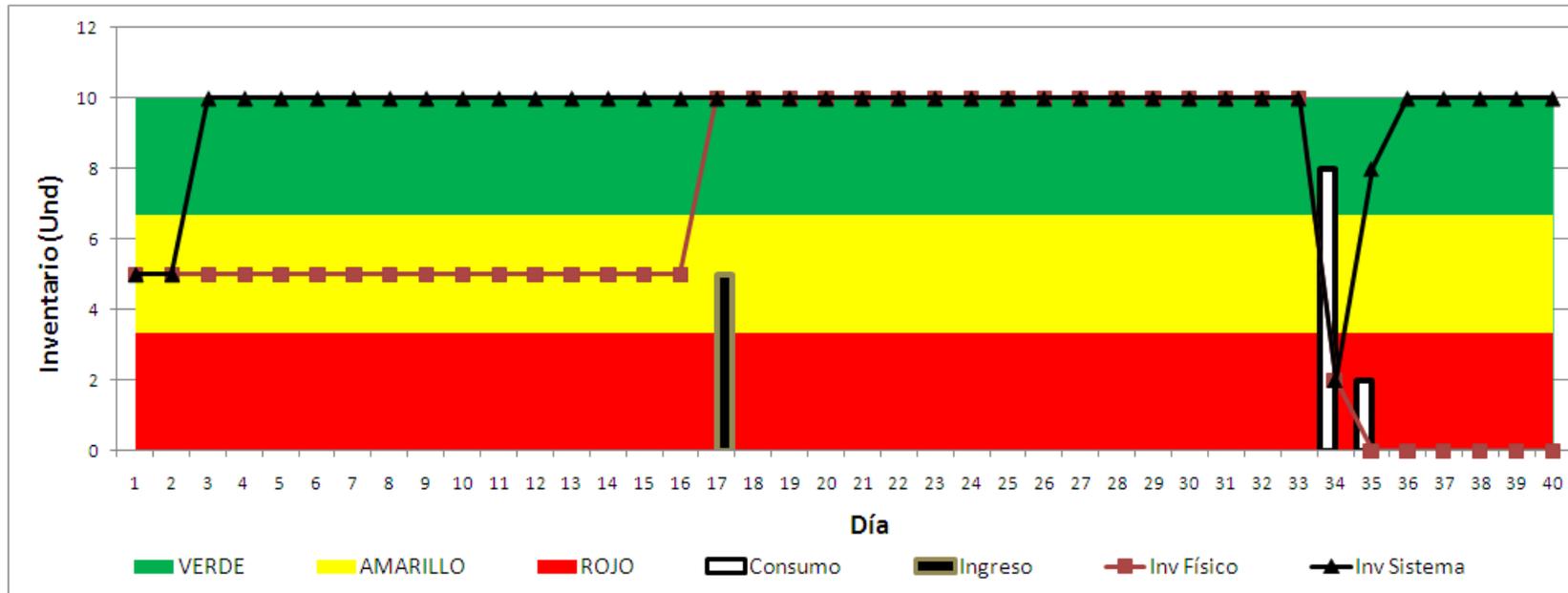


Figura 26.

Monitoreo diario de "rulinas de segunda operación s-15"

SEGUIMIENTO DIARIO: Prueba piloto de implantación TOC en la bodega de repuestos

ÍTEM: rulinas de segunda operación # S -15  
 CÓDIGO: BG014257

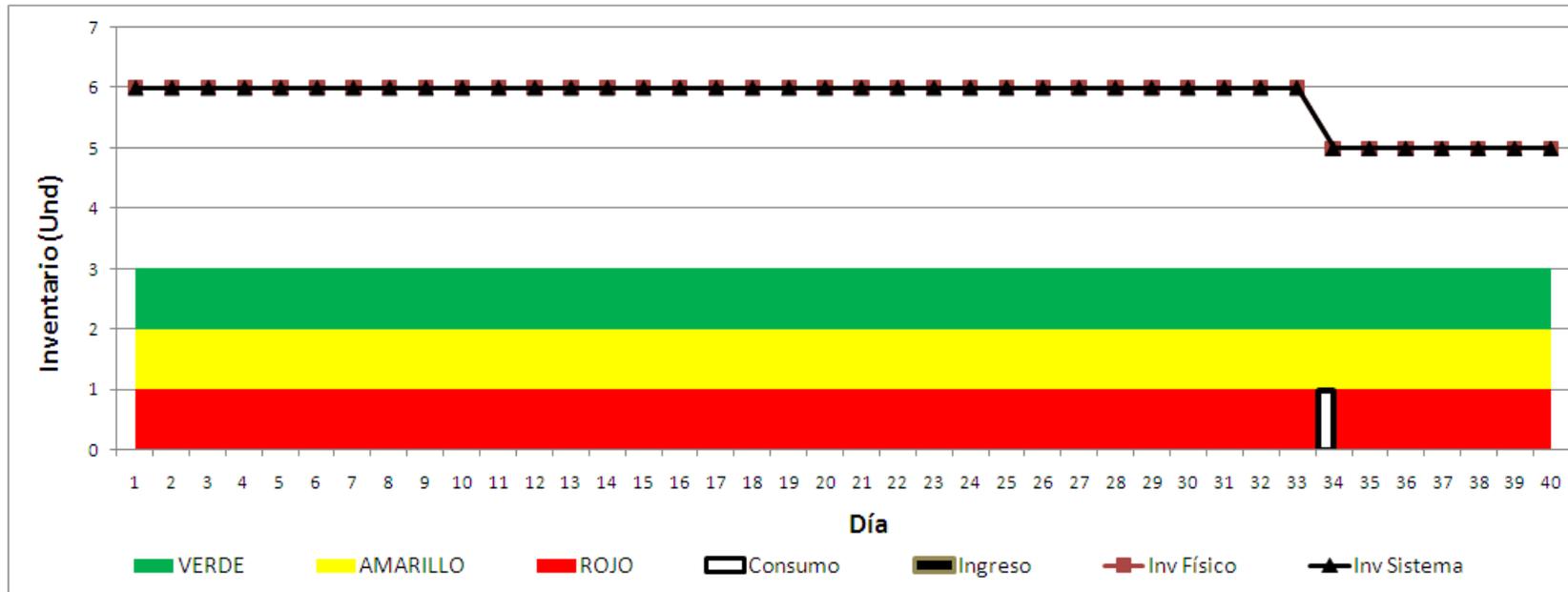


**Figura 27.**

*Monitoreo diario de “mandril abre fácil d307 fadesa”*

**SEGUIMIENTO DIARIO: Prueba piloto de implantación TOC en la bodega de repuestos**

ÍTEM: mandril abre fácil diámetro 307 Fadesa  
 CÓDIGO: BG010042

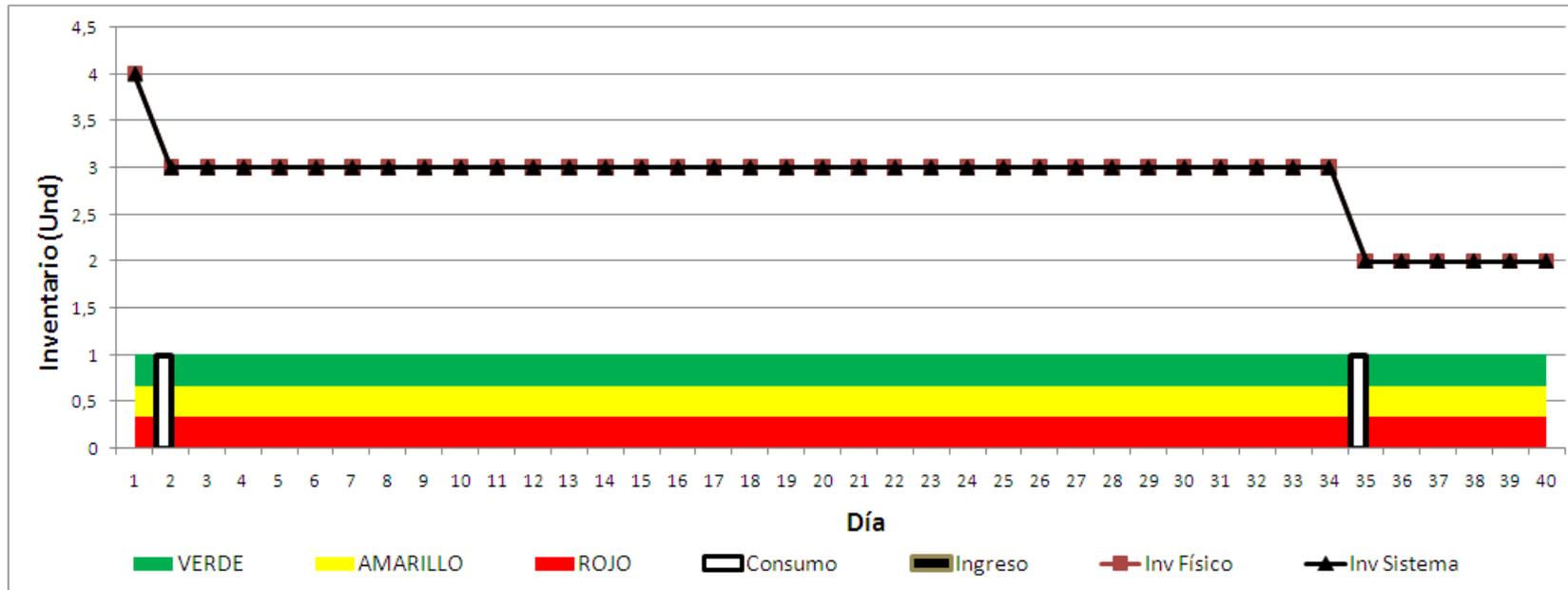


**Figura 28.**

Monitoreo diario de "sin fin acero inox d307"

**SEGUIMIENTO DIARIO: Prueba piloto de implantación TOC en la bodega de repuestos**

ÍTEM: sin fin en acero inoxidable diámetro 307  
 CÓDIGO: BG016586

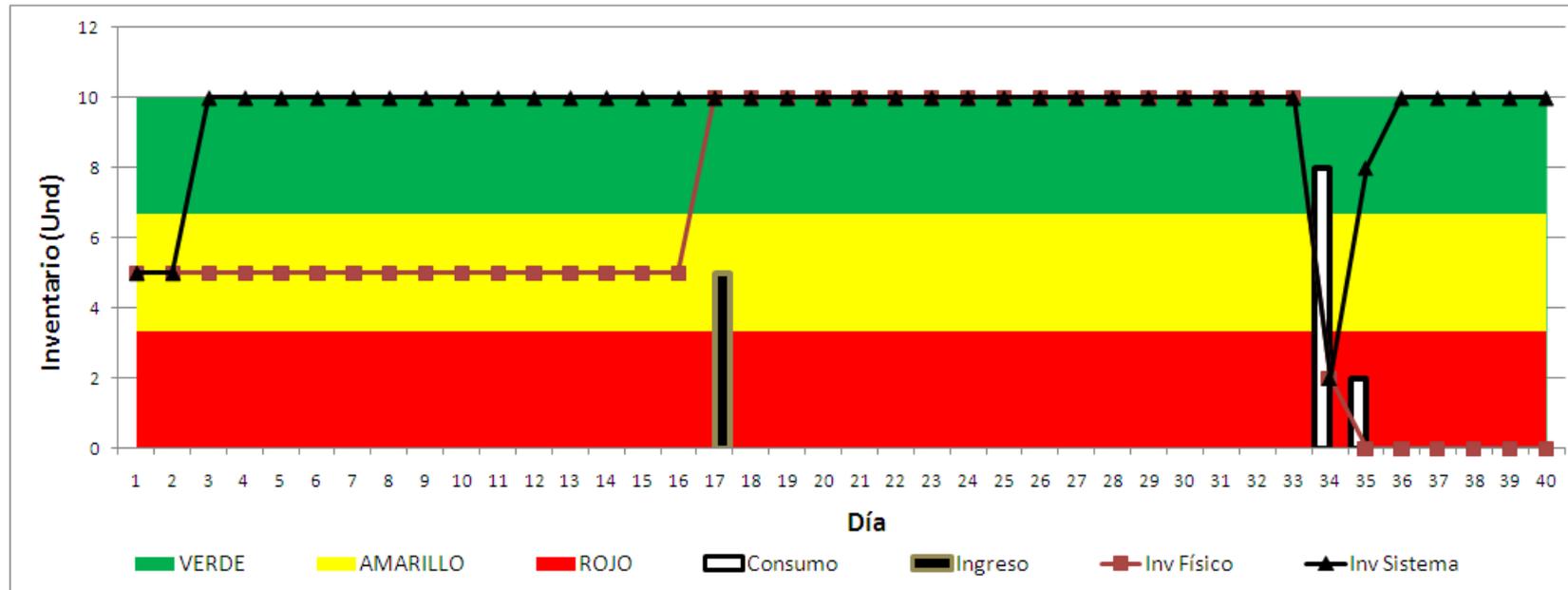


**Figura 29.**

Monitoreo diario de "rulinas de segunda operación s15"

**SEGUIMIENTO DIARIO: Prueba piloto de implantación TOC en la bodega de repuestos**

ÍTEM: rulinas de segunda operación # S -15  
 CÓDIGO: BG014257



Estos conceptos pueden ser aplicados para la elaboración de un proyecto, entendiendo al tróput como el incremento de dinero o el ahorro generado, y a los gastos de operación como la inversión realizada para llevar a cabo el proyecto. A partir de estos conceptos se puede evaluar el proyecto en ejecución.

### ***Tróput generado***

Los resultados de la aplicación piloto arrojaron una reducción del 15% del inventario de los repuestos analizados, adicionales a la reducción potencial de los ítems que se todavía se quedaron en “azul” (con inventario en exceso). Basados en estos resultados se puede asumir que la aplicación de la metodología en la bodega de repuestos en su totalidad generará al menos la misma reducción que se evidenció en la aplicación piloto, es decir el 15%.

Actualmente esta bodega maneja un inventario promedio cercano a los \$300 mil dólares americanos. Una reducción del 15% de inventario representaría el incremento de \$45 mil dólares a la liquidez de la empresa, lo cual podría mencionarse como el “tróput” generado por el proyecto.

Adicional a este tróput, la reducción de inventario genera otros ahorros debido a que minimiza algunos costos de “No Calidad” tales como:

- Al asegurar una disponibilidad de repuestos del 97%, se minimizarán pérdidas de ventas por máquinas paralizadas a la espera de repuestos.
- Se va a minimizar las “compras urgentes” de repuestos, que generalmente vienen acompañadas de costos adicionales para lograr que los repuestos lleguen lo más pronto posible.
- Al reducir el inventario, se va a contar con más espacio libre en la bodega que va a servir para reorganizarla, lo cual ayudará a que el trabajo del bodeguero sea más eficiente.

- Al conocer las prioridades de compra, las acciones individuales de las diferentes áreas van a alinearse con las prioridades que ya son visibles para todos, eliminando fricciones entre las áreas o ineficiencias por la falta de comunicación.

Estos y seguramente muchos otros costos de “No Calidad”, que están aparentemente ocultos, van a ser reducidos con la aplicación de la metodología propuesta. Sin embargo, para el cálculo del tróput únicamente se va a considerar el costo de minimización del inventario.

### ***Inversión***

La aplicación de esta metodología va a generar una inversión referente a:

- Capacitación: Para capacitar al bodeguero, ayudante, asistente y supervisor de mantenimiento y al jefe del área se necesitarán 4 charlas de 8 horas cada un pago de \$1.600 dólares al personal capacitado, además del costo del capacitador externo de \$2.000. En total se invertirían \$3.600 dólares en capacitación.

$$4 \text{ charla} \cdot 8 \frac{\text{horas}}{\text{charla}} \cdot 5 \text{ persona} \cdot 10 \frac{\text{USD\$}}{\text{horas} \cdot \text{persona}} = \text{USD } \$ 1.600,00$$

- Costo del software: la aplicación del sistema debe ser apoyado por un módulo en el MRP que maneja la empresa. Para el diseño de este módulo se necesitaría contratar a personal externo, y se estima que tendrá un costo de hasta \$7.000 dólares.

- Gastos varios: se tiene prevista una redistribución de la bodega, donde se puede incluir aspectos de comunicación visual que ayuden a la localización de los ítems, además de mejorar la visualización de las prioridades de compra. Se ha planificado invertir \$3.000 dólares es esto.

La inversión total será de \$13.600 dólares (\$3.600 + \$7.000 + \$3.000)

### **Indicadores TOC**

Al tratarse de un proyecto que genera resultados económicos de manera rápida, y cuya inversión es pequeña, su evaluación puede ser evaluada calculando la utilidad neta generada y la relación beneficio/costo.

El tróput anual generado será de:  **$T = US \$ 45.000$**

El gasto operacional del primer año, o inversión, va a ser:  **$G.O. = US \$$**

**13.600**

La Utilidad Neta del proyecto, en su primer año va a ser:

$$UN = T - GO$$

$$UN = \$ 45.000 - \$ 13.600$$

$$UN = US \$ 31.400$$

La relación Beneficio / Costo es bastante grande, lo cual demuestra que el proyecto es rentable y genera efectos a corto plazo.

$$Relación\ Beneficio/Costo = \frac{45.000}{13.600} = 3,3$$

### **Acciones inmediatas para optimizar la gestión de inventarios**

Una vez que se ha probado la aplicabilidad del modelo de gestión TOC en la gestión de inventarios de la bodega de repuestos, se debe preparar el camino para implantarlo a lo largo de toda la bodega. Entre las acciones inmediatas a realizar están:

- Rediseñar la bodega para asignar a cada repuesto el espacio necesario para el “tamaño de amortiguador” asignado a cada ítem.
- Implementar comunicación visual a través de pizarrones, tableros y pantallas, donde se indique el inventario de cada ítem y su estado según el semáforo.
- Adicionalmente se puede reducir la variedad de repuestos, estandarizando sus marcas, a fin de que un repuesto pueda ser útil para varios equipos.
- Calificar a pocos proveedores que puedan ofrecer una gran variedad de los repuestos que necesita la empresa. De esta forma va a ganar confiabilidad el proceso de compras, e inclusive, se puede aminorar los tiempos de respuesta, lo cual puede desembocar en reducir los tamaños de amortiguador y por ende los inventarios.

## Conclusiones y Recomendaciones

### Conclusiones

- La metodología de reposición tipo halar, propuesta por la TOC, es aplicable en la bodega de repuestos de Eurofish S.A. y es capaz de maximizar la disponibilidad de sus artículos a través de la aplicación de un nivel de inventario bien controlado.
- Se observa que la metodología fue capaz de incrementar el nivel de servicio de la bodega de repuestos del 65% hasta un nivel superior al 97%.
- La aplicación de la metodología permite reconocer los niveles óptimos de inventario para cada ítem que maneja la bodega de repuestos.
- A través de la gestión del amortiguador, el nivel de inventario objetivo es capaz de acoplarse a los requerimientos de la demanda, en especial en los ítems de alta rotación.
- La metodología utiliza herramientas de comunicación visual, lo cual permite a todas las personas involucradas en la gestión de bodega reconocer las prioridades de abastecimiento.
- La metodología permitió reducir un 15% de inventario de la bodega, lo cual además de mejorar la rotación del inventario, puede significar un ahorro para la empresa de hasta 45 mil dólares americanos, a nivel de toda la bodega de repuestos.
- La reducción de inventario, acompañada de un personal comprometido a trabajar de acuerdo con las prioridades que la metodología demuestra, va a generar reducciones significativas de los costos de "No Calidad" asociados con el manejo inadecuado del inventario.

## Recomendaciones

- Se recomienda utilizar la metodología de reposición tipo halar en conjunto con el sistema informático “Salomon”, utilizado por la bodega de repuestos para el registro de sus movimientos de inventario.
- Es recomendable incrementar la frecuencia de pedidos de compra que realiza la bodega a 2 compras semanales, a fin de reducir el tiempo de reabastecimiento, reducir las cantidades de compra y, por ende, también reducir los tamaños de amortiguador.
- Se debería contar con proveedores calificados, que estén comprometidos con las prioridades que se presenten en la bodega y respondan eficazmente a estos.
- Se recomienda utilizar herramientas de comunicación visual para que los estados de inventario sean comunicados a todo el personal de mantenimiento, con el fin de buscar estrategias para atacar a los problemas graves que se presenten de manera ordenada.
- Es recomendable reorganizar el espacio físico de la bodega de inventarios, a fin de asignar espacios físicos para cada ítem de acuerdo con los tamaños de amortiguador correspondientes.
- Es recomendable estandarizar los equipos y repuestos para reducir el número de ítems que se tenga que controlar, además de contar con una menor cantidad de proveedores lo cual generaría mayor confianza con ellos y una calidad estable de los repuestos.

## Bibliografía

- Amendola, Luis (2008). *Gestión de materiales para mantenimiento*. Recuperado en Julio, 2011. Disponible en: [http://www.leanexpertise.com/TPMONLINE/articles\\_on\\_total\\_productive\\_maintenance/management/gestmtlesmtto.htm](http://www.leanexpertise.com/TPMONLINE/articles_on_total_productive_maintenance/management/gestmtlesmtto.htm)
- Cobey, Stephen R. (2003). *Los 7 hábitos de la gente altamente efectiva* (pp. 88 – 112). Buenos Aires, Argentina.: Paidós.
- Cohen, Oded (2008). *Mejorar siempre: una guía para gerenciar operaciones al estilo TOC* (pp. 233 – 243). Medellín, Colombia.: Ediciones Piénsalo.
- Corbett, Thomas (2005). *La contabilidad del tróput* (pp. 23 – 40). Medellín, Colombia: Ediciones Piénsalo.
- D'Alessio, Fernando (2001). *Administración y dirección de la producción* (pp. 306 – 320). Madrid, España.: Editorial Prentice Hall.
- Dounce E., & Dounce J. F. (1997). *La Productividad en el Mantenimiento Industrial*. México DF, México.: Ed. CECSA.
- Espinosa, Fernando. *Modelos para la gestión del inventario de mantenimiento*. Recuperado en Agosto, 2011. Disponible en: <http://ing.usalca.cl/~fepinos/MODELOS%20PARA%20GESTION%20DEL%20INVENTARIO%20DE%20MANTENIMIENTO.pdf>
- Fillet, Felipe. *Sistema de administración de inventarios MRP Planificación de los requerimientos de materiales*. Recuperado en Junio, 2011. Disponible en: <http://www.unlu.edu.ar/~ope20156/pdf/mrp.pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO. (2008). *Estadísticas de pesca y acuicultura*. Recuperado en Abril, 2011. Disponible en:

[ftp://ftp.fao.org/FI/CDrom/CD\\_yearbook\\_2008/root/commodities/yearbook\\_commodities.pdf](ftp://ftp.fao.org/FI/CDrom/CD_yearbook_2008/root/commodities/yearbook_commodities.pdf)

- García, Alfonso (1995). *Almacenes, planeación, organización y control*. México DF, México.: Ed. Trillas.
- Goldratt, Eliyahu (2005). *La meta*. México DF, México.: Ediciones Regiomontanas.
- Goldratt, Eliyahu (2000). *No fue la suerte*. Monterrey, México.: Ediciones Castillo.
- Greif, Michel (1989). *The visual factory* (pp. 99 – 117). Oregon, EE.UU.: Productivity Press Inc.
- Lapore, Doménico & Cohen, Oded (2002). *La teoría de restricciones y el sistema de conocimiento profundo* (pp. 17 – 46). Medellín, Colombia.: Ediciones Piénsalo.
- Porter, Michael (1991). *Estrategia competitiva*. México DF, México.: Cía Editorial Continental.
- Roux, Michael (1997). *Manual de Logística para la Gestión de Almacenes*. Barcelona, España.: Ediciones Gestión 2000.
- Schragenheim, Amir (2007). *Managing distribution according to TOC principles* (pp. 1 – 10). Recuperado en Junio 2011. Disponible en <http://www.inherentsimplicity.com/files/files/ManagingDistribution.pdf>. p.p.1-10.
- Schroeder, Roger G. (1999). *Administración de operaciones* (pp. 455 – 469). Madrid, España .: Editorial McGraw Hill,.
- Tavares, Lourival (1999). *Administración moderna del mantenimiento*. Río de Janeiro – Brasil.: Ed. NAT.

Tomé, Raúl (2009). *La gestión eficiente de inventarios*. Recuperado en Junio, 2011.

Disponible en <http://www.sytsa.com/repository/publications/espanol/gei.pdf?PHPSESSID=0a17915427855bf18fffb7947ef775fe>

## **Anexos**