

GUIA DE GESTION DE INVENTARIOS, REPUESTOS Y PRONOSTICO DE  
DEMANDAS EN PEQUEÑAS EMPRESAS DE MANUFACTURA

ALEX ENRIQUE NAVAS CASTILLA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA  
2010

GUIA DE GESTION DE INVENTARIOS, REPUESTOS Y PRONOSTICO DE  
DEMANDAS EN PEQUEÑAS EMPRESAS DE MANUFACTURA

ALEX ENRIQUE NAVAS CASTILLA

Monografía de Grado presentada como requisito para optar el título de  
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director: LUIS ALBERTO MORA GUTIERREZ  
Ingeniero Mecánico  
Doctor en ingeniería de mantenimiento

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA  
2010

## CONTENIDO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>INTRODUCCION.....</b>   | <b>11</b> |
| <b>1. MANEJO ACTUAL DE INVENTARIOS DE REPUESTOS EN EMPRESAS COLOMBIANAS.....</b> | <b>13</b> |
| <b>2 INVESTIGACION DE CAMPO.....</b>   | <b>15</b> |
| <b>2.1 ANALISIS DE INFORMACION.....</b>  | <b>18</b> |
| <b>3 GUIA DE GESTION DE INVENTARIOS.....</b>                                     | <b>20</b> |
| <b>3.1 GESTION DE INVENTARIOS.....</b>   | <b>21</b> |
| 3.1.1 INVENTARIOS.....   | 23        |
| 3.1.2 INVENTARIOS TIPO PUSH.....   | 24        |
| 3.1.3 INVENTARIOS TIPO PULL.....   | 26        |
| 3.1.4 CLASIFICACION EN REPARABLES Y CONSUMIBLES.....                             | 28        |
| 3.1.5 CLASIFICACION ABC .....  | 29        |
| 3.1.6 CLASIFICACION DE MATERIALES POR CRITICIDAD .....                           | 32        |
| 3.1.7 MODELOS DE CONTROL DE MATERIALES.....                                      | 33        |
| 3.1.7.1 Modelo de control Q o por cantidad .....                                 | 33        |
| 3.1.7.2 Modelo de control P o por tiempo. ....                                   | 34        |
| 3.1.7.3 Modelo T-R.M. ....   | 36        |
| <b>3.2 COSTOS.....</b>   | <b>36</b> |
| 3.2.1 COSTO DE PEDIR .....   | 37        |
| 3.2.2 COSTO DE SOSTENER.....   | 37        |
| 3.2.3 COSTO DE AGOTAR. ....  | 37        |
| <b>3.3 NIVEL DE SERVICIO.....</b>  | <b>39</b> |
| <b>3.4 ALMACEN DE REPUESTOS .....</b>  | <b>39</b> |
| 3.4.1 DISTRIBUCION DE ESTANTES.....  | 41        |
| 3.4.2 CODIGO ALFANUMERICO. ....  | 42        |
| <b>3.5 PRONOSTICOS DE SERIES TEMPORALES .....</b>                                | <b>43</b> |
| <b>4 CONCLUSIONES.....</b>   | <b>53</b> |
| <b>5 BIBLIOGRAFIA.....</b>   | <b>54</b> |

## TABLA DE ILUSTRACIONES

|  |    |
|--|----|
| ILUSTRACIÓN 1. EVIDENCIA FOTOGRÁFICA BODEGA EMPRESA 1.....                             | 16 |
| ILUSTRACIÓN 2 EVIDENCIA FOTOGRÁFICA BODEGA EMPRESA 2.....                              | 17 |
| ILUSTRACIÓN 3 MODELO GENERAL DE MANEJO DE INVENTARIOS .....                            | 20 |
| ILUSTRACIÓN 4 GRAFICA GENERAL DE INVENTARIOS.....                                      | 22 |
| ILUSTRACIÓN 5 PARÁMETROS RELEVANTES EN REPOSICIÓN PULL.....                            | 27 |
| ILUSTRACIÓN 6 MATRIZ ESQUEMÁTICA CLASIFICACIÓN DE ELEMENTOS<br>POR CRITICIDAD-ABC..... | 32 |
| ILUSTRACIÓN 7 MODELO BÁSICO DE CANTIDAD FIJA DE PEDIDOS. ....                          | 34 |
| ILUSTRACIÓN 8 MODELO DE TIEMPO FIJO.....   | 35 |
| ILUSTRACIÓN 9 PRESENTACIÓN GRAFICA DE COSTOS.....                                      | 38 |
| ILUSTRACIÓN 10 MODELO DE ORGANIZACIÓN DE ESTANTES.....                                 | 42 |
| ILUSTRACIÓN 11 MODELO DE CÓDIGO ALFANUMÉRICO.....                                      | 43 |

## TABLA DE ECUACIONES

|   |    |
|---|----|
| ECUACIÓN 1. CANTIDAD OPTIMA A PEDIR. CON EL MÍNIMO COSTO PARA<br>REPONER INVENTARIO. .... | 25 |
| ECUACIÓN 2. PEDIDO ÓPTIMO CON EL MÍNIMO COSTO .....                                       | 25 |
| ECUACIÓN 3. NÚMERO ÓPTIMO DE PEDIDOS POR AÑO.....   | 26 |
| ECUACIÓN 4. TIEMPO ÓPTIMO ENTRE PEDIDOS. ....   | 26 |
| ECUACIÓN 5. ESTIMADORES DE CANTIDAD ÚNICAS ESPECIALES EN PULL.<br>.....                   | 27 |
| ECUACIÓN 6. PROBABILIDAD QUE PERMITE ESTIMAR LA Z DE LA<br>DISTRIBUCIÓN NORMAL.....       | 28 |
| ECUACIÓN 7. PRECIO ESTIMADO DE VENTA.....   | 28 |
| ECUACIÓN 8. APOYO LOGÍSTICO.....  | 30 |
| ECUACIÓN 9. PORCENTAJE ACUMULADO DE LA CANTIDAD MONETARIA. ...                            | 31 |
| ECUACIÓN 10. PORCENTAJE ACUMULADO DE LA CANTIDAD MONETARIA. 31                            |    |
| ECUACIÓN 11. DEMANDA PROMEDIO EN FUNCIÓN DEL PRONÓSTICO .....                             | 31 |
| ECUACIÓN 12. LEAD TIME MAYOR A CERO. ....   | 34 |
| ECUACIÓN 13. LEAD TIME MAYOR A CERO. ....   | 34 |
| ECUACIÓN 14. MODELOS TRM. ....  | 36 |
| ECUACIÓN 15. ECUACIÓN DE COSTO DE SOSTENER.....   | 37 |
| ECUACIÓN 16. ECUACIÓN DE COSTO DE AGOTAR. ....  | 38 |
| ECUACIÓN 17. COSTO ANUAL TOTAL.....   | 38 |
| ECUACIÓN 18. NIVEL DE SERVICIO.....   | 39 |
| ECUACIÓN 19. PRONOSTICO POR EL MODELO DE TENDENCIA LINEAL.....                            | 47 |
| ECUACIÓN 20. PRONÓSTICO POR EL MODELO NO LINEAL CUADRÁTICO. ...                           | 48 |
| ECUACIÓN 21. PRONÓSTICO POR EL MODELO NO LINEAL EXPONENCIAL. 48                           |    |
| ECUACIÓN 22. PRONÓSTICO POR EL MODELO NO LINEAL DE CURVAS EN S.<br>.....                  | 48 |

|  |    |
|--|----|
| ECUACIÓN 23.PRONÓSTICO POR EL MODELO NO LINEAL DE TENDENCIA<br>RECIPROCANTE EN X Y Y ..... | 49 |
| ECUACIÓN 24.PRONÓSTICO POR EL MODELO NO LINEAL DE TENDENCIA<br>LOGARÍTMICA. ....           | 49 |
| ECUACIÓN 25.MODELO DE SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL DE BROWN .....                               | 50 |
| ECUACIÓN 26.PRONÓSTICO POR EL MODELO DE <i>HOLT</i> DE SUAVIZACIÓN<br>EXPONENCIAL. ....    | 50 |
| ECUACIÓN 27.EXPRESIÓN TÍPICA DE LOS MODELOS AR.I.MA. ....                                  | 51 |

## RESUMEN

TITULO\*: GUIA DE GESTION DE INVENTARIOS, REPUESTOS Y PRONOSTICO DE DEMANDAS EN PEQUEÑAS EMPRESAS DE MANUFACTURA

Autor: Alex Navas

Palabras claves: Inventarios, repuestos, consumo, demanda, ABC.

Contenido: Esta monografía es investigativa con un enfoque de ayuda para la pequeña industria Colombiana, que en los procesos de cambio actual pueden ser beneficiadas o exterminadas por modelos como el TLC. La implementación de sistemas formales en el manejo de bodegas de almacenamiento para el área de Mantenimiento ayudan a las empresas a disminuir sus costos operacionales, y de almacén, aumentar su productividad y mejorar su calidad puntos fundamentales para asegurar su competitividad a nivel nacional y porque no internacional.

El objetivo es identificar en pequeñas empresas de manufactura los problemas que tienen es sus sistemas de manejo de repuestos. Adicionalmente realizar una guía practica que sirva para la implementación de un sistema formal sencillo para el manejo y control de inventarios.

En la investigación de campo se encontró que en las empresas visitadas no se preocupan por el manejo correcto de sus repuestos ni de los costos que le pueden generar, ven pasar los problemas y reaccionan frente a ellos pero nunca piensan en organizar sus sistemas de gestión. Por otro lado se encuentra teoría para el manejo de bodegas, para el control de inventarios y para pronósticos de demanda, temas ya bien desarrollados por varios autores de forma muy completa pero necesita un conocimiento estadístico alto y las compañías deben entender la importancia y el impacto que la implementación de estos sistemas pueden tener para tomar la decisión y comprometerse en su implementación.

En el documento encontraran información para iniciar en el tema de control de repuestos y manejo de bodegas e inventarios y los pasos necesarios para iniciar con pronósticos de demanda.

---

\* Monografía

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Especialización en Gerencia de mantenimiento. Director: Dr. Luis Alberto Mora Gutierrez

## SUMMARY

TITLE\*: INVENTORY MANAGEMENT GUIDE, SPARE PARTS AND THE USE OF PROGNOSIS MODEL FOR INVENTORY CLAIMS IN SMALL MANUFACTURING FIRMS.

Author: Alex Navas

Keywords: Inventories, spare parts, consumption, demand, ABC.

Subject o description: This monograph is an investigation focused on giving support to the Colombian small industry. This industry is now being affected for global and internal changes. This new tendencies might benefit small business but also might destroy them. The implementation of formal systems to manage the maintenance warehouse give to small companies an alternative to reduce their operational costs, take spare parts in stock to the minimum , increase productivity and improve their key points to ensure their competitiveness at national and international markets.

The objective is to identify the practices applied by real Colombian companies of this size and detect the main problems caused by methods currently applied by them. Additionally to make a practical guide that helps these companies to implement a formal system for handling and controlling spare parts inventory taking advantage of all their benefits.

In the investigation of real Colombian small companies the following hypothesis were proved: The firms that were visited neither invest recourses in implementing and maintaining correct practices at the spare parts warehouse nor have idea of the cost that their practices are generating. They are just facing everyday's problems and reacting to them with quick fixes. On the other hand, the academic studies in warehouse management, inventory control and demand forecasts, are already well developed by several authors with high statistical knowledge. However the companies of our study need to understand the importance, the impact and the basis in order to take the decision and commitment to implement them.

The document will have clear information to start implementing good practices inside the inventory warehouse, how to control their cost and quantities and all necessary steps to apply spare parts demand forecasting.

---

\* Monograph

\*\* School of Mechanical Engineering. Maintenance management Specialization. Director: Dr. Luis Alberto Mora Gutierrez

## **INTRODUCCION.**

La pequeña industria en Colombia se encuentran en todos los sectores, Alimentos, Cuero y Calzado, Muebles y Madera, Textil y Confecciones, Artes Gráficas, Plástico y Químico, Metalúrgico y Metalmecánica, Auto-partes y Minerales no Metálicos, pero la mayoría de ellas aunque tienen el personal calificado y la maquinaria necesaria nunca puede llegar a obtener la estabilidad que provee establecer relaciones comerciales con grandes industrias y multinacionales, la normatividad que estas multinacionales exigen a sus proveedores es alta y representa un costo que para las pequeñas empresas es imposible de manejar.

Las normas ISO, QS, TS entran a cada industria y examinan las entrañas de ella argumentado de forma real que cada punto que exigen es para el bien de la pequeña empresa y para sus clientes pues le genera calidad, cumplimiento y control del impacto ambiental. Las áreas de mantenimiento y manufactura están vinculadas a cada una de estas normas como actores fundamentales de ellas, ¿pero a que costo? si el paradigma actual de toda industria sin excepción y por el tipo de administración, afirma que el rubro utilizado para mantenimiento es tan sólo un gasto, entonces para que invertir tiempo y dinero en manejo de inventarios de repuestos, en control de compras, en análisis de oportunidad, en mantenimiento preventivo si lo importante es bajar este gasto.

Las pequeñas empresas se conforman con negocios pequeños que las mantienen vivas pero no las llevan a otro nivel, escogen arriesgar la mantenibilidad de su maquinaria comprando solo lo que se va dañando evitando tener inventarios de repuestos que aumentan sus costos, y escogiendo por obligación un mantenimiento correctivo sin interpretar sus costos reales.

La inversión de maquinaria de segunda mano a países donde la teoría del mantener dejó de existir y donde predomina la reposición total de elementos es otro problema que las empresas colombianas deben enfrentar.

Este fenómeno de compra del usado obliga a los dueños de las empresas a realizar una segunda inversión para poner a punto la maquinaria que acaba de adquirir, la verdad es que el costo de una máquina nueva seguramente duplicará la suma de compra y puesta a punto de una de segunda mano. Pero que pasa en el almacén de repuestos, como lidiar con el tema de no encontrar repuestos para la máquina adquirida, o tener que pagar sumas increíbles por un repuesto que ya dejó de fabricarse y tener que comprar las últimas existencias en el exterior y llenar el almacén por aviso de fin de producción y destrucción de inventarios, política que utiliza SIEMENS por ejemplo.

Es por eso que de ahora en adelante tomaremos el almacén de repuestos como el corazón de mantenimiento y de este dependerán las acciones a realizar en las máquinas y no al contrario.

Resolveremos cuestionamientos tales como ¿cómo llevar un acertado manejo del almacén?, ¿qué tipo de repuestos se deben guardar?, ¿cuando comprar?

Las herramientas que permiten administrar y controlar el almacén de insumos en mantenimiento se considera una herramienta avanzada debido a que es capaz de generar ahorros sustanciales en la gestión de mantenimiento y por supuesto a la compañía<sup>1</sup> (Alberto Mora, mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicio)

---

<sup>1</sup> MORA, Luis. Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicio. Envigado, 2007. p 225.

## **1. MANEJO ACTUAL DE INVENTARIOS DE REPUESTOS EN EMPRESAS COLOMBIANAS.**

Las empresas que se han escogido tienen un máximo de 200 empleados las cuales son consideradas como pequeñas, todas estas empresas tienen equipos que fueron comprados de segunda mano y en muy pocas ocasiones nuevos.

Todos los equipos nuevos son entregados con documentos donde se encuentra un listado general de partes con su número respectivo para ser adquirido, y en ocasiones traen hasta los elementos mas críticos que se deben tener en almacén, pero aquellas que son de segunda mano en algunas ocasiones no cuentan con los documentos para solicitar las piezas y mucho menos con algún tipo de ayuda que entregue información para definir las piezas mas críticas y que se deben tener en inventario.

Todas las máquinas tienen infinidad de piezas y ninguna empresa está en capacidad de tenerlas todas como repuestos es por eso que las empresas han optado por seguir la práctica más sencilla identificar los elementos que mas se dañan y estos son los necesarios tener en bodega. Es una práctica de alto riesgo pero para una empresa que no cuenta con el personal calificado y sin la información suficiente es necesario correr ese riesgo.

Este documento debe servir de guía para aclarar todas las inquietudes y permitir al empresario Colombiano el manejo adecuado de la bodega de repuestos y sobre todo contar con máquinas que provean seguridad para realizar negocios, ahora más que nunca pues la industria Colombiana esta pasando por una época de cambios económicos como el TLC los cuales pueden beneficiar o exterminar por completo las pequeñas empresas así cumplir Las normas QSB, ASES y TS

16949 utilizadas y exigidas en el sector automotriz para ensambladoras y proveedores.

Realizar una buena gestión en el manejo de inventarios de repuestos, garantiza la reducción de costos a nivel operativo en las compañías y el cumplimiento de las normas que exigen las grandes industrias y multinacionales al igual que el estado, así se puede incrementar las posibilidades de negocio.

El alcance de este Documento es proponer un sistema de gestión de inventarios para la pequeñas empresas como resultado de investigar y analizar los métodos teóricos para manejo de inventarios, lo que piden las normas de calidad, otras normas particulares y el manejo que se esta dando actualmente en algunas compañías.

Las empresas y sus dueños están en constante búsqueda de nuevas posibilidades de negocio y concientes de la importancia de tener clientes de gran escala aun siendo empresas pequeñas tratan de hallar herramientas o estrategias que les permita ingresar a un sistema de normatividad exigente.

La gestión de inventarios se considera como una herramienta fuerte dentro de mantenimiento pues de aquí se pueden generar grandes ahorros para la compañía.

Dentro de las herramientas que se utilizan para obtener información mas ajustada a la hora de solicitar materiales encontramos los pronósticos de demanda que permite realizar el ejercicio de manejar los inventarios disminuyendo el costo en bodega y aumentando la disponibilidad de las máquinas.

## 2 INVESTIGACION DE CAMPO

Sé visitaron varias empresas en Bogota, para saber cómo se manejan los inventarios de repuestos e insumos de mantenimiento y encontramos los siguientes:

### **Empresa de manufactura.**

Empresa del sector auto-partes, maneja un total de 500 empleados en épocas de alta producción, cuenta con una área de mantenimiento de 22 personas para toda la compañía (4 sedes) en los que se incluyen el personal que maneja la bodega de repuestos.

El almacén o bodega de repuestos tiene comunicación directa con el área contable y compras a través de un sistema llamado priority y es utilizado en bodega como cardes. El bodeguero tiene una cartilla de los equipos de la empresa donde revisa cual es el máximo inventario que debe tener y en que momento debe comprar los repuestos de estos equipos.

Detectamos que aunque tienen un sistema que parece ordenado mas del 50% del inventario físico que se encuentra en esta bodega son elementos obsoletos que ya no se pueden utilizar sobre los equipos o máquinas que se encuentran operando, observamos también que algunos de los elementos que se consideraban como críticos se compraban en cantidades descontroladas como las correas y por no tener una buena práctica de almacenamiento estas se dañaban antes de ser utilizadas.

### **Ilustración 1. Evidencia fotográfica bodega Empresa 1.**



#### **Empresa sector plástico.**

Empresa del sector plástico, cuenta con mas de 500 empleados, tiene un equipo de mantenimiento distribuido según la especialidad del mecánico (Eléctricos y mecánicos) y el área correspondiente de trabajo (inyectoras, selladoras) una sola planta puede tener mas 20 mecánicos y por extraño que parezca no tienen una bodega de repuestos, estos se manejan directamente en el taller y se piden cada vez que fallan o cuando se detecta que está a punto de fallar. Manejan un máximo de compras de 2.000.000 de pesos al mes por área de producción motivo por el cual algunas veces deben arreglar en repetidas ocasiones elementos para que las máquinas trabajen arriesgando la integridad de esta. En este caso el valor de la bodega de repuestos es bastante bajo pero el costo de las reparaciones y el costo por no tener es bastante alto.

## **Ilustración 2 Evidencia fotográfica bodega empresa 2.**



### **Empresa de compresores**

Esta empresa a comparación de las dos anteriores se encarga de vender compresores a nivel nacional y dentro de sus servicios encontramos convenios de mantenimiento para todos sus clientes. Esta empresa maneja una gran bodega de repuestos, con un mínimo stock que es manejado según la cantidad de equipos de la misma referencia o equipos que compartan los mismos elementos que han sido instalados en el país. Tienen además un software para manejo de hojas de vida de cada equipo que han instalado y por medio de algunos datos que piden al inicio del convenio con el cliente saben con anterioridad en que momento deben solicitar los repuestos que no se manejan en inventario por su costo y solo son pedidos cuando se va a generar un mantenimiento preventivo. Presentan adicionalmente una gama de repuestos nacionales homologados que son utilizados para dar rápida solución cuando el elemento con problemas no es manejado en inventario, de esta manera impactar lo menor posible a sus clientes sin arriesgar el equipo pero debe ser cambiado una vez llegue tengan el original.

Se visitaron otras compañías que tienen el mismo tipo de comportamiento de las antes expuestas.

## 2.1 ANALISIS DE INFORMACION

Se puede concluir después de visitar mas de 10 empresas en Bogota y de diferentes sectores que el control de inventarios de partes y repuestos en Colombia en empresas de manufactura y servicios se caracteriza por la inapropiada inversión en materiales, la contratación de personal de bajo nivel y bajo costo que no tiene las competencias ideales para el manejo comprometido de una bodega de repuestos, consecuencia de esto una clasificación equivocada de materiales, codificación deficiente sin relación a la parte, a la actividad que realiza o al lugar de almacenamiento, poca rotación de inventarios, alto valor de los inventarios, debido al almacenamiento de obsoletos o exceso al comprar, alto porcentaje de obsoletos, bajo nivel de servicio, porque no se atienden solicitudes de Materiales de almacén, desconocimiento de los costos de comprar, almacenar y agotar, compras de artículos basados en criterios subjetivos originando sobre inventario o falta de el.

Manejo de pedidos mediante el sistema de mínimos y máximos sin criterios técnicos apropiados generando pedidos antes de tiempo y sin tomar en cuenta la dinámica operativa de los equipos<sup>2</sup>.

Control de inventarios con registros atrasados y limitada correspondencia entre los inventarios reales y lo que se encuentra en el sistema, algunas empresas ya con ayudas por software especializado y otras simplemente con Excel. Igual tratamiento para cada artículo sin tomar en cuenta cuáles son críticos y cuáles no

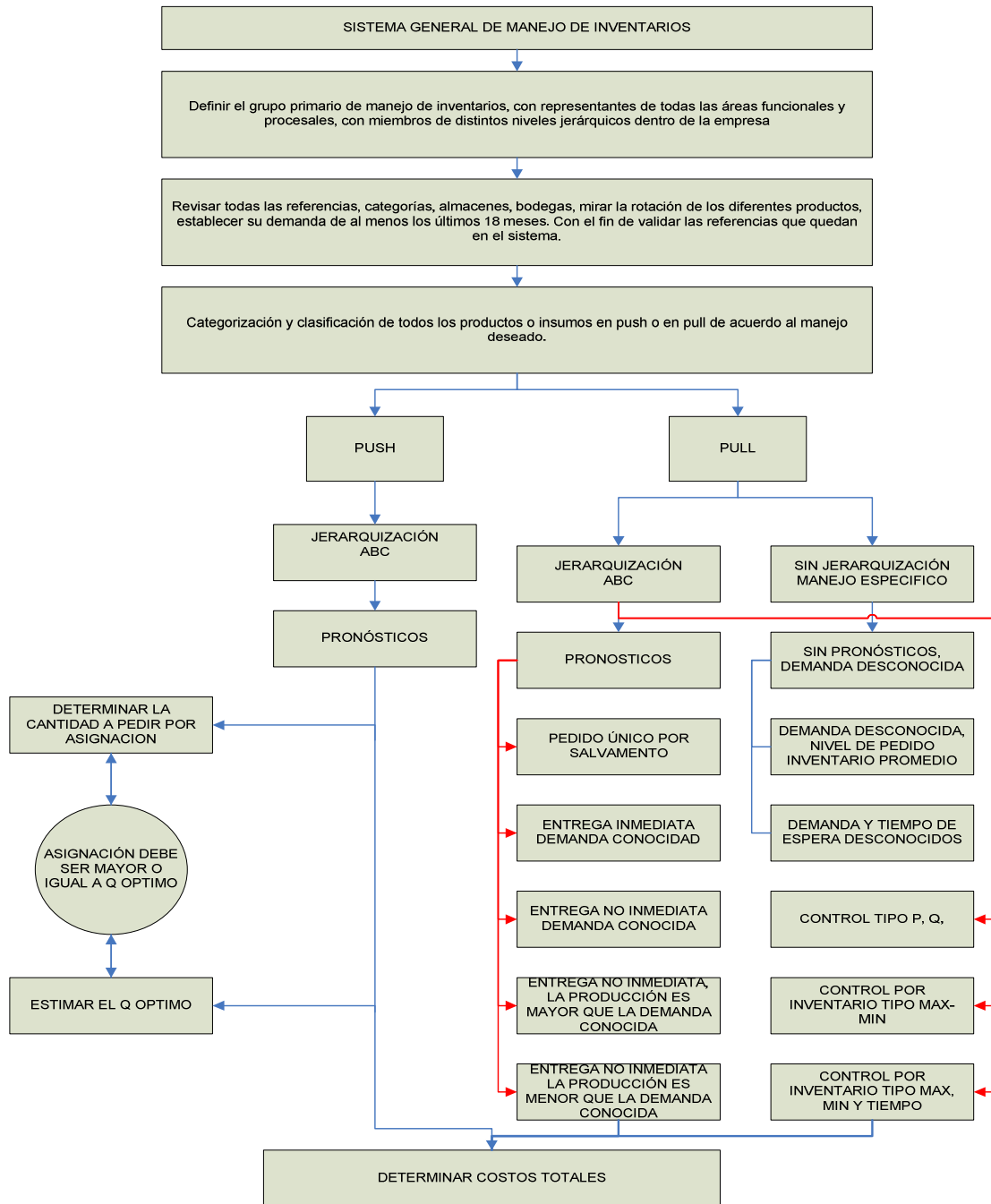
---

<sup>2</sup> DIAZ, Ángel. Gestión de materiales para mantenimiento. Grupo TPMonline.

los son. Material obsoleto no desincorporado. Dificultad en el manejo de material excedente de proyectos.

### 3 GUIA DE GESTION DE INVENTARIOS

Ilustración 3 Modelo General de manejo de inventarios



Fuente Bibliográfica .Alberto Mora G

### 3.1 GESTION DE INVENTARIOS

El manejo y control de inventarios en las empresas y toda la logística que interviene en ello se define como gestión de inventarios y tiene los siguientes objetivos:

- Bajar los costos de almacenamiento
- Elevar el nivel de servicio o disponibilidad.

Cuando hay toda una logística montada para la compra de elementos tiene que estar totalmente identificado el grupo de trabajo para definir responsabilidades y clarificar costos. Si el grupo no existe tiene que crearse.

#### CONCEPTOS BASICOS.

##### CONSUMO

Es la cantidad de unidades de un artículo que son retiradas del almacén en un periodo de tiempo dado<sup>3</sup>.

##### DEMANDA

La cantidad y calidad de bienes y servicios que pueden ser adquiridos a los diferentes precios del mercado por un consumidor (demanda individual) o por el conjunto de consumidores.

La diferencia entre demanda y consumo radica en que el primero de ellos se refiere a las unidades despachadas mientras el otro se refiere a las solicitadas.

---

<sup>3</sup> DIAZ, Ángel. Gestión de inventarios en mantenimiento. Caracas 1991. p.27

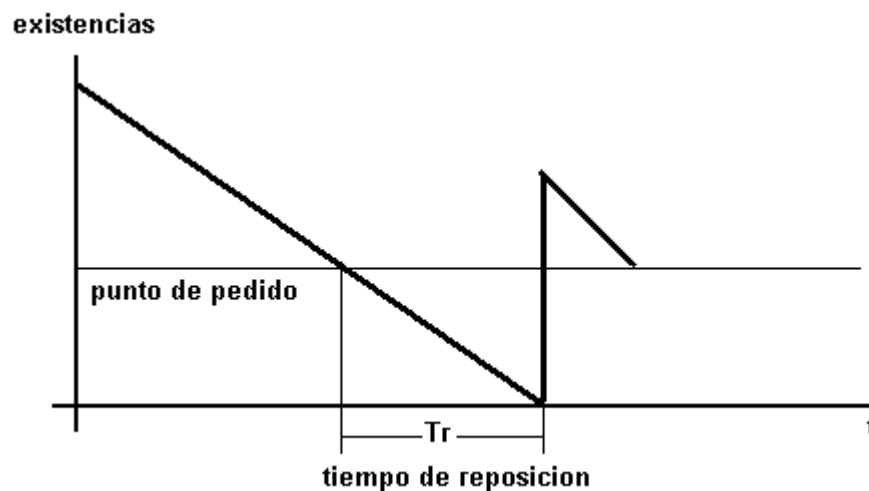
## TIEMPO DE REPOSICION

Conocido como lead time es el tiempo comprendido entre la detección de la necesidad de comprar cierta cantidad de material y el momento que este llega físicamente al almacén por lo tanto este tiempo es variable y depende de muchos factores como ubicación del proveedor, si son de serie o especiales, de disposiciones arancelarias, etc.

## CURVA FUNDAMENTAL DE INVENTARIOS

Es la relación entre consumo, el tiempo de reposición y tiempo de pedido.

### Ilustración 4 Grafica general de inventarios.



Fuente Bibliográfica .Ángel Díaz Matalobos.

### 3.1.1 INVENTARIOS

Los inventarios son una herramienta útil en mantenimiento y se define como una provisión de materiales, sub-componentes o repuestos que tienen como objeto satisfacer la demanda de los clientes que para el caso de mantenimiento son todas las máquinas que participan de los procesos de producción.

A través de los inventarios se recopila información de la rotación de cada elemento, su demanda, esta información debe tener como mínimo una historia de 18 meses para tener datos suficientes, una vez se tenga un histórico confiable se debe hacer seguimiento en tiempo real.

Los inventarios solo son justificables cuando:

- La demanda es mas alta que la oferta es decir que el tiempo de producción de los repuestos es mayor que el tiempo de consumo.
- El tiempo de transporte o la distancia donde se consume es grande, situación frecuente cuando hablamos que todas las máquinas son Alemanas, Italianas, o Norte Americanas.

Estos suelen aparecer en las empresas por otras razones: por especulación cuando se guarda material esperando un cambio en su precio, como colchón como protección mientras se reaprovisiona, por consumo regular que atienden la demanda normal, y por obsoletos debido a cambios tecnológicos.

La existencia de inventarios trae diferentes beneficios:

- Los productos están cerca del cliente.
- Respuesta pronta de las necesidades y requerimientos de los clientes, mejora la atención.
- Disminución de procesos de transporte.

Depende de equilibrar bien el stock lo que hace a los inventarios una buena herramienta pues el exceso incrementa el costo de almacenamiento, pero mejora la atención y el caso contrario baja el costo de almacenamiento pero igual se baja el nivel de atención.

Una vez se conocen los elementos que se tienen en la bodega estos se deben jerarquizar en dos grupos, Elementos tipo PUSH o elementos tipo PULL.

### 3.1.2 INVENTARIOS TIPO PUSH

“Los artículos Push siempre deben estar disponibles en el almacén una vez se agota el inventario establecido o se llega al nivel de reposición se debe solicitar el material”<sup>4</sup> para mantener los niveles deseados, en general el tipo de manejo Push se adopta cuando es necesario tener inventario de repuestos pues el impacto de no tenerlos es bastante alto, o porque la demora en la importación así lo requiere.

Fuente Bibliográfica .Alberto Mora G

La estimación de la cantidad de pedido óptimo en las referencias *Push*, se realiza mediante la aplicación de la siguiente fórmula que optimiza los costos de almacenamiento y manejo del inventario.

---

<sup>4</sup> MORA, Luis. Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios. Envigado, 2009. p 230.

**Ecuación 1.** Cantidad optima a pedir. Con el mínimo costo para reponer inventario.

$$\text{Costo total de pedir} = \frac{D}{Q} * S + \frac{I * C * Q}{2}$$

*Donde:*

*TC= costo total pertinente anual en unidades monetarias (U.M)*

*Q= tamaño del pedido a realizar para reponer el inventario deseado de la referencia requerida*

*D= demanda anual del articulo requerido*

*S= costo de adquirirlo, es decir el costo de lanzar un pedido*

*C= costo de una unidad del articulo en estudio, el valor de una unidad de la referencia en reposición.*

*I= costo del manejo de la referencia en las bodegas o almacenes*

*El termino D/Q es el número de veces que se colocan pedidos de esa referencia en un año*

Si se deriva la expresión anterior contra el costo, buscando optimizar el valor para determinar la cantidad optima  $Q^*$  a pedir, se encuentra matemáticamente la expresión.

**Ecuación 2.** Pedido óptimo con el mínimo costo

$$\text{Pedido optimo con el minimo costo} = Q^* = \sqrt{\frac{2 * D * S}{I * C}}$$

**Ecuación 3.** Número óptimo de pedidos por año

$$N = \sqrt{\frac{D^*}{Q}}$$

**Ecuación 4.** Tiempo óptimo entre pedidos.

$$T^* = \frac{Q^*}{D}$$

Fuente Bibliográfica Ecuación: Ballou,2004,345.

Una vez se ha determinado el método del manejo de inventarios mediante su categorización se utiliza el método de clasificación ABC para darles un manejo adecuado y gerencial.

### 3.1.3 INVENTARIOS TIPO PULL

En los pull lo mas importante es el almacén local, no tiene en cuenta el hecho que haya inventario dentro del resto de la cadena productiva su reabastecimiento depende de las necesidades no de los pronósticos<sup>5</sup>. (Los push se basan en el pronóstico de los puntos de almacenamiento).

Los artículos Pull solo se piden al proveedor cuando son solicitados por el cliente o en nuestro caso cuando la máquina lo necesita, normalmente los elementos más costosos y los de escasa demanda se clasifican dentro de este grupo. El tiempo de espera o lead time es uno de los criterios más importantes para este tipo de artículos.

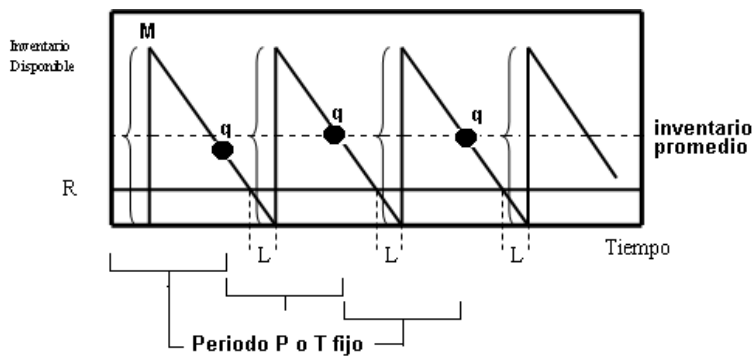
---

<sup>5</sup> MORA, Luis. Pronostico de demanda e inventarios. Envigado, 2008. p 266.

Para el manejo de elementos de mantenimiento es el mas recomendado debido a que disminuye el costo de almacenamiento porque el inventario será solamente un remanente de lo solicitado.

Para trabajar con este tipo de sistema es necesario primero que todo escoger el sistema de control a utilizar los mas comunes son el tipo Q, el P y el TMR que se van a ver mas adelante.

### Ilustración 5 Parámetros relevantes en reposición PULL



ROP(R)=nivel de reposición

M=inventario máximo.

q= Nivel de inventario actual.

- =Puntos donde se pide Q variable o fija.

En algunas ocasiones existen elementos únicos que no sirven para otra máquina para hacer pedidos de este sin riesgo de dejar demasiados remanentes se utiliza la siguiente fórmula.

### Ecuación 5. Estimadores de cantidad únicas especiales en pull.

$$Q^* = P + Z * S_d$$

Donde:

$P$  = Pronostico calculado de demanda total

$S_d$  = Desviación estándar de lo hasta ahora demandado.

*Z=Se obtiene de la distribución normal de una probabilidad dada.*

**Ecuación 6.** Probabilidad que permite estimar la Z de la distribución normal

$$\text{Probabilidad (P)} = \frac{\text{Utilidad unitaria}}{\text{Utilidad unitaria} + \text{perdida unitaria}}$$

*Donde:*

*Utilidad unitaria = Venta o costo total – precio unitario de adquisición*

*Pérdida unitaria = precio de adquisición unitario proveedor – costo de salvamento*

Fuente Bibliográfica Ecuación: Ballou,2004,358-360.

Para el caso especial del área de ingeniería o mantenimiento de donde el consumo es interno no existe un precio de venta pues la demanda sucede en la misma compañía pero para saber su costo real una vez se adquiere se debe tener en cuenta la siguiente formula para su cálculo:

**Ecuación 7.** Precio estimado de venta

$$\text{Precio estimado de venta} = I + S + C + F + O$$

*Donde:*

*I= costo de manejo o almacenamiento*

*S= Costo de adquirir cada producto que existe en el inventario*

*C= Costo de compra*

*F= costo financiero. Donde las tasa de inflación es alta.*

*O= otros en caso de existir*

Fuente Bibliográfica Ecuación: Mora,2007,276.

### 3.1.4 CLASIFICACION EN REPARABLES Y CONSUMIBLES

Es probable que esta sea la clasificación más importante para la gestión de materiales para mantenimiento. Los materiales reparables son aquellos que no pierden sus propiedades intrínsecas con el primer uso ya que pueden ser reparados y llevados condiciones iniciales, este tipo de artículo conserva su valor, se considera activo fijo y esta sujeto a devaluación, se puede decir que la empresa podría venderlo en cualquier momento.

Los consumibles por otro lado pierden su valor con el primer uso por lo tanto no existen para la empresa y por lo general cuando el costo es bajo aunque tenga características de reparables se consideran consumibles<sup>6</sup>.

En general podríamos decir que los reparables están formados de consumibles.

### 3.1.5 CLASIFICACION ABC

La clasificación de los productos que se demandan acorde al grado de importancia de los mismos, esto se realiza mediante una clasificación ABC, derivada del principio de Pareto hecho por Wilfredo Pareto<sup>7</sup>.

El tipo A mantiene un nivel excelente de inventarios y se utiliza para piezas que tienen dificultad de adquisición (1.25 veces la demanda).

El tipo B mantiene un nivel medio de inventario, utilizado para piezas que son importantes para la operación pero la adquisición no es complicada (0.75 veces la demanda).

El tipo C no mantiene inventarios o son mínimos y se utilizan para elementos de fácil adquisición y poco impacto (0.35 veces la demanda).

---

<sup>6</sup> DIAZ, Ángel. Gestión de inventarios en mantenimiento. Caracas, 1991. p 60.

<sup>7</sup> Mora, Luis. Pronósticos de demanda e inventarios. Envigado, 2008. p 266.

El principio de ABC jerarquiza los productos o insumos acorde a la cantidad de unidades usadas y el precio de las mismas, el concepto del monto económico que representa el consumo durante un periodo de tiempo, es el concepto más importante para definir la categoría A, B o C de cada ítem o materia prima.

El 10% de las referencias representan al menos el 75% de la cifra que se utiliza en el total del inventario (Tipo A)

El 35% de las referencias representan el 20% de la demanda total (Tipo B);

El 55% de los artículos mueve otro 5% de la cantidad global que se demanda (Tipo C) (Arbones).

El proceso de clasificación ABC se realiza de la siguiente manera:

- inicialmente se tabulan los datos reales.
- luego se ordenan de mayor en Y (porcentaje acumulado de la cantidad monetaria usada en promedio anual o de los últimos 18 meses, que se obtienen de multiplicar el volumen de cada referencia por su precio).
- El proceso continua al calcular X, que es la contribución en porcentaje de referencias acumuladas (por ejemplo si son 10 referencias, el articulo 1 contribuye con una X de 1/10 igual a 0.1 o al 10%, la referencias 5 con una X del 50%, y así sucesivamente)<sup>8</sup>, luego se calcula el A (Apoyo Logístico) con las formulas que se dan más adelante

### **Ecuación 8. Apoyo Logístico**

---

<sup>8</sup> MORA, Luis. Pronostico de demanda e inventarios. Envigado, 2007. p 266.

$$A = \frac{X * (1 - y)}{(Y - X)}$$

*Y: porcentaje acumulado de la cantidad monetaria anual.*

*X: porcentaje acumulado de artículos*

Si despejan X y Y quedan así:

**Ecuación 9.** Porcentaje acumulado de la cantidad monetaria.

$$Y = \frac{X * (1 - A)}{(A + X)} = \frac{1 + A}{1 + \frac{A}{X}}$$

**Ecuación 10.** Porcentaje acumulado de la cantidad monetaria.

$$X = \frac{A * (Y - 1)}{(1 - Y)}$$

Fuente Bibliográfica Ecuación: Mora, 2007, 267

Si al realizar la evaluación de A se encuentra que es muy disímil en las diferentes referencias, se concluye que no hay una política de jerarquización y de prioridad en el manejo de inventario. Si por el contrario el valor de A es similar para todos los artículos se concluye que ya tiene jerarquización con ABC y por ende la distribución del inventario en cuanto al porcentaje de artículos que representan cierto porcentaje de la demanda global.

El paso siguiente es utilizar una política de clasificación de Arbones que se mencionó al comienzo pero existen otras como la de Ballou igualmente válidas.

**Ecuación 11.** Demanda promedio en función del pronóstico

$$\text{Demanda promedio} = \frac{\text{Demanda del ultimo periodo} + \text{Pronostico periodo venidero}}{2}$$

Fuente Bibliográfica Ecuación: Mora, 2007, 273

### 3.1.6 CLASIFICACION DE MATERIALES POR CRITICIDAD

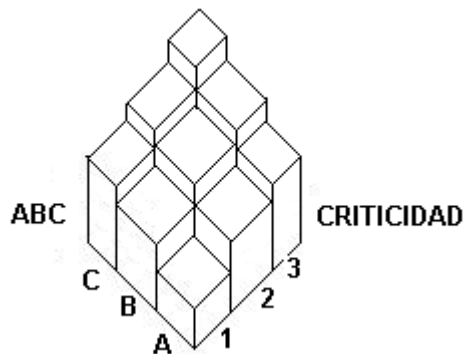
Un factor adicional que se debe tener en cuenta en la clasificación de los materiales es la criticidad de los mismos, esto se refiere al impacto que puede tener el elemento que hace falta sobre la producción. El método más utilizado para realizar esta clasificación es asignar grupos de criticidad del 1 al 3 donde 1 es el más crítico y 3 el menor.

Esta herramienta de clasificación es muy útil igual que el método ABC pero la unión de ellas dos es la mejor forma para concentrar los esfuerzos en pequeñas cantidades de referencias realmente importantes<sup>9</sup>. Cuando se hace esta unión se obtiene una matriz de referencias que nos permite visualizar a cuáles se les debe realizar procesos de control y a cuáles no.

#### **Ilustración 6 Matriz esquemática clasificación de elementos por Criticidad-ABC.**

---

<sup>9</sup> DIAZ, Ángel. Gestión de inventario de mantenimiento. Caracas, 1991. p 265.



### 3.1.7 MODELOS DE CONTROL DE MATERIALES.

Estos modelos son utilizados generalmente para sistemas tipos PULL, el cual es el más recomendado para el manejo de materiales para mantenimiento dado que depende de la demanda.

#### 3.1.7.1 Modelo de control Q o por cantidad

Este modelo permite ordenar la cantidad, siempre que el inventario caiga al nivel  $N_r$ , o nivel de reorden el cual es una función del tiempo de entrega, entre colocar y recibir un pedido. Los valores óptimos de  $N_r$ , se determinan minimizando el costo esperado por unidad de tiempo que incluye la suma de los costos de preparación, conservación y faltante. El inventario debe ser continuamente monitoreado para asegurar que el punto definido como de reorden se cumpla o no.

La ecuación utilizada para la cantidad óptima es la ecuación numero 2 que hace referencia al pedido óptimo con el mínimo costo.

En caso de que la reposición no sea inmediata a la expresión de pedido óptimo se le debe agregar

**Ecuación 12.** Lead time mayor a cero.

$$\sqrt{\frac{p}{p-d}}$$

Entonces la expresión final queda

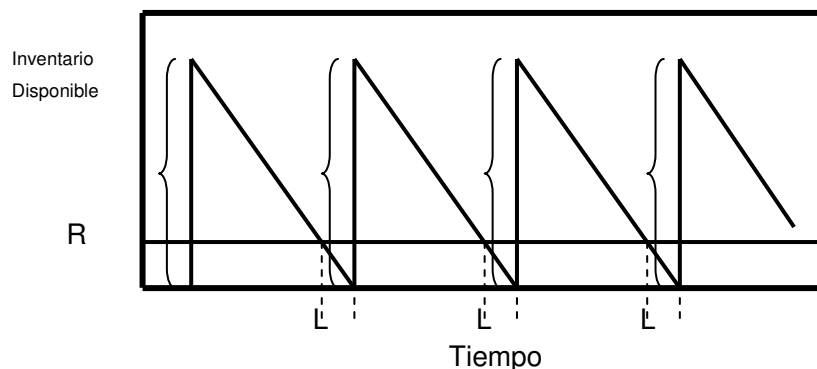
**Ecuación 13.** lead time mayor a cero.

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 * D * S}{I * C}} \sqrt{\frac{p}{p-d}}$$

El modelo tiene 3 suposiciones

- la demanda no satisfecha durante el tiempo de entrega se acumula.
- No se permite más de una orden pendiente.
- La distribución de la demanda durante el tiempo de entrega permanece estacionaria (sin cambio) con el tiempo.

**Ilustración 7** Modelo Básico de cantidad fija de pedidos.



Fuente Bibliográfica Grafica: Chase 2003,586

3.1.7.2 Modelo de control P o por tiempo.

El modelo de periodo de tiempo fijo

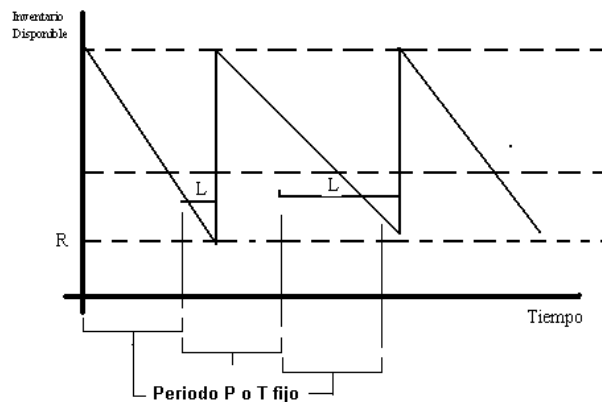
Es aconsejable en situaciones cuando:

- El inventario se cuenta en determinados periodos.
- Visitas rutinarias a los clientes.
- Cuando se desea ahorrar en los costos de transporte.
- Cuando se opera con base en un periodo de tiempo fijo.

No exige conteo continuo de inventario disponible. Las existencias pueden agotarse cuando la demanda es grande.

La reserva de seguridad debe proteger el agotamiento de existencias durante el periodo de revisión y el plazo que transcurre entre la colocación del pedido y la recepción del mismo.

### Ilustración 8 Modelo de tiempo fijo.



Los sistemas anteriores (Q y P) presentan ciertos riesgos a la hora de trabajar con ellos, el sistema Q tiene la posibilidad que la demanda no se repita generando remanentes y los P la posibilidad que el tiempo sea demasiado alcanzando su valor cero, por eso se utiliza el siguiente sistema que elimina estos dos problemas.

### 3.1.7.3 Modelo T-R.M.

En este modelo el requerimiento se activa cuando el inventario ha disminuido hasta un valor mínimo estipulado, y es revisado en términos de tiempo constantes definido inicialmente.

Este modelo se conoce como el sistema de máximos y mínimos en pull y el valor máximo y mínimo del inventario se obtiene de las siguientes ecuaciones.

#### **Ecuación 14. MODELOS TRM.**

$$M = ROP + Q^* - DE \frac{D}{Q} S + \frac{Q}{2} H$$

CON

$$ROP = d * LT + Z * Sd + DE$$

y

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 * D * S}{I * C}} = \text{Pedido optimo al minimizar costos}$$

*Z se obtiene de la distribucion normal para una probablilidad dada*

*DE = deficit esperado en el peor de los eventos*

*Sd = desviacion es tan dar de la demanda.*

*LT = tiempo de entrega*

Estas ecuaciones son exactamente las misma del sistema R M la diferencia radica en la revisiones periódica en tiempos constantes.

## **3.2 COSTOS**

El costo en el inventario representa una preocupación muy alta para las empresas, es el punto donde las empresas deciden tomar cartas en el asunto. Las principales causas para que se vea un incremento en el costo se ven a continuación:

### 3.2.1 COSTO DE PEDIR

Este valor se asocia al hecho de comprar el elemento deseado con ciertas características técnicas en un tiempo determinado y todo su proceso administrativo vinculado al elemento, requerimiento, cotizaciones, negociaciones, orden de compra, incluyendo el tiempo que cada persona se toma en realizar esta gestión mas los elementos utilizados. Este costo normalmente es el mismo para varios elementos y por lo general se calcula solo una vez.

### 3.2.2 COSTO DE SOSTENER.

En este costo se relaciona todos los aspectos que se involucran dentro del mantenimiento de un almacén de repuestos como el costo de la bodega, el costo financiero del valor total de la mercancía almacenada en promedio, costos de seguros e impuestos, y el costo por obsolescencia.

**Ecuación 15.** Ecuación de costo de sostener.

$$TC = \frac{Q}{2} H$$

### 3.2.3 COSTO DE AGOTAR.

En este costo se relaciona el tiempo de paro de las líneas de producción por falta de los elementos en almacén, transporte adicional y todo el proceso logístico en paralelo que se debe realizar para conseguir y solucionar el problema ocasionado.

**Ecuación 16.** Ecuación de costo de agotar.

$$CA = \frac{D}{Q} S$$

**Ecuación 17.** Costo anual total

$$TC = DC + \frac{D}{Q} S + \frac{Q}{2} H$$

*TC: costo Anual Total*

*D: Demanda*

*C: Costo por unidad*

*Q: cantidad*

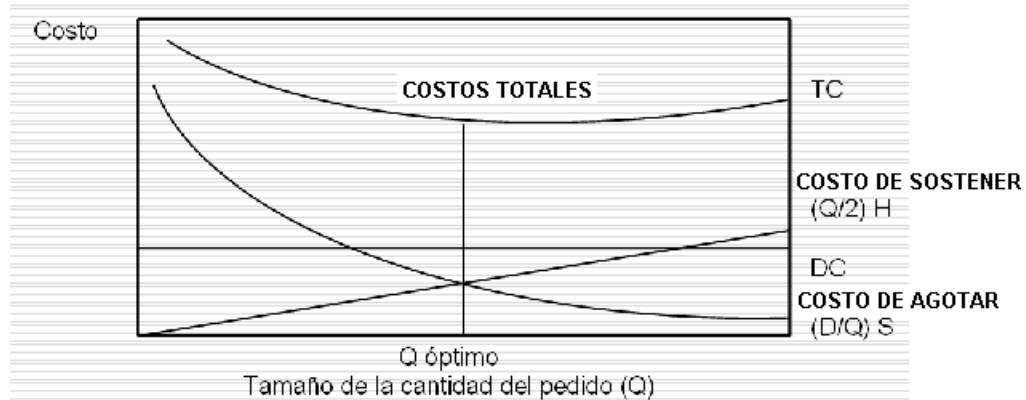
*S: Costo de Preparación*

*L: Plazo de reposición*

*H: Costo anual de mantenimiento y almacenamiento.*

Fuente Bibliográfica Ecuación: Chase,2007,586

**Ilustración 9** Presentación grafica de costos.



### 3.3 NIVEL DE SERVICIO

El objetivo de los inventarios es mantener una disponibilidad suficiente de referencias y volúmenes, que logren satisfacer la demanda que se requiere. Esta se calcula en base a las referencias que se solicitan por el cliente<sup>10</sup>.

#### Ecuación 18. Nivel de servicio

$$\text{Nivel de servicio} = 100\% - \frac{\text{Cantidad no entregada por periodo}}{\text{Demanda total del periodo}}$$

### 3.4 ALMACEN DE REPUESTOS

Para manejar un inventario de cualquier elemento lo primero que se debe tener es el almacén o bodega de repuestos la cual debe ser un área destinada para guardar únicamente elementos de importancia para mantenimiento, este almacén

<sup>10</sup> MORA, Luis. Pronósticos de demanda e inventarios. Envigado, 2009. p 265.

debe tener ciertas características pues en el reposarán partes mecánicas, eléctricas, electrónicas, etc. No todas las piezas requieren las mismas características de almacenamiento es por eso que se debe tener en cuenta lo siguiente.

- a. Las partes electrónicas deben ser almacenadas fuera del alcance de cualquier elemento magnético, en ambiente seco dentro de cajas y protegidos por bolsas dieléctricas, muchas de las piezas que no son guardadas bajo estas condiciones tienen poca vida útil o no funcionan al momento de ser conectadas.
- b. Partes eléctricas deben ser guardadas en ambientes secos para evitar la corrosión de los contactos mantener dentro de su caja, en caso de motores siempre deben ser guardados horizontalmente con el eje hacia fuera del estante para poder acceder para realizar movimientos que eviten que los rodamientos se peguen (preventivo en bodega).
- c. Para piezas mecánicas, si son metálicas deben ser bañadas en aceite para disminuir su corrosión, los rodamientos por ejemplo no deben ser sacados de su bolsa hasta que se vayan a utilizar, estos están bañados en aceite en el Interior de la bolsa para su conservación.
- d. Las barras de soldadura deben almacenarse en hornos que garanticen ambiente seco y no menos de 22 grados centígrados.

Establecer políticas para el manejo del almacén es parte fundamental de la organización del mismo y son diferentes para cada empresa y del cumplimiento de

ellas depende su éxito. Las primeras políticas que se deben optar una vez se decide por tener un almacén de repuestos son las siguientes:

Volumen de almacenamiento, distribución de estantes y selección de código alfanumérico para organización de los elementos.

Es muy importante seleccionar lo que se va almacenar, el tamaño del almacén de repuestos es proporcional al número de máquinas y al tamaño de ellas, entre mas máquinas mas elementos se tienen y cuando las máquinas son grandes los repuestos son grandes también.

Una práctica recomendable es medir y pesar cada repuesto para saber el volumen que ocupa y de esta manera saber el espacio que se necesita, la estructura física y herramientas necesarias para su almacenamiento y movimiento.

El siguiente paso es identificar los elementos bajo un código especial. Este código es muy importante de este depende el correcto uso e identificación del elemento. La práctica más común es utilizar códigos alfa-numéricos que indiquen la mayor cantidad de características posibles del elemento y su ubicación de almacenamiento.

#### 3.4.1 DISTRIBUCION DE ESTANTES.

Es Una práctica común dentro de la distribución en los almacenes de repuestos realizar matrices de ubicación como podemos observar a continuación donde el estante A tiene ubicación en letras y el B en números, cualquiera es igualmente valido pero en algunas ocasiones es mejor utilizarlo de forma mixta números para filas y letras para columnas.

**Ilustración 10 Modelo de organización de estantes.**

| Estante A |   |   |   | Estante B |   |   |   | Estante C |  |    |   |   |   |
|-----------|---|---|---|-----------|---|---|---|-----------|--|----|---|---|---|
| Aa        | B | C | D |           | 1 | 2 | 3 | 4         |  | A1 | B | C | D |
| b         |   |   |   |           | 2 |   |   |           |  | 2  |   |   |   |
| c         |   |   |   |           | 3 |   |   |           |  | 3  |   |   |   |
| d         |   |   |   |           | 4 |   |   |           |  | 4  |   |   |   |

**3.4.2 CODIGO ALFANUMERICO.**

El código alfanumérico como su nombre lo indica tiene parte numérica y parte en letras, es utilizado en ocasiones para describir de forma rápida un evento, sujeto, lugar o actividad, para los almacenes se ha convertido en una herramienta bastante útil cuando no se cuenta con elementos de mayor tecnología como las barras magnéticas u otro tipo de identificación.

Para realizar un código Alfanumérico útil de los elementos de mantenimiento debemos tener en cuenta:

- Realizar un cuadro de lo que se quiere mostrar en el código.  
Ej.: Motor 10Hp a 380V peso 15kg dimensiones: H: 25 L: 40 A: 25 usado para unidad hidráulica máquina inyectora (marca o código interno si ya lo tiene), ubicado en el almacén de Fontibon, estante A fila 2 columna c
- Es importante definir claramente lo que se quiere mostrar en el código se debe definir y publicar para que sea fácil de identificar además que no sea muy extenso pues puede generar errores.

- De la información que tenemos de este elemento debemos extraer lo que queremos decir en el código cabe aclarar que la información que se extraiga no solo debe ser importante para este elemento sino para todos los elementos que se van a almacenar.

**Ilustración 11 Modelo de código alfanumérico.**

| <b>QUE DESEO</b> | <b>QUE ES</b> | <b>CARACTERISTICA</b> | <b>USO</b>       | <b>UBICACIÓN</b>                              |
|------------------|---------------|-----------------------|------------------|---|
| <b>ELEMENTO</b>  | <b>MOTOR</b>  | <b>10HP</b>           | <b>INYECTORA</b> | <b>ESTANTE A<br/>FILA 2<br/>COLUMNA<br/>C</b> |
| <b>CÓDIGO</b>    | <b>MOT</b>    | <b>10</b>             | <b>INY</b>       | <b>2CA</b>                                    |

Entonces el código utilizado para identificar este elemento sería MOT10INY2CA

Una vez se ha definido la forma de hacer los códigos se deben asignar a los elementos que se deben tener en bodega según la clasificación y jerarquización antes realizada. Cada uno de estos elementos debe tener su respectivo código.

### 3.5 PRONOSTICOS DE SERIES TEMPORALES

Es una estimación anticipada del valor de una variable. Para aplicar el método de pronóstico es necesario seguir unos pasos exactos que permitan reducir la posibilidad de error:

## 1. ANALISIS PREVIO

### Síntesis

Durante el análisis previo se realiza la síntesis donde se define el fenómeno en sí, se hace un relato general que permita al lector adentrarse en el entorno donde se desarrollan los hechos que se pronostican.

### Verificación de datos

Pasa a una etapa de verificación de datos por más de una persona para garantizar su calidad, la veracidad de los datos es la clave para que los pronósticos sean confiables

El primer paso obliga a realizar un proceso de observación, análisis y estudio de los datos que se tienen y para esto se debe definir las 4 características básicas de la información:

Cualitativas, temporales, cuantitativas, probabilísticas.

Cualitativas.

Se refieren a las características propias de algo y para las series temporales es el estudio que los precede, fase en la cual se adopta el interés por determinadas variables o fenómenos susceptibles de aplicarles futurología.<sup>11</sup>

Temporales.

El factor de tiempo refleja el hecho de que los valores que se pronostican, son asignados a fechas concretas (año, mes, día, hora, etc.) en que estos valores deben ocurrir.<sup>12</sup>

Cuantitativas.

Se refiere al valor que toman las variables para expresar las distintas variaciones, que adquiere el fenómeno evaluado durante su conducta en el futuro.

En los efectos temporales cuantitativos es importante definir la escala temporal donde se distingue el fenómeno y se diferencia de la serie normal. De esta manera se puede predecir y determinar de forma cíclica cuando va a volver a ocurrir este fenómeno, se recomienda entonces dependiendo de la escala temporal a utilizar los siguientes números de datos<sup>13</sup>:

Mes        60 datos

Semana    240 datos

---

<sup>11</sup> MORA, Luis. Pronosticos de demanda e inventarios. Envigado, 2009. p 81

<sup>12</sup> MORA, Luis. Pronostico de demanda e inventarios. Envigado, 2008. p 81

<sup>13</sup> MORA, Luis. Pronostico de demanda e inventarios. Envigado, 2008. p 82

Día 1800 datos  
Hora 43000 datos

Probabilística.

Se refiere al grado de incertidumbre que conlleva todo pronóstico de que suceda o no en el tiempo estipulado para ello, este puede ser preciso Ej.: 11 de la mañana del día 11 del mes 11 del año 2011 o tener rangos prolongados como por Ej.: entre el año 2010 y 2011.

Por principio natural entre más lejana sea la predicción mayor la posibilidad de que esta no se cumpla por eso se recomienda no pronosticar mas del 10% de los datos que se tengan para evitar cambios bruscos en el comportamiento de la serie.

Tipo de estructura

Horizontal

Se habla de horizontal cuando la serie tiene un comportamiento neutro y tiene una desviación estándar pequeña.

Tendencial

La serie tendencial es fácil de identificar visualmente o utilizando un ajuste por tendencia lineal de la forma  $Y=A+B*t$  ecuación de una recta donde A es el intercepto y B es la tendencia

Estacional y/o cíclica

Estas son las series que poseen estructuras repetitivas en el tiempo, inferior a doce meses para estacionales y superior a un año las cíclicas, ejemplo de estas son la demanda de objetos para navidad fenómenos climáticos como invierno y verano, periodos de vacaciones, etc.

Es posible aplicar más análisis previos a la serie con el fin de conocer la caracterización y tener claro el modelo que mas se acomode a ellas, pero para partir identificando estos ítems ya se puede iniciar a trabajar.

## 2. HIPOTESIS

Es simplemente conocer los modelos existentes para saber cual se acomoda mejor a la serie identificada.

Existen modelos modernos (AR.I.MA) y los tradicionales o clásicos.

### Modelos Clásicos

Son de carácter determinístico, cada uno de ellos se rige por una regla matemática, es decir, todo tipo de curva puede ser aproximada a una fórmula matemática.

- Modelo de ajuste de tendencia lineal.

La regresión lineal más sencilla donde la tendencia trata de aproximar a una recta con pendiente B e intercepto A.

**Ecuación 19.** Pronostico por el modelo de tendencia lineal

$$\text{Pronóstico} = A + B * t$$

*Donde:*

*A es el intercepto con el eje*

*B es el ángulo de pendiente con el eje X.*

- Modelos clásicos de tendencia no lineal

Existen varios modelos de previsión que mencionaremos a continuación:

**Ecuación 20.** Pronóstico por el modelo no lineal cuadrático.

$$\text{Pronóstico} = A + B*t + C*t^2$$

*Donde:*

*A es el intercepto con el eje*

*B es el ángulo de pendiente con el eje X*

*C es la constante adicional para acercarla a un modelo cuadrático*

Fuente Bibliográfica Ecuación: Mora, 2007,133-136.

**Ecuación 21.** Pronóstico por el modelo no lineal exponencial.

$$\text{Pronóstico} = \exp(A + B*t)$$

*Donde:*

*A es el intercepto con el eje*

*B es el ángulo de pendiente con el eje X*

*t es la variable independiente de tiempo*

**Ecuación 22.** Pronóstico por el modelo no lineal de curvas en S.

$$\text{Pronóstico} = \exp(A + B / t)$$

*Donde:*

*A es el intercepto con el eje*

*B es el ángulo de pendiente con el eje X*

*t es la variable independiente de tiempo*

*Reciprocante en X, que expresa como*

**Ecuación 23.** Pronóstico por el modelo no lineal de tendencia Reciprocante en X y Y

$$\text{Pronóstico} = X = A + B / t \quad \text{Pronóstico} = Y = 1 / (A + B * t)$$

*Logarítmica, con ecuaciones típicas como*

**Ecuación 24.** Pronóstico por el modelo no lineal de tendencia logarítmica.

$$\text{Pronóstico} = A + B * \text{Log}(t)$$

*Donde:*

*A, B y C son las constantes que identifican la aproximación y la tendencia de los datos.*

*t es la variable independiente de tiempo.*

Fuente Bibliográfica Ecuación: Mora, 2007, 133-136

El uso de estos métodos de ajuste por tendencias no lineales, no obliga a correr todos los modelos que existen, basta con algunos de ellos, por ejemplo en el caso del software *statgraphic* bajo MSDOS y *windows* en los cuales se trabaja como cuadrática, exponencial y curva en S.<sup>14</sup>

(Luis Mora, 2007, 136).

- Modelos clásicos de suavización exponencial

---

<sup>14</sup> MORA, Luis. Pronósticos de demanda e inventarios. Envigado, 2008. p 136.

Modelo Brown, cuya función especial es atender demandas temporales que tienen una estructura horizontal de ruido y aleatoriedad.<sup>15</sup>

**Ecuación 25.**Modelo de suavización exponencial de Brown

$$\text{Pronóstico}_t = \text{Pronóstico}_{t-1} + \alpha * (\text{Realidad}_{t-1} - \text{Pronóstico}_{t-1})$$

Fuente Bibliográfica Ecuación: Mora,2007,151.

El Modelo *Holt*, es un principio clásico de suavización con estructura Tendencial y horizontal de ruido que actúan en simultáneo.

Sus fórmulas básicas utilizan la siguiente simbología:

**Ecuación 26.**Pronóstico por el modelo de *Holt* de suavización exponencial.

$$\text{Pronóstico}_{t+m} = S_t + m * b_t$$

*Donde:*

*S es el nivel de suavizado en el período t*

*b es el valor de la tendencia para el valor del período t en evaluación*

*m es el número del período ( s ) a pronosticar, m aplica sobre la serie sin ruido*

*Pronóstico<sub>t+m</sub> es el valor del pronóstico de un período m veces más tarde del instante t actual*

Fuente Bibliográfica Ecuación: Mora,2007,156.

---

<sup>15</sup> MORA, Luis. Pronósticos de demanda e inventarios. Envigado, 2008. p 151, 152.

Modelos AR. I. MA.<sup>16</sup>

Este modelo se caracteriza por ser de carácter general es decir que sin importar lo especial que pueda ser la serie temporal siempre habrá un modelo que se ajuste

- Características de los modelos AR.I. MA.

Estocásticos: Un proceso estocástico es una sucesión de variables aleatorias  $Y_t$  ordenadas, pudiendo tomar  $t$  cualquier valor entre  $-\infty$  y  $\infty$ .

Ya que se basan en estos procesos no se expresa en forma determinística con ecuaciones, sino con expresiones que involucran operadores.

Pronósticos: los modelos modernos lanzan pronósticos que estén en función neta del pasado, pero también predicen hechos novedosos que muy poca o ninguna relación tengan con los eventos ya descritos en el pasado; como también una combinación de los anteriores, pronósticos que por una parte dependan del pasado y por otra parte sean aleatorios.

Fenómenos exógenos: estos se involucran, alteran la serie y pasan a formar parte de ella.

Simple vista: no es factible predecir el comportamiento futuro de la serie con la simple observación humana, en los modelos modernos.<sup>17</sup>

**Ecuación 27.** Expresión típica de los modelos AR.I.MA.

---

<sup>16</sup> AR.I. MA: AR *Auto Regressive* (Auto regresivo)- I *Integrated or Integratived* (Integración o Diferenciación)- MA *Moving average* (Medias Mviles).

<sup>17</sup> MORA, Luis. Pronósticos de demanda e inventarios. Envigado, 2008. p163, 164.

$$X_t = \mu + \phi_1 * Z_{t-1} + \phi_2 * Z_{t-2} + \dots + \phi_p * Z_{t-p} + \alpha_t + \theta_2 * \alpha_{t-2} + \dots + \theta_p * \alpha_{t-p},$$

Que es la unión de un modelo auto regresivo de orden p con un modelo de medias móviles de orden q.  $AR(p) \cup MA(q)$

Fuente Bibliográfica Ecuación: UAMARIMA@,2006.

#### 4 CONCLUSIONES.

- En la actualidad las empresas no se preocupan por el manejo de repuestos, ni su almacenaje, ni su costo, tampoco su impacto, simplemente compran lo que van necesitando mas una unidad y esta la guardan en la oficina del encargado o en el área de trabajo, no siempre bajo las condiciones que el repuesto necesita.
- El empresario piensa que el manejo formal de inventarios en mantenimiento es una inversión que no se amerita por el tamaño de la empresa y pierden de esta manera la oportunidad de ahorro.
- La falta de un sistema de gestión de inventarios genera poca rotación de elementos en bodega y permite que falten repuestos para máquinas generando paros no programados y pérdidas que podrían minimizarse.
- El sistema que se recomienda manejar para las empresas pequeñas es definitivamente la identificación técnica de repuestos críticos basados en ABC, este sistema ayuda a dar un manejo ordenado de repuestos y permite tener bajos costos de almacenamiento.
- Los sistemas modernos para el pronóstico de demanda que existen son muy útiles. Sin embargo, para su implementación y éxito es necesario que el empresario tome conciencia de la importancia de del almacén de repuestos e invierta los recursos necesarios para organizar y mantener el orden bajo las metodologías propuestas.

## 5 BIBLIOGRAFIA.

Ballou, Ronald H - *Control y planeación, Traducido por Ramón Pérez y Pilar Rubio de Lemus* - Editorial Díaz de santos S.A. – Madrid – España – 1991 - ISBN 84-87189-68-7

Carrion García, Andrés - *Pronósticos con series temporales* - Memorias, ensayos y documentos publicados por el área de publicaciones de la universidad politécnica de valencia – Valencia – España - 1999

Díaz M, Ángel. – *Gestión de inventario en mantenimiento* – Editorial IESA - Caracas - Venezuela – 1991-ISBN 980-217-053-4

Mora G, Luís A - *Mantenimiento Estratégico para Empresas Industriales o de Servicio* - Editorial AMG - Medellín - Colombia - 2006 - ISBN 958-33-8218-3

Mora G, Luís A. - *Pronósticos de demanda e inventarios* - Editorial AMG - Medellín - Colombia - 2008 - ISBN 978-958-44-0233-2