



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CÓDIGO DE BARRAS PARA  
LA OPTIMIZACIÓN DEL CONTROL DE INVENTARIOS EN UNA BODEGA DE  
REPUESTOS**

**WALTER VINICIO MOTTA BALDIZÓN**

**ASESORADO POR ING. OSCAR ADRIÁN VARGAS BAÑOS**

**GUATEMALA, ABRIL DE 2004**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CÓDIGO DE BARRAS PARA  
LA OPTIMIZACIÓN DEL CONTROL DE INVENTARIOS EN UNA BODEGA DE  
REPUESTOS**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR**

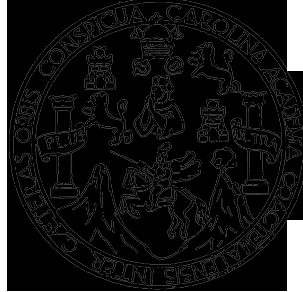
**WALTER VINICIO MOTTA BALDIZÓN**

**ASESORADO POR ING. OSCAR ADRIÁN VARGAS BAÑOS**

**AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**GUATEMALA, ABRIL DE 2004**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN  
GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADORA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas
EXAMINADOR	Ing. Francisco Arturo Hernández Arriaza
EXAMINADOR	Ing. Juan José Peralta Dardón
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos Baiza de Illescas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CÓDIGO DE BARRAS  
PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL CONTROL DE INVENTARIOS EN UNA  
BODEGA DE REPUESTOS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial con fecha 4 de noviembre de 2003.

**WALTER VINICIO MOTTA BALDIZÓN**

## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Dios**

Por brindarme sabiduría, entendimiento e iluminar mi camino, para culminar con éxito mi objetivo.

### **Mi esposa**

**Blanca Estela Cabrera de Motta**

Por ser fuente de inspiración y apoyo en todo momento.

### **Mis amigos**

**Byron Reyes, Luis Ávila, Héctor García, Sergio Paz, Roberto Valiente.**

Por la ayuda brindada para la elaboración de este trabajo de graduación.

### **Rayovac Guatemala**

En especial a los ingenieros **Oscar Vargas** y **Ronal Velásquez**, por el apoyo técnico brindado en la elaboración de este trabajo de graduación.

### **Mi padre**

**Oscar Eugenio Motta Asturias**

Por el apoyo que me brindó durante toda mi vida y haberme encaminado al bien.

### **Y muy especialmente a mi madre**

**María Judith Baldizón Galindo**

Quien fue parte fundamental de mi vida y espiritualmente me brindó fuerzas para realizar mi meta hasta culminarla, a ti madre, que Dios te cuide por siempre en el cielo.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XII
INTRODUCCIÓN .....	XIV
1. CÓDIGO DE BARRAS .....	1
1.1 Definición.....	1
1.2 Simbología.....	3
1.3 Clasificación.....	4
1.4 Tipos de códigos de barras .....	5
1.4.1 Codificación de las unidades de consumo.....	5
1.4.1.1 EAN 13 .....	6
1.4.1.2 EAN 8.....	6
1.4.1.3 UPC-A .....	7
1.4.1.4 UPC-E.....	8
1.4.2 Codificación de las unidades de distribución .....	8
1.4.2.1 ITF-14 (Interleaved 2 of 5).....	8
1.4.2.2 EAN/UCC 128.....	10
1.4.2.3 CODABAR.....	12
1.4.2.4 Código 39 .....	12
1.4.2.5 Código 128 .....	13
1.5 Componentes para su implementación.....	13
1.5.1 Etiqueta.....	13
1.5.2 Métodos de impresión .....	14

1.5.3	Lectores.....	16
1.5.3.1	Escáner portátil.....	16
1.5.3.2	Escáner fijo.....	17
1.5.4	Nivel de seguridad .....	18
1.5.5	Equipo y software .....	18
2.	SISTEMAS DE INVENTARIOS .....	19
2.1	Elementos .....	19
2.1.1	Tipos de inventarios .....	19
2.1.2	Costos de inventario.....	20
2.1.3	Demanda .....	22
2.1.4	Análisis y administración del inventario.....	22
2.2	Modelos de inventarios .....	24
2.2.1	Modelos determinísticos .....	25
2.2.1.1	Modelo de revisión continua, con demanda uniforme, no se permite déficit alguno .....	25
2.2.1.2	Modelo de revisión continua, con demanda uniforme, se permite déficit	27
2.2.1.3	Modelo de revisión continua, descuentos en cantidades, no se permite déficit.....	31
2.2.2	Modelos estocásticos.....	32
2.2.2.1	Modelo de revisión continua .....	32
2.2.2.2	Modelo de un solo período, demanda instantánea sin costo fijo.....	36
2.2.2.3	Modelo de un solo período, demanda uniforme sin costo fijo .....	38
2.2.3	Estratificación ABC .....	39
2.2.4	Inventario excedente u obsoleto.....	41
3.	ANÁLISIS ACTUAL DE INVENTARIOS Y PROCEDIMIENTOS DE LA BODEGA .....	43
3.1	Análisis FODA de la bodega.....	43
3.2	Formatos.....	44
3.2.1	Requisición de materiales a bodega .....	45



3.2.2	Boleta de ingreso de materiales.....	46
3.2.3	Orden de compra.....	47
3.3	Capacidad de instalaciones.....	49
3.4	Controles.....	51
3.4.1	Inventarios actuales.....	51
3.4.2	Procedimiento de recepción y entrega de repuestos.....	52
3.4.2.1	Procedimiento de recepción de repuestos.....	52
3.4.2.2	Procedimiento de entrega de repuestos.....	52
3.4.3	Descripción y clasificación de repuestos en bodega.....	53
3.4.4	Requisiciones de compra.....	56
3.4.4.1	Repuestos comprados a proveedores.....	57
3.4.4.2	Repuestos fabricados en taller.....	58
3.4.5	Reportes.....	59
3.4.5.1	Otros reportes.....	61
3.4.6	Devoluciones.....	63
4.	PROPUESTA DE CAMBIO DE INVENTARIOS Y PROCEDIMIENTOS EN BODEGA.....	65
4.1	Objetivo del inventario.....	65
4.2	Modelo de inventario a usar.....	65
4.3	Inventario ABC para uso en repuestos.....	66
4.3.1	Materiales clase A.....	66
4.3.2	Materiales clase B.....	67
4.3.3	Materiales clase C.....	67
4.3.4	Justo a tiempo.....	68
4.4	Costo del inventario.....	69
4.5	Demanda del inventario.....	72
4.5.1	Mantenimiento preventivo.....	73
4.5.2	Mantenimiento correctivo.....	74
4.6	Determinación del tamaño del lote.....	75

4.6.1	Determinación del costo unitario de almacenaje .....	75
4.6.2	Determinación del costo de orden y preparación .....	76
4.6.3	Cantidad estándar a ordenar .....	77
4.6.4	Política de inventario de seguridad .....	78
4.6.5	Punto de reorden .....	79
4.6.6	Excedentes .....	80
4.6.7	Obsoletos.....	81
4.7	Control del inventario.....	82
4.7.1	Recepción y entrega de repuestos .....	82
4.8	Organización.....	83
4.8.1	Personal a cargo .....	83
4.8.2	Clasificación de repuestos.....	84
4.8.3	Distribución física de repuestos en bodega.....	85
5.	DISEÑO DEL SISTEMA DE CÓDIGO DE BARRAS PARA MANEJO DE BODEGA .....	89
5.1	Especificaciones de diseño.....	89
5.2	Software y hardware.....	91
5.3	Tipo de código de barras a usar .....	92
5.4	Diseño de etiqueta .....	93
5.5	Reportes.....	95
5.5.1	Reporte diario.....	95
5.5.2	Reporte mensual.....	97
5.5.3	Solicitud de requisición de compra.....	99
5.5.4	Consultas.....	100
6.	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA .....	101
6.1	Personal necesario .....	101
6.2	Localización del sistema en bodega .....	101
6.3	Funcionamiento .....	102
6.4	Mantenimiento.....	104

6.5	Costos .....	105
6.5.1	Costo de diseño .....	105
6.5.1.1	Trabajo de campo .....	106
6.5.1.2	Trabajo de escritorio .....	107
6.5.2	Costo de implementación .....	107
6.5.3	Costo de operación .....	108
6.5.4	Costo de control .....	109
6.5.5	Análisis beneficio-costo .....	111
6.5.5.1	Cálculo del valor actual neto de los costos .....	111
6.5.5.2	Cálculo del valor actual neto de los beneficios .....	112
6.5.5.3	Cálculo de la relación beneficio costo .....	112
6.6	Diagrama de Gantt.....	113
CONCLUSIONES .....		117
RECOMENDACIONES .....		119
REFERENCIAS .....		121
BIBLIOGRAFÍA.....		123
APÉNDICE .....		125

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1	Código de barras EAN 13
2	Código de barras EAN 8
3	Código de barras UPC-A
4	Código de barras UPC-E
5	Código ITF-14
6	Código de barras EAN/UCC-128
7	Código de barras CODABAR
8	Código 39
9	Código 128
10	Escáner portátil
11	Escáner fijo de caja registradora
12	Diagrama del nivel de inventario como función del tiempo – No se permite déficit alguno
13	Diagrama del nivel como función del tiempo – se permite déficit
14	Costo total por unidad de tiempo para varios artículos
15	Modelo de demanda instantánea sin costo fijo
16	Modelo de demanda uniforme sin costo
17	Gráfica de la clasificación ABC
18	Requisición de materiales a bodega de repuestos
19	Boleta de ingresos a bodega
20	Orden de compra
21	Gráfico de la política óptima de inventario de cojinetes de aguja
22	Área 1 de la bodega de repuestos

23	Área 2 de la bodega de repuestos
24	Área 3 de la bodega de repuestos
25	Sistema de conexión al servidor
26	Código de barras de un retenedor
27	Ejemplo de un reporte diario de ingresos a bodega de repuestos
28	Ejemplo de un reporte diario de salidas de repuestos de bodega
29	Reporte mensual de la bodega de repuestos presentado a contabilidad
30	Mensaje desplegado en pantalla para requisición de repuestos
31	Funcionamiento del escáner en la lectura del código de barras
32	Diagrama de Gantt de la implementación del proyecto

## **TABLAS**

I	Costos indirectos de la bodega de repuestos
II	Valores de recuperación para eliminar el inventario excedente
III	Resumen de costos para la implementación del sistema de código de barras en la bodega de repuestos
IV	Actividades para la implementación del proyecto de sistema de código de barras y control de inventarios de la bodega de repuestos
V	Cálculos de dígitos de verificación estándar de las estructuras de numeración EAN/UCC
VI	Lista de identificadores de aplicación

## **GLOSARIO**

<b>Bidireccional</b>	Indica el modo el cual se leerá un código de barras, esto puede ser leído de izquierda a derecha o viceversa.
<b>Dígito de verificación</b>	Un dígito calculado a partir de los otros dígitos de datos, utilizado para verificar si los datos están compuestos correctamente.
<b>Identificador de aplicación</b>	El campo de dos o más caracteres al comienzo de los datos codificados en un símbolo EAN/UCC-128, que define su formato y significado de manera singular
<b>Multiempaque</b>	Grupo de diferentes artículos o unidades de consumo que están unidas y forman una nueva unidad.
<b>Simbología</b>	Método definido para representar caracteres alfabéticos y/o numéricos en un código de barras.
<b>Substrato</b>	Material que posee las propiedades de ser adherible a cualquier superficie de un artículo, en el cual es impreso el código de barras.

**Truncamiento**

Es un problema que se da en el código de barras y sucede cuando un impresor reduce la altura del código de barras.

**Unidad detallista**

Artículo destinado a la venta en un punto de comercialización minorista. Es la unidad más elemental bajo la cual el producto es propuesto al consumidor para que éste lo compre en alguna de sus presentaciones.

**Unidad logística**

Es un artículo de cualquier tipo utilizado para transporte y/o almacenamiento, el cual requiere ser administrado a través de la cadena de abastecimiento.

**Unidad no detallista**

Es la unidad que se comercializará al distribuidor o punto de venta, ya sea como producto al consumidor o distribución.

**Variabilidad del inventario**

Es la incertidumbre que existe sobre la demanda, la producción y los suministros, los cuales son factores importantes en la planificación, el control y la administración del inventario.

**Variable logística**

Es un caracter que identifica el nivel o cantidad de producto contenida en una unidad de empaque. La variable logística varía entre 1 a 8 y es asignada por cada fabricante, para identificar sus distintos niveles de empaque.

## **RESUMEN**

El código de barras es considerado como la herramienta informática para captura de información de forma automática, formado por un grupo de líneas y espacios paralelos en forma continua que poseen diversos tipos de información en registros magnéticos ópticos, sonoros o impresos los cuales son reconocidos a través de dispositivos de lectura capaces de reconocer la información.

Estos son de ayuda para recopilar información de productos en inventario ya sea para una bodega en un supermercado o en una cadena de distribución, pero en el caso de este trabajo será aplicado a una bodega de repuestos con el fin de controlar de una forma óptima el inventario.

Al mantener un adecuado control de inventarios, la empresa obtendrá un valor agregado sobre la inversión, basándose en tres preguntas básicas: qué pedir, cuánto pedir y cuándo pedir.

Antes es necesario realizar un estudio de cómo se encuentra la bodega actualmente y de qué forma se puede realizar un cambio en sus funciones y procedimientos, elegir que tipo de demanda es y cual tipo de inventarios aplicar. Luego es necesario aplicar una estratificación ABC de la bodega para ordenar en forma adecuada los repuestos.

Terminada la parte de inventarios, se elige qué tipo de código de barras es el adecuado para aplicar, así como el equipo de cómputo a usar, para determinar los gastos sobre la inversión y decidir si la implementación se aplicará.



## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

Administrar un sistema óptimo de control de inventarios en la bodega de repuestos operado a través de una base de datos con un sistema de código de barras, con el fin de mantener costos mínimos en su nivel de inventarios y aumentar la eficiencia del departamento de mantenimiento en el servicio que presta a la empresa, disponiendo de las piezas necesarias para satisfacer sus necesidades.

### **ESPECÍFICOS**

1. Diagnosticar la bodega existente realizando un análisis FODA y evaluar los procedimientos, formatos e instalaciones para proponer el cambio de la bodega, clasificando los repuestos a través de una estratificación ABC y ordenar los repuestos conforme a la máquina que pertenece y su departamentalización.
2. Determinar la simbología que usará la etiqueta que identificará el repuesto conforme a las normas del Instituto Guatemalteco de Codificación.
3. El departamento de cómputo modificará la base de datos para que pueda ser operada por el personal de la bodega usando escáner (dispositivos de lectura) de código de barras.

4. El escáner sustituirá el ingreso de datos con teclado y lo realizará eficientemente, eliminando el tiempo de ingreso manual.
5. El personal de bodega realizará las lecturas de códigos de barras de los repuestos despachados y recibidos utilizando el escáner cerca de la etiqueta que tendrán los repuestos y comprobarán con la impresión que el sistema efectuará, la cantidad de repuestos despachada y/o recibida con las cantidades descritas en las boletas respectivas.
6. El sistema será capaz de generar un resumen al final del turno indicando los repuestos que fueron despachados durante el día, quién fue la persona que los solicitó, qué cantidad solicitó, así como la máquina y departamento donde fueron instalados.
7. El sistema generará las requisiciones de compra al detectar el punto de reorden, utilizando las fórmulas de la política de seguridad de inventario que se encuentran en la base de datos y determinará la cantidad a ordenar, el proveedor y repuesto a comprar o fabricar con sus dimensiones y características.

## **INTRODUCCIÓN**

El mejoramiento continuo hoy en día es una de tantas opciones que tienen las organizaciones para mejorar y competir en el mercado. La tecnología de punta hace que día con día se realicen mejoras dentro de las organizaciones.

Los inventarios dentro de las organizaciones son de vital importancia, debido a la cantidad de suministros y dinero que manejan las mismas. Esto hace necesario aplicar una reorganización dentro de las bodegas para limpiar todo lo obsoleto e innecesario que posean. Lo anterior ayudará a los inventarios para que se pueda controlar la inversión, mejorar el flujo de efectivo, y aumentar las utilidades y rendimiento sobre la inversión.

Reestructurar en el software de control de inventarios existente adaptado con un sistema de lectura por medio de código de barras ayudará a que los procesos de control de inventarios y manejo continuo de los insumos de una bodega se realice con una identificación rápida y efectiva, siendo factores esenciales en el mejoramiento continuo de la productividad entre los departamentos involucrados a la bodega de repuestos.

# 1. CÓDIGO DE BARRAS

El 20 de octubre de 1949, Norman Woodland y Bernard Silver crearon el primer sistema de código de barras, mediante una serie de círculos concéntricos conocidos como código de ojo de buey (bull's eye code). En Norteamérica en el año 1973, aparece el código UPC (Universal Product Code) que se convierte en el código que permitirá la identificación única de productos, así también el control de inventarios de forma automática que permitía tener el reabastecimiento de productos en el tiempo determinado por el sistema de inventarios. Europa no se queda atrás en implementar su propio sistema de código de barras, tres años mas tarde varios países europeos se reúnen para crear el código EAN (European Article Number).

Más tarde hacen aparición varios sistemas de códigos de barras, como el código 39 que surgió a partir de la segunda guerra mundial y ahora sirve para el control de activos, el PostNet que es usado por el Servicio Postal de Estados Unidos, así como el Codabar, Interleaved 2 of 5, entre otros.

## 1.1 Definición

El código de barras es considerado como la herramienta informática para captura de información de forma automática, formado por un grupo de líneas y espacios paralelos en forma continua que poseen diversos tipos de información en registros magnéticos ópticos, sonoros o impresos los cuales son reconocidos a través de dispositivos de lectura capaces de reconocer la información. Esta información es decodificada, verificada, comparada y aceptada por una base de datos para luego tomar una decisión lógica.

El código de barras es un sistema avanzado de precisión y confiabilidad capaz de recolectar de forma automática y sistematizada, información impresa. Se compone de un conjunto de líneas o barras y de números impresos llamados código, el cual sirve para identificar productos para la venta o para mantener información de inventarios, personal, contabilidad y otros usos.

El código de barras es un sistema único, universal, seguro y no significativo, esto quiere decir que permite identificar un único producto en todo el mundo de forma segura y no posee información más que la estructura gráfica y numérica de forma binaria. La información que contiene cada código de barras, se detalla adentro de la base de datos, como por ejemplo: tipo de producto, peso, presentación, etc.

Este sistema no sólo sirve para la identificación de productos para la venta en cualquier supermercado, el campo de aplicación es bastante extenso. Puede servir para la recepción y entrega de productos en un supermercado, control de inventarios y almacenamiento, análisis de ventas, control de producción, logística de mercaderías transportadas, control de personal, control clínico de pacientes en hospitales, control de cheques y valores financieros en entidades bancarias.

## 1.2 Simbología

El sistema consta de series de líneas y espacios de distintos anchos, que almacenan información con distintos ordenamientos que se denominan **simbologías**.<sup>1</sup>

El código de barras es como un idioma universal. Cada país posee un código que lo diferenciará de otro, este código es designado por un organismo encargado de asignar códigos de barras en cada país.

Guatemala se identifica con el código 740. Este organismo también se encarga de asignar un código de 5 dígitos a cada empresa. Cada empresa que fabrica o distribuye un producto se encarga de identificar sus productos usando 4 dígitos. Esto quiere decir que se pueden codificar 9999 productos distintos.

Las partes que compone un código son:

- **Barra:** Es una línea más larga que ancha de color oscuro, especialmente color negro de ancho entre 1 o varios módulos, la cual absorbe la luz que refleja el escáner.
- **Espacio:** Es una línea más larga que ancha de color claro, especialmente color blanco de ancho entre 1 o varios módulos, la cual se encarga de reflejar la luz del escáner, generalmente es el fondo sobre el cual se imprime las barras.
- **Carácter inicial:** Le indica al escáner en donde es el comienzo de la lectura del código, puede estar formado por un número, letra o símbolo.

- **Carácter final:** Le indica al escáner cual es el final del código, puede estar formado por un número, letra o símbolo.
- **Contraste:** Es la oposición del color entre el símbolo y el empaque o etiqueta donde se imprima, un ejemplo es un color claro de fondo y un color oscuro la impresión de las barras. El color claro refleja la luz del escáner mientras que el color oscuro lo absorbe.
- **Módulo o dimensión X:** Es el elemento más estrecho (barra o espacio), la cual define la densidad nominal de las barras o espacios de un código de barras.
- **Intervalo mudo:** Es el espacio que separa un carácter de otro en un código discreto. En los códigos continuos no existe intervalo mudo.
- **Zonas mudas o márgenes reservados:** Es el espacio que debe de existir y que rodea al código de barras, este debe tener espacios de 1 mm en las partes superior e inferior, y entre 7 y 11 mm en la derecha e izquierda del código.

### 1.3 Clasificación

La densidad del código de barras es la relación que existe entre la cantidad de módulos y la longitud que ocupan en la impresión. Depende directamente del módulo el aumento o disminución, el tipo de código y el sistema donde se imprime; en base a su densidad se clasifican en:

- **Alta:** módulo menor que 0.254 mm
- **Media:** módulo entre 0.254 y 0.508 mm
- **Baja:** módulo mayor que 0.508 mm

En base a su codificación los códigos de barras pueden clasificarse en:

- **Bidireccional:** Es aquel que puede ser leído en cualquier dirección, el sistema se encargará de decodificar el código leído y detectar la información requerida.
- **Continuo:** Es aquel en donde carácter es seguido uno del otro, y no existen intervalos mudos, todos los espacios forman parte de la información.
- **Discreto:** Es aquel en donde cada carácter es independiente de otro y se separa por un intervalo mudo el cual no forma parte del código.

#### **1.4 Tipos de códigos de barras**

Los sistemas de códigos de barras varían según el producto o servicio que se identificará.

##### **1.4.1 Codificación de las unidades de consumo**

El estándar GTIN (Global Trade Item Number), sirve para identificar las unidades detallistas o de consumo que se comercializan en puntos de venta tales como zapatos, libros, verduras, frutas, abarrotos, etc. Este estándar se compone de cuatro estructuras numéricas, los cuales se detallan a continuación:



### 1.4.1.1 EAN 13

Es un sistema de codificación constituido por 30 barras y 29 espacios que codifican la información, usado inicialmente en Europa. Es un código numérico formado por trece caracteres, doce de ellos simbolizados en barras y espacios que el escáner se encargará de leer y uno más que representa el dígito de verificación. Cada caracter se representa por 4 elementos (2 barras y 2 espacios). El ancho de cada caracter es fijo y mide 7 módulos.

**Figura No. 1 Código de barras EAN 13**



<b>012</b>	<b>34567</b>	<b>8900</b>	<b>5</b>
Prefijo de país	Prefijo de productor	Código de identificación de producto	Dígito de control

### 1.4.1.2 EAN 8

Es la versión reducida del sistema EAN 13, debido a que algunos productos son muy pequeños, este código es ideal para identificar productos sin suficiente área de impresión, la ventaja es que ocupa menos lugar y es preferible usarlo antes de truncar el código EAN 13; su desventaja es que la capacidad de decodificación es más limitada y su uso es costoso debido a que cada producto tiene un costo de identificación por la entidad local de asignación de códigos.

**Figura No. 2 Código de barras EAN 8**



<b>123</b>	<b>45</b>	<b>67</b>	<b>0</b>
Prefijo de país	Prefijo de productor	Código de identificación de producto	Dígito de control

**1.4.1.3 UPC-A**

Este sistema es uno de los más populares, y es usado en puntos de venta de Estados Unidos y Canadá. Cada país en cualquier parte del mundo que quiera importar a alguno de estos dos países debe de usar este tipo de código. Hasta el año 2005, ya se podrá utilizar el código EAN 13 para importar a Estados Unidos y Canadá.

**Figura No. 3 Código de barras UPC-A**



<b>0</b>	<b>12345</b>	<b>67890</b>	<b>5</b>
Número de sistema asignado por UCC	Prefijo de productor	Referencia de producto	Dígito de control

#### **1.4.1.4 UPC-E**

Es la versión reducida del UPC-A también conocido como “Cero suprimido”, debido a que elimina 4 ceros del código original.

**Figura No. 4 Código de barras UPC-E**



Este código no posee separador central. Cuando este código es leído por el escáner, este agregará ceros para completar la cantidad de 12 caracteres y convertirlo a un código de barras UPC-A. El código UPC-E es equivalente al código EAN 8.

### **1.4.2 Codificación de las unidades de distribución**

#### **1.4.2.1 ITF-14 (Interleaved 2 of 5)**

Las unidades detallistas son aquellas que son comercializadas en un punto de venta al consumidor final, esto puede ser en unidad o multiempaque (por ejemplo: un sixpack de gaseosas, o una caja con 10 unidades de gelatinas). Estas también se les conoce como unidades de despacho, porque el proveedor también las utiliza para la distribución a tiendas y supermercados. Este tipo de distribución se codifica con la simbología ITF-14, aunque también para venta al consumidor final se puede utilizar las simbologías EAN-13 y UPC-A.

Esta simbología se le conoce también como DUN-14 (Distribution Unit Number), la cual brinda información sobre la cantidad y características de las unidades de consumo contenidas en el mismo. La información que brinda este sistema de codificación es:

- Fecha de fabricación o vencimiento
- Identificación de las unidades contenidas
- Información del seguimiento de mercancías
- Identificación del lote de producción
- Identificación especial del contenedor
- Localización

**Figura No. 5 Código ITF-14**



<b>1</b>	<b>740</b>	<b>12345</b>	<b>1235</b>	<b>0</b>
Variable logística	Prefijo de país	Código del productor	Código de identificación de producto	Dígito de control

### 1.4.2.2 EAN/UCC 128

La codificación EAN/UCC 128 es una herramienta eficaz de comunicación, con capacidad para conectar información de las mercaderías y complementar los procesos de identificación de los productos, a lo largo de la cadena de abastecimiento. Las oficinas internacionales de codificación EAN (International Article Numbering Association) y UCC (Uniform Code Council), han logrado establecer un estándar de codificación que es en gran medida un lenguaje universal, es decir que se han establecido “palabras”, “ortografía” y “definiciones” estandarizadas para que puedan utilizarse en la construcción de comunicaciones, por lo tanto el código se convierte en un facilitador de información y control de las mercaderías desde el momento que salen de la fábrica, hasta que llegan a su destino final. Todos los intermediarios en la cadena de abastecimiento del producto tendrán acceso a esta información, sólo con capturar el código de barras que está identificando a la **unidad de distribución o empaque.**<sup>2</sup>

Este código permite llevar un mejor control del flujo de mercaderías, a través de los canales de distribución, por donde pasa las mercaderías. Permite identificar las mercaderías a nivel mundial con toda la información necesaria. Esta información depende de las necesidades tanto del fabricante como del detallista.

Estos formatos de barras se codifican a través de Identificadores de Aplicación, los cuales se definen como la guía o identificación de forma estándar de las partes que interviene en el intercambio.

Los identificadores de aplicación nos sirven para identificar el tipo de producto, fecha de fabricación y de vencimiento, peso en libras o kilos, número de serie, número de lote, referencias internas, etc. Algunos de ellos se describen en el anexo 2.

**Figura No. 6 Código de barras EAN/UCC 128**



Sí se identifica el producto en su unidad detallista o de distribución con la fecha de vencimiento sería de la siguiente forma:

(01)	1	740 12345 6789	3	(11)	961101
IA	VL	EAN		IA	FECHA

En donde:

- IA: Identificador de aplicación.
- VL: Variable logística que identifica el nivel de empaque
- EAN: Código asignado a la unidad de venta o consumo.
- FECHA: Información sobre el vencimiento del producto.

En la industria de hoy en día, se ha requerido llevar el control de sus activos, así como procesos productivos, personal, etc. de una forma más fácil, rápida y exacta, para ello se ha diseñado algunos tipos de códigos de barras que mantiene la administración de inventarios, el control de entrada y salida de personal, y cualquier otro control. Algunos de ellos se detallan a continuación:

### 1.4.2.3 CODABAR

Este es un sistema que su mayor aplicación se encuentra en los bancos de sangre, librerías, bibliotecas e industrias de entrega de documentos.

**Figura No. 7 Código de barras CODABAR**



### 1.4.2.4 Código 39

Es una simbología de código de barras compuesto de caracteres alfanuméricos y numéricos completos, es el más popular en la industria y tiene el inconveniente de permitir menos caracteres por pulgada de código.

**Figura No. 8 Código 39**



#### **1.4.2.5 Código 128**

Es un código alfanumérico que permite mayor cantidad de caracteres que el código 39, es un formato horizontal que permite la representar información variable. Se adapta al uso en la industria, especialmente para el control de personal y permite información fija como la clave del trabajador, fecha de ingreso, área de trabajo, etc.

**Figura No. 9 Código 128**



### **1.5 Componentes para su implementación**

#### **1.5.1 Etiqueta**

Existen muchas formas de identificar los productos, desde la impresión en cartón, envases y empaques, hasta el uso de una etiqueta adhesiva. La etiqueta es la base donde se encuentra impreso barras, espacios y código. El objetivo de la etiqueta es que pueda adherirse a una superficie plana y que permanezca allí durante la vida comercial del producto, evitando que se caiga o se remueva, hasta en casos extremos como el frío, calor o humedad.

Existen cientos de adhesivos para etiquetas autoadhesivas, pero son 3 los tipos principales que son:



- **Emulsiones acrílicas:** de base acuosa.
- **Soluciones acrílicas:** de base solvente.
- **Soluciones elastoméricas:** de base solvente.

Las etiquetas se presentan en forma de rollos o bobinas, donde la etiqueta es adherida en un sustrato a base siliconado o de alto slip, del cual puede removerse con facilidad, y se puede efectuar el etiquetado de los productos de forma manual, semiautomática y automática.

### 1.5.2 Métodos de impresión

Para poder imprimir una etiqueta, existen varios métodos de impresión. Algunos de estos métodos se detallan a continuación:

- **Transferencia térmica:** Aprovecha la propiedad superficial del papel donde se imprime, la cual al calentarse o enfriarse va formando la imagen deseada. El papel puede ser de tipo orgánico e inorgánico, la diferencia se basa en la vida útil que tiene cada uno y su capacidad de ser leído por ciertos lectores. La cabeza impresora se encarga de dar impulsos eléctricos convirtiéndolos en energía calórica que se desplaza en la cinta de papel mientras este avanza. Su factor mínimo de magnificación es del 100%.
- **Impresión por impacto:** Este tipo de impresión se da a través de un tambor rotatorio en donde se encuentran grabados todos los elementos del código. La cinta que se usa es de base poliéster. Este es un sistema parecido al de las máquinas de escribir electrónicas.

- **Impresión láser:** Este tipo de impresión se basa en la propagación electromagnética de ondas que se encuentran alineadas en fase, permitiendo una alta concentración de energía en un haz de luz diminuto transfiriendo la imagen al tambor impresor y este se encargará de la impresión sobre la superficie de la etiqueta.
- **Impresión por goteo:** Algunas impresoras modernas permiten la impresión a distancia por medio de algunos tipos de gotas de tinta que se proyectan contra la superficie de la etiqueta.
- **Matriz de puntos:** Se basa en el principio de transferir una imagen punto por punto a través de martillos diminutos que impactan una cinta entintada sobre la superficie de la etiqueta, la combinación de estos puntos formará los caracteres y símbolos del código de barras.
- **Sistema electrostático:** Es un sistema parecido al de las fotocopiadoras en donde la imagen se genera a través de cargas electrostáticas convirtiéndolas en una imagen virtual. Esta imagen se revela al pasar por un cepillo magnético que contiene partículas negras conocido como toner, quedando depositado únicamente sobre la imagen virtual. La imagen se fija a presión sobre la superficie de la etiqueta formando la impresión.
- **Impresión flexográfica angosta:** Este sistema es aplicado a pequeñas máquinas impresoras donde el substrato es generalmente menor de 300 Mm. Existen impresoras de tambor central, de cuerpos independientes combinadas con otros sistemas entre otras.

### 1.5.3 Lectores

Se llama **escáner** al instrumento lector óptico electrónico capaz de emitir y recibir un haz de luz roja, intermedia o infrarroja, de tipo no-coherente (LED) o coherente (LÁSER).<sup>3</sup>

El escáner puede dividirse en dos grupos que son:

#### 1.5.3.1 Escáner portátil

Es aquel en donde el objeto queda inmóvil, mientras el escáner se desplaza para poder realizar la lectura. Es ideal en el manejo de pequeños volúmenes de trabajo y para productos muy pesados que no puedan movilizarse fácilmente. Este tipo de escáner es ideal por ser de bajo precio, además por ser de fácil movilidad y mínimo entrenamiento.

Existen lectores portátiles que se alimentan por baterías. Pueden reducir el tiempo de recolección, eliminando el trabajo de escritorio y transmitir la información vía radio a la base de datos.

**Figura No. 10 Escáner portátil**



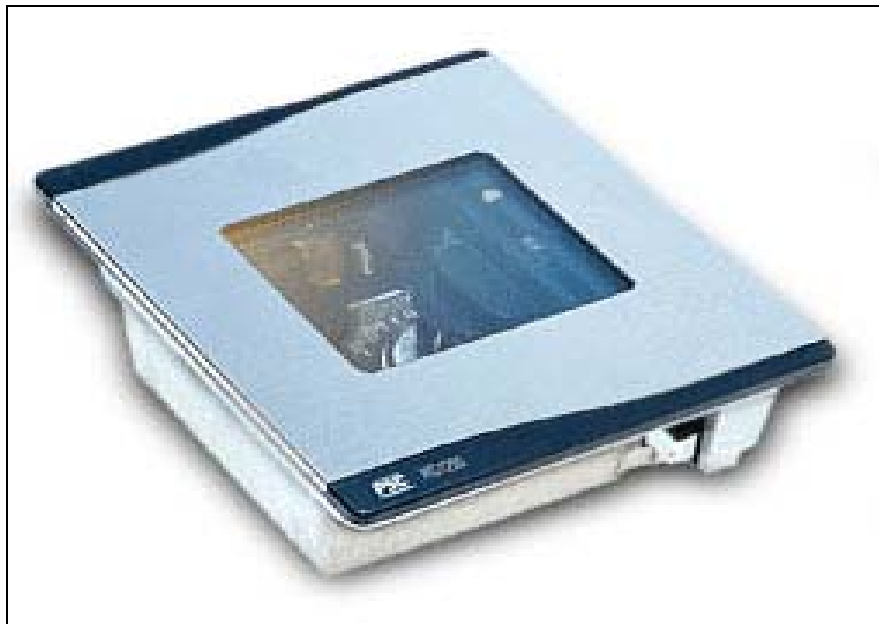
**Fuente:** Instituto Guatemalteco de Codificación. **El lenguaje electrónico del presente y el futuro.** Pág. 2

### 1.5.3.2 Escáner fijo

Este escáner está fijo en una caja registradora o una mesa en donde el objeto se desplaza rápidamente de forma manual o automática. Su capacidad de lectura es de mil lecturas por segundo, por lo que puede tener una lectura fácil del código de barras en movimiento.

Los escáners pueden dividirse en manuales; de haz simple lineal, de haz multi-axial y de ranura; y automáticos; de alta velocidad omni-direccional, de alta velocidad uni-direccional y lineal.

**Figura No. 11 Escáner fijo de caja registradora**



**Fuente:** Instituto Guatemalteco de Codificación. **Reaprovisionamiento eficiente.** Pág. 3

#### **1.5.4 Nivel de seguridad**

Es importante que el contraste entre barras claras y oscuras sea el correcto, además no debe existir deformación en la impresión del código de barras. Para lograr una óptima funcionalidad del código de barras es indispensable tener en cuenta diversos aspectos como el diseño, la impresión y el control de calidad. El nivel de seguridad varía entre 0 y 3, el nivel ideal para la lectura de volúmenes altos de seguridad es de 0.

#### **1.5.5 Equipo y software**

Para implementar un adecuado sistema de código de barras, hay que tener en cuenta que tipo de producto o servicio se va a utilizar. El equipo que se requiere para la implementación es el siguiente:

1 computadora central,  
extensiones de cableado de la computadora central a terminales,  
1 terminal,  
1 lector,  
1 software, que se encargue de imprimir el código de barras,  
1 software que contiene la base de datos, la cual se encargará de manejar el nivel de inventarios de la bodega.

## 2. SISTEMAS DE INVENTARIOS

### 2.1 Elementos

Mantener un inventario óptimo es para cada empresa una inversión que se convertirá en un valor agregado al obtener el rendimiento sobre la inversión total. El inventario óptimo se basa en tres preguntas básicas, las cuales son: qué pedir, cuánto pedir y cuándo pedir.

#### 2.1.1 Tipos de inventarios

Depende de cada empresa el tipo de inventarios a usar, se pueden clasificar según su propósito o uso. Algunos de estos tipos de inventarios se describen a continuación:

- **Materias primas:** La empresa manufacturera requiere de materia prima sin procesar, las cuales necesita para la producción o transformación en un producto final.
- **Producto en proceso:** Estos inventarios incluyen todos los materiales de producción los cuales la empresa esta realizando operaciones de fabricación, procesamiento o transformación, pero que aún no están terminados.

- **Productos terminados:** Este tipo de inventario abarca los productos o bienes terminados o en proceso de producción, que esperan venderse o enviarse a las redes de distribución. Este inventario protege contra la variabilidad de la demanda del cliente.
- **Repuestos:** Suelen llamarse piezas de servicio o refacciones, se usan para mantener el equipo y maquinaria de la empresa que fabrica bienes y servicios. Este tipo de inventario puede almacenarse cerca de la planta de producción, lugares de servicio o sitios estrechamente ligados al área de mantenimiento.
- **Suministros:** Son todos aquellos artículos que no están ligados a la producción, pero sí son de apoyo para mantener las operaciones de la planta y oficina, como papelería y útiles, mobiliario y equipo, etc.

Todos estos inventarios deben administrarse y controlarse para obtener un nivel óptimo y mantener el material disponible mientras los costos se minimizan para lograr la máxima rentabilidad en las áreas del proceso del negocio.

### 2.1.2 Costos de inventario

Los costos de un inventario son de imprescindible consideración, ya que de ellos depende mantener una administración óptima del inventario a un bajo costo. El mejoramiento de la administración del inventario debe concentrarse en reducir costos totales. Los costos indirectos principales de un inventario son:

- **Costos de adquisición:** Aquí se incluyen los costos administrativos de requisición, aprovisionamiento, compra, envío, recepción y similares.

- **Inspección:** Este costo se da en la inspección de la recepción de los procesos y del producto terminado.
- **Almacenaje:** Este es un costo de mantenimiento que incluye el espacio del almacén, la seguridad y los gastos relacionados con el almacenaje, así como los impuestos. Estos costos pueden depender del tipo de instalación, la cantidad almacenada y el espacio que se requiera.
- **Manejo:** Transportar los materiales o productos a almacenar es otro tipo de costo que incluye salarios y prestaciones del personal involucrado, equipo y sistemas que apoyan su trabajo.
- **Interés:** El capital invertido por una empresa en mantener sus bodegas tiene un costo definido conocido como costo de capital. Este depende de lo que se le puede ganar al capital si se hubiera invertido en otra cosa como acciones o ahorro.
- **Obsolescencia:** Las piezas en existencia llegan a ser obsoletas con el tiempo debido a los cambios que se generan en productos nuevos. Esto suele suceder con los productos diseñados con alta tecnología. Las empresas más modernas trabajan sobre el inventario obsoleto y excesivo para deshacerse de él. La regla primordial para mantener inventarios sin obsolescencia es no mantener inventarios para los que no haya una necesidad inmediata.



### 2.1.3 Demanda

Las demandas suelen depender del tipo de empresa, según la producción que se realice en ella. Para estos tipos de empresa existen dos tipos de demanda, que son:

- **Demanda dependiente:** Es la demanda de productos que depende de la manufactura de materiales necesarios en la fabricación, como materias primas, componentes y subensambles. Este tipo de demanda es por consiguiente intermitente o dependiente de las necesidades para los requerimientos de materiales en la elaboración del producto final. El inventario se planifica sólo para satisfacer los requerimientos específicos de producción.
- **Demanda independiente:** Este tipo de demanda proviene de las necesidades del mercado, y es independiente de las decisiones de la empresa. Suele provenir de pronósticos elaborados a partir de las ventas uniformes a través de datos históricos que estiman el valor promedio de uso, las tendencias y el patrón de variación de la demanda. Por lo general, la demanda hace descender el inventario hasta alcanzar un punto de reorden y así reemplazar el pedido.

### 2.1.4 Análisis y administración del inventario

El análisis y la administración del inventario son una parte importante en las funciones administrativas de los directivos de una empresa. El análisis oportuno permite identificar y controlar la inversión de un inventario.

- **Modelo de flujo de inventario:** Este análisis es una herramienta importante en el análisis y administración del inventario. Puede usarse para planificar los niveles de inventario y señalar las áreas con problemas. El propósito es modelar el inventario actual con el flujo de inventario, requiriendo información como mano de obra, costos de materiales y costos indirectos.
- **Modelo de inventario:** Muchos son los modelos que pueden utilizarse, según los movimientos que tenga cada inventario, éstos también sirven para construir planes de inventario y monitorear cada una de las categorías del inventario. Estos modelos facilitan el seguimiento del desempeño planeado y el desempeño real, para ver si los niveles de inventario se están controlando y administrando según el plan.
- **Modelo de entrada y salida:** Este modelo es el más usado en todas las empresas. Es un modelo sencillo el cual mide los cambios en las entradas y salidas de productos, bienes o materiales. Para reducir los productos de una bodega, debemos producir menos de lo que vendemos. Si necesitamos reducir nuestra producción, debemos adquirir a un ritmo menor los materiales e insumos que vamos a producir, así como la mano de obra, costos indirectos, etc.

Para administrar eficientemente inventarios, deben monitorearse constantemente los objetivos del desempeño en la inversión, la rotación, los tiempos de ciclo y las existencias por cada categoría de inventario. Un inventario mal administrado constituye un gasto.

## 2.2 Modelos de inventarios

Los modelos de inventarios, por lo general, se clasifican según si se conoce la demanda para el período (demanda determinística) o si se trata de una variable aleatoria que tiene una distribución de probabilidad conocida (demanda no determinística o aleatoria).<sup>4</sup>

Los modelos de inventarios tienen dos tipos de revisiones. La revisión periódica se realiza cuando se hace un pedido y este es despachado en intervalos de tiempo iguales. Cuando la revisión es continua, el inventario llega a un punto en donde se realiza un nuevo pedido sin importar el tiempo de despacho.

Para determinar qué modelo de inventarios debe usarse, no sólo la demanda es el factor importante, existen otros factores que influyen en la implementación de un modelo.

- **Demoras en la entrega:** Es el tiempo que existe cuando se solicita un pedido hasta cuando la entrega se efectúa. Este tiempo de entrega puede ser inmediato o prolongado.
- **Reabastecimiento de la bodega:** Puede ser instantáneo o uniforme. Instantáneo es cuando la bodega realiza compras de fuentes externas. El reabastecimiento uniforme se da cuando la empresa puede fabricar en su organización el producto.
- **Horizonte de tiempo:** Define el período sobre el cual el nivel de inventarios está controlado. Este puede ser finito o infinito, dependiendo de la naturaleza de la demanda.

- **Abastecimiento múltiple:** Puede darse cuando un sistema de inventarios posee varios puntos de almacenamiento, en donde un punto puede ser abastecido por uno o varios puntos a la vez. Cada punto tendrá una demanda que cubrir para satisfacer a los demás puntos.
- **Número de artículos:** Un sistema de inventarios puede tener más de un artículo. En este caso puede ser una competencia de espacio o capital limitados para la ubicación de los mismos en una bodega.

### **2.2.1 Modelos determinísticos**

En estos modelos la base fundamental es la demanda en el tiempo, la cual es conocida. Esta demanda sirve para determinar las políticas óptimas para realizar los pedidos.

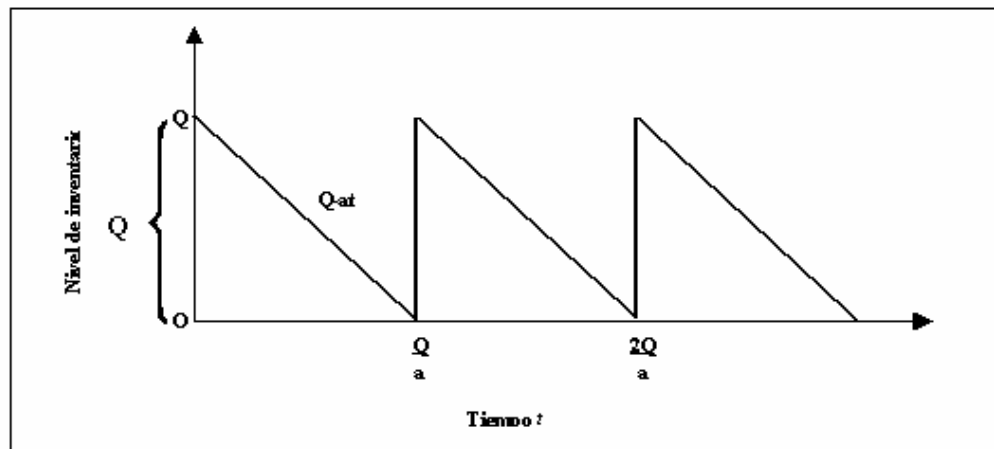
Los costos son componentes importantes para los modelos de inventarios. Los que más se utilizan en los modelos determinísticos son: costo de orden y preparación, costo unitario de compra, costo de almacenaje, costo total, tamaño del pedido, stock mínimo y máximo, punto de reorden, demanda, inventario de seguridad y tiempo entre pedidos.

#### **2.2.1.1 Modelo de revisión continua, con demanda uniforme, no se permite déficit alguno**

El problema fundamental y más común en inventarios, se refiere al caso en que los niveles de existencias se agotan en el tiempo y el inventario se vuelve a surtir por medio de la llegada de nuevos productos.

Este es el modelo más sencillo de modelos de inventarios y ocurre cuando la demanda es constante en el tiempo con reabastecimiento instantáneo y sin escasez. La figura 12 ilustra la variación del nivel de inventario con el tiempo.

**Figura No. 12 Diagrama del nivel de inventario como función del tiempo – No se permite déficit alguno.**



**Fuente:** Hillier, Frederick S. y Gerald J. Liebermann. **Introducción a la investigación de operaciones.**

Pág. 493

El costo por unidad de tiempo se obtiene de la siguiente manera: El costo de producción por ciclo está dado por:

$$\begin{cases} 0, & \text{si } Q = 0 \\ K + cQ, & \text{si } Q > 0. \end{cases}$$

Debido a que el nivel promedio de inventario durante un ciclo es  $(Q+0)/2=Q/2$  artículos por unidad de tiempo y el costo correspondiente es  $hQ/2$  por unidad de tiempo.

La longitud del ciclo es  $Q/a$ , el costo de almacenamiento por ciclo está dado por:

$$\frac{hQ^2}{2a}$$

Por lo tanto, el costo total por ciclo es:

$$K + cQ + \frac{hQ^2}{2a}$$

El costo total por unidad de tiempo, esta dado por:

$$T = \frac{K + cQ + hQ^2 / 2a}{Q/a} = \frac{aK}{Q} + ac + \frac{hQ}{2}$$

Cuando necesitamos que el valor  $Q^*$ , que minimiza el tiempo del ciclo se encuentra a partir de  $dT/dQ=0$ .  $DT/dQ=-aK/Q^2+h/2=0$ , entonces

$$Q^* = \sqrt{\frac{2aK}{h}}$$

El tiempo óptimo para requerir un tamaño económico de lote, está dado por:

$$t^* = \frac{Q^*}{a} = \sqrt{\frac{2K}{ah}}$$

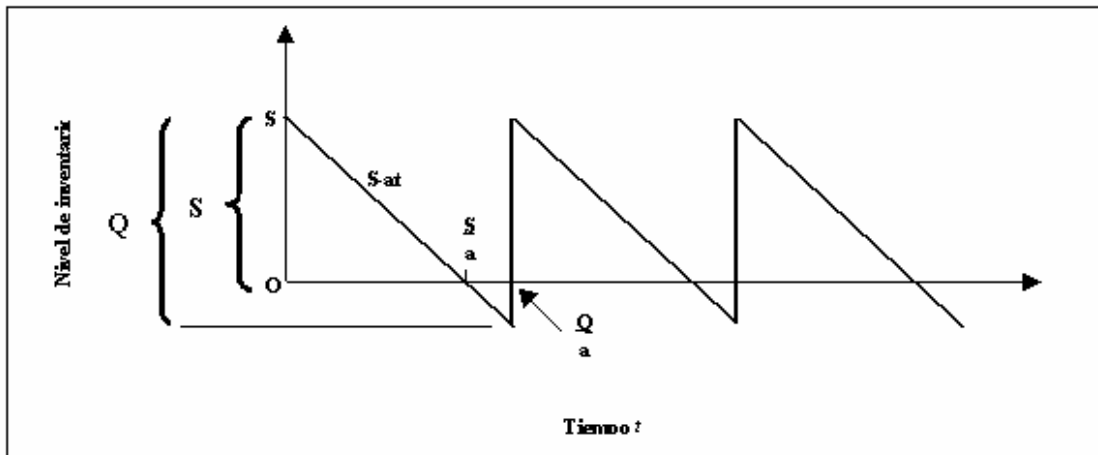
### **2.2.1.2 Modelo de revisión continua, con demanda uniforme, se permite déficit**

Al utilizar un modelo de revisión continua en donde se permite tener por parte del proveedor un tiempo de holgura para poder entregar el pedido puede ser bastante rentable porque puede incrementarse la longitud del ciclo.

Sin embargo este beneficio puede ser neutralizado por el costo en el que incurre cuando se presenta algún déficit, esto si el proveedor acepta pagar o descontar del costo de la venta por día atrasado, este resultado se asemeja a un modelo en donde no se permite ningún déficit.

La figura No. 13 presenta como es un modelo con déficit. Denotando S como la existencia a principio del ciclo.

**Figura No. 13 Diagrama del nivel como función del tiempo – se permite déficit**



**Fuente:** Hillier, Frederick S. y Gerald J. Liebermann. **Introducción a la investigación de operaciones.** Pág. 495

El costo por unidad de tiempo se obtiene de la siguiente manera. El costo de producción está dado por:

$$\begin{cases} 0, & \text{si } Q = 0 \\ K + cQ, & \text{si } Q > 0. \end{cases}$$

El nivel de inventario es positivo para un tiempo  $S/a$ . El nivel de inventario durante este tiempo es  $(S+0)/2 = S/2$  artículos por unidad de tiempo y el costo correspondiente es  $hS/2$  por unidad de tiempo. El costo total de almacenamiento en el que se incurre durante el tiempo en que el nivel de inventario es positivo y está dado por:

$$\frac{hS}{2} \frac{S}{a} = \frac{hS^2}{2a}$$

Los déficit se presentan para un tiempo  $(Q-S)/a$ . El monto promedio de los déficit esta durante este tiempo está dado por  $[0+(Q-S)]/2 = (Q-S)/2$  artículos por unidad de tiempo y el costo correspondiente es  $p(Q-S)/2$  por unidad de tiempo.

El costo total del déficit está dado por:

$$\frac{p(Q-S)}{2} \frac{(Q-S)}{a} = \frac{p(Q-S)^2}{2a}$$

El costo total por ciclo es:

$$K + cQ + \frac{hS^2}{2a} + \frac{p(Q-S)^2}{2a}$$

El costo total por unidad de tiempo es:

$$T = \frac{K + cQ + hS^2/2a + p(Q-S)^2/2a}{Q/a} = \frac{aK}{Q} + ac + \frac{hS^2}{2Q} + \frac{p(Q-S)^2}{2Q}$$

Para este modelo se tienen dos variables de decisión ( $S$  y  $Q$ ), y para encontrar los valores óptimos ( $S^*$  y  $Q^*$ ) se iguala a cero las derivadas parciales  $\partial T/\partial S$  y  $\partial T/\partial Q$ .

$$\frac{\partial T}{\partial S} = \frac{hS}{Q} - \frac{p(Q-S)}{Q} = 0 \quad \frac{\partial T}{\partial Q} = -\frac{aK}{Q^2} - \frac{hS^2}{2Q^2} + \frac{p(Q-S)}{Q} - \frac{p(Q-S)^2}{2Q^2} = 0$$



Al resolver estas ecuaciones, se obtiene:

$$S^* = \sqrt{\frac{2aK}{h}} \sqrt{\frac{p}{p+h}}$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2aK}{h}} \sqrt{\frac{p+h}{p}}$$

La longitud óptima del período,  $t^*$ , está dado por:

$$t^* = \frac{Q}{a} = \sqrt{\frac{2aK}{h}} \sqrt{\frac{p+h}{p}}$$

El déficit máximo se expresa como:

$$Q^* - S^* = \sqrt{\frac{2aK}{h}} \sqrt{\frac{h}{p+h}}$$

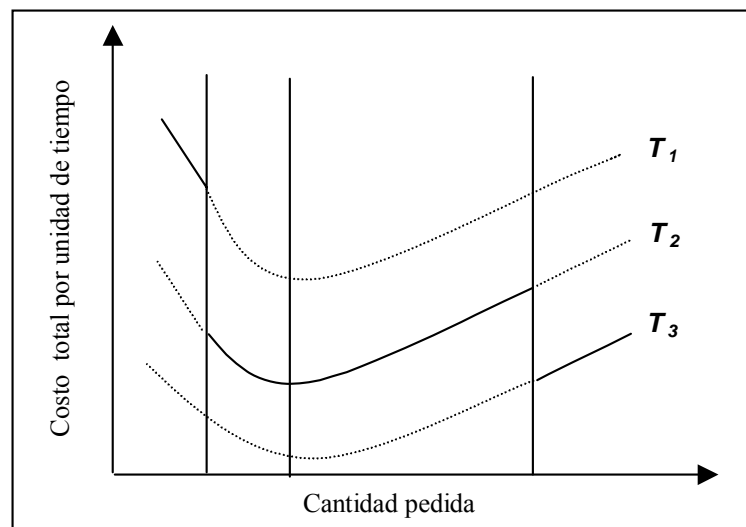
La fracción de tiempo en la que no existe déficit está dada por:

$$\frac{S^* / a}{Q^* / a} = \frac{p}{p+h}$$

### 2.2.1.3 Modelo de revisión continua, descuentos en cantidades, no se permite déficit

En los dos modelos anteriores se ha supuesto que el costo de los productos no varía, independientemente de la cantidad. Para este modelo el costo unitario varía con la cantidad pedida. Por ejemplo, si un proveedor ofrece al comprar cierta cantidad de artículos un precio, pero si esta cantidad es mayor ofrece una rebaja o descuento por artículo.

**Figura No. 14 Costo total por unidad de tiempo para varios artículos**



**Fuente:** Hillier, Frederick S. y Gerald J. Liebermann. **Introducción a la investigación de operaciones.**

Pág. 498

El costo total por unidad de tiempo para cada costo esta dado por:

$$T_j = \frac{aK}{Q} + ac_j + \frac{hQ}{2}, \text{ para } j = 1,2,3.$$

El tamaño económico del lote y el tiempo óptimo para ordenar, está dado por las fórmulas del modelo sin déficit.

## **2.2.2 Modelos estocásticos**

Este modelo de inventario se presenta cuando la demanda de un período es una variable aleatoria (también llamada estocástica), que tiene distribución de probabilidad conocida. Algunos de estos modelos son aplicables en industrias que se dedican a la fabricación de productos que se distribuyen o se venden en temporadas del año.

### **2.2.2.1 Modelo de revisión continua**

En este modelo probabilístico el almacenamiento se revisa continuamente, el tamaño del pedido se coloca cada vez que el nivel de existencias llega a un cierto punto de reorden. El objetivo es determinar los valores óptimos que minimicen los costos esperados de inventarios por unidad de tiempo.

Las hipótesis de este modelo son:

- El tiempo de fabricación entre la colocación de un pedido y su recepción es estocástico.
- La demanda que no se satisface durante el tiempo de fabricación se deja pendiente para ser satisfecha en períodos posteriores.
- La distribución de la demanda durante el tiempo de fabricación es independiente del tiempo en el cual ésta ocurre.
- No existe más de un período pendiente a la vez.

Sea

$R(x/t)$  = función condicional de la demanda  $x$  durante el tiempo de fabricación  $t$ ,  
 $x > 0$ .

$s(t)$  = función del tiempo de fabricación  $t$ ,  $t > 0$ .

$f(x)$  = función absoluta de la demanda  $x$  durante el tiempo de fabricación.

$$f(x) = \int_0^{\infty} r(x|t)s(t)dt$$

En donde:

$y$  = cantidad ordenada por ciclo

$D$  = demanda anual total esperada

$h$  = costo anual de mantener el inventario por unidad

$p$  = costo anual de escasez por unidad

El costo anual total para este modelo incluye el costo promedio, el costo esperado de mantenimiento de inventario y el costo esperado por escasez.

El costo fijo promedio está dado por  $(DK/y)$ , donde  $(D/y)$  es el número aproximado de pedidos por año y  $K$  es el costo fijo por orden.

El costo esperado para mantener el inventario se calcula basándose en el nivel de inventario neto esperado al inicio y al final del ciclo. El nivel esperado al final del ciclo es igual a  $E\{R-x\}$ . Al comienzo del ciclo, el nivel esperado de inventario es igual a  $y + E\{R-x\}$ .

El inventario promedio por ciclo está dado por:

$$\bar{H} = \frac{(y + E\{R - x\}) + E\{R - x\}}{2} = \frac{y}{2} + E\{R - x\}$$

Dado,  $f(x)$  como se definió anteriormente,

$$E\{R - x\} = \int_0^{\infty} (R - x)f(x)dx = R - E\{x\}$$

La expresión  $H$  ignora el caso en donde  $R - E\{R - x\}$  es negativo conocida como cantidad de escasez.

Sea  $S$  la cantidad de escasez por ciclo:

$$S(x) = \begin{cases} 0, & x \leq R \\ x - R, & x > R \end{cases}$$

La cantidad esperada de escasez por ciclo es:

$$\bar{S} = \int_0^{\infty} S(x)f(x)dx = \int_R^{\infty} (x - R)f(x)dx$$

El costo anual total del sistema, está dado por:

$$TAC(y, R) = \frac{DK}{y} + h\left(\frac{y}{2} + R - E\{x\}\right) + \frac{pD\bar{S}}{y}$$

El costo de escasez ( $pDS/y$ ) se supone proporcional a la cantidad de escasez, únicamente sin tomar en cuenta el tiempo de escasez. Esto es otra aproximación simplificadora en el modelo, ya que en el caso de costos de escasez de pedidos pendientes también es una función del tiempo de escasez.

Para obtener la  $y^*$  y  $R^*$  óptimas se realizan las derivadas parciales siguientes:

$$\frac{\partial TAC}{\partial y} = -\left(\frac{DK}{y^2}\right) + \frac{h}{2} - \frac{pD\bar{S}}{y^2} = 0$$

$$\frac{\partial TAC}{\partial R} = h - \left(\frac{pD}{y}\right) \int_R^{\infty} f(x)dx = 0$$

De la primera ecuación:

$$y^* = \sqrt{\frac{2D(K + p\bar{S})}{h}}$$

De la segunda ecuación:

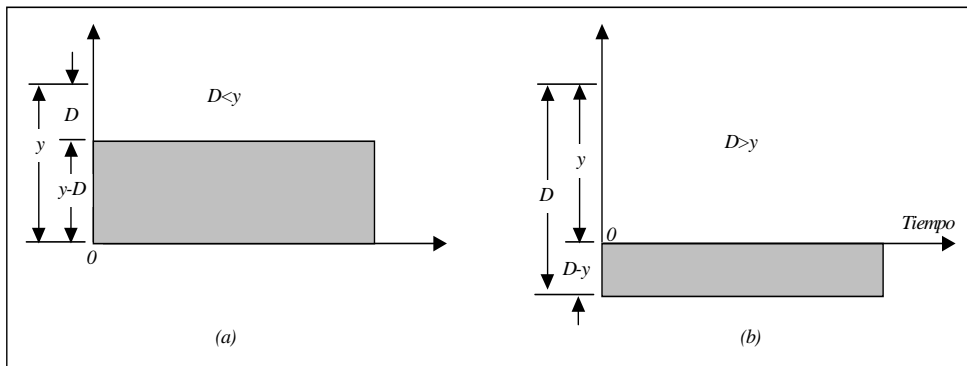
$$\int_{R^*}^{\infty} f(x)dx = \frac{hy^*}{pD}$$

### 2.2.2.2 Modelo de un solo período, demanda instantánea sin costo fijo

Cuando se refiere a modelos de demanda instantánea se supone que la demanda total se satisface al inicio del período.

Dependiendo de la cantidad demandada  $D$ , la posición de inventario justo después que la demanda ocurre puede ser positiva (excedentes) o negativa (escasez). Estos casos se muestran en la figura No. 15.

**Figura No. 15 Modelo de demanda instantánea sin costo fijo**



**Fuente:** Taha, Hamdy A. **Investigación de operaciones.** Pág. 567

Dada  $y$ , la cantidad que se tiene después que se recibe un pedido, el inventario que se mantiene está dado por:

$$G(y) = \begin{cases} 0, & \text{para } D < y \\ D - y, & \text{para } D \geq y \end{cases}$$

Mientras que la escasez de inventario está dada por:

$$H(y) = \begin{cases} y - D & \text{para } D < y \\ 0, & \text{para } D \geq y \end{cases}$$

Sea  $x$  la cantidad que se tiene antes de que se coloque el pedido. Se define  $f(D)$  como la función de la demanda, mientras que  $h$  y  $p$  son los costos unitarios para mantener el inventario y de escasez del período. También  $c$  es el costo unitario de compra.

Si  $y$  es continua y no se incurre en ningún costo fijo, el costo esperado para el período está dado como:

$$E\{C(y)\} = \text{costo de ordenar} + E\{\text{de costo de mantener}\} + E\{\text{costo de la escasez}\}$$

$$\begin{aligned} &= c(y - x) + h \int_0^{\infty} H(y) f(D) dD + p \int_0^{\infty} G(y) f(D) dD \\ &= c(y - x) + h \left\{ \int_0^y (y - D) f(D) dD + 0 \right\} + p \left\{ 0 + \int_y^{\infty} (D - y) f(D) dD \right\} \\ &= c(y - x) + h \int_0^y (y - D) f(D) dD + p \int_y^{\infty} (D - y) f(D) dD \end{aligned}$$



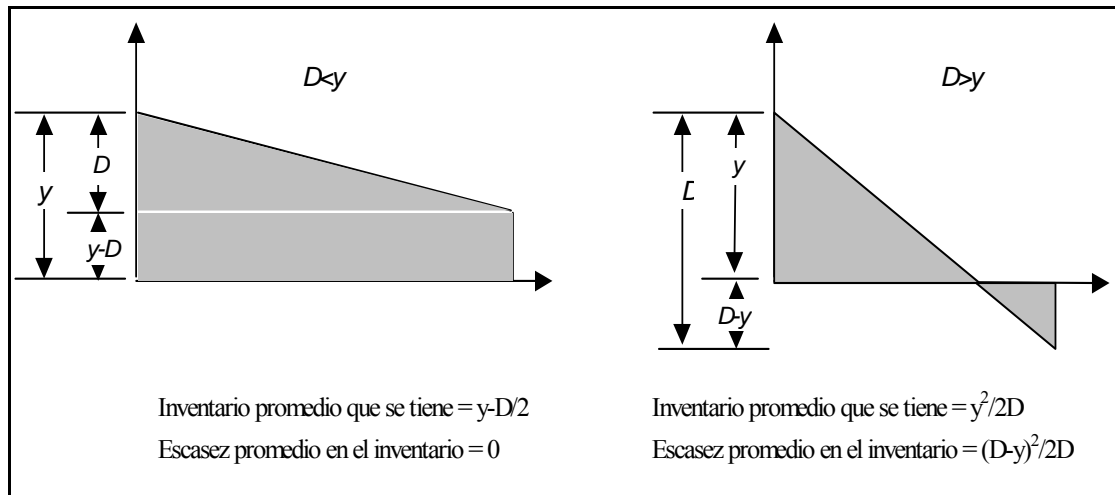
El valor óptimo de  $y$  se obtiene igualando la primera derivada de  $E\{C(y)\}$  a cero, entonces:

$$\frac{\partial E\{C(y)\}}{\partial y} = c + h \int_0^y f(D)dD + p \int_y^{\infty} f(D)dD = 0$$

### 2.2.2.3 Modelo de un solo período, demanda uniforme sin costo fijo

Para este modelo, la demanda se comporta de manera uniforme durante un ciclo o período.

**Figura No. 16 Modelo de demanda uniforme sin costo**



**Fuente:** Taha, Hamdy A. **Investigación de operaciones.** Pág. 570

El costo tal esperado para este modelo está dado por:

$$E\{C(y)\} = c(y-x) + h \left\{ \int_0^y \left( y - \frac{D}{2} \right) f(D) dD + \int_y^\infty \frac{y^2}{2D} f(D) dD \right\} + p \int_y^\infty \frac{(D-y)^2}{2D} f(D) dD$$

Tomando la primera derivada e igualando a cero, se obtiene:

$$c + h \left( \int_0^y f(D) dD + \int_0^y \frac{y}{D} f(D) dD \right) - p \int_0^\infty \left( \frac{D-y}{D} \right) f(D) dD = 0$$

O bien:

$$\int_0^{y^*} f(D) dD + y^* \int_{y^*}^\infty \frac{f(D)}{D} dD = \frac{p-c}{p+h} = q$$

Esta política es de tipo de un solo número crítico ya que  $E\{C(y)\}$  es convexa.

### 2.2.3 Estratificación ABC

El manejo de inventarios suele implicar un número de artículos que varían en precio desde los muy económicos hasta los muy costosos. Un porcentaje pequeño de artículos de un grupo constituye un mayor valor en los costos, mientras que el resto de artículos del mismo grupo constituyen un valor mínimo de la inversión.

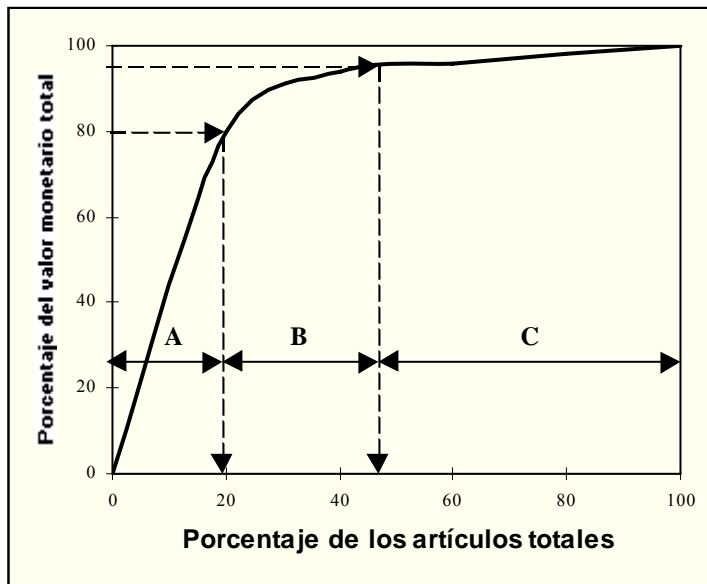
El sistema de inventarios ABC es un procedimiento que clasifica artículos que requieren de atención especial con su volumen anual de dinero. La idea de clasificar el 80% del valor monetario acumulado del inventario como clase A, es que suele ser el 20% de los artículos del inventario. La clase B, constituye un valor monetario entre el 80% y el 95% y contiene un 25% del total de artículos del inventario. Los artículos restantes constituyen la clase C.

Para poder obtener una óptima administración de inventarios, el análisis ABC, debe ser el primer paso en aplicar para una situación de control de inventarios.

Al identificar los artículos de un inventario, se pueden utilizar otros tipos de modelos de inventarios.

La clasificación del inventario ABC se presenta en la gráfica No. 17.

**Figura No. 17 Gráfica de la clasificación ABC**



Fuente: Taha, Hamdy A. **Investigación de operaciones**. Pág. 562

#### 2.2.4 Inventario excedente u obsoleto

Para tener una óptima administración y control de inventarios, existe otra clase de inventario, el excedente u obsoleto, también llamado clase D.

- **Inventario excedente:** Es inventario útil, con existencias excedentes o extras que se mantienen disponibles arriba de la tasa de uso normal, por lo común, para períodos futuros. Este tipo de inventario no requiere de pronósticos para los siguientes períodos, el guardar estos artículos extras o de movimiento lento, aumenta el total de costos de mantenimiento del inventario. Estos artículos que se retienen durante bastante tiempo pueden llegar a ser obsoletos.
- **Inventario obsoleto:** Estos son los artículos que ya no tienen demanda. Esto se debe a que los artículos sean perecederos, tengan una vida de estante y hayan caducado o porque ya no estén de moda.

Con frecuencia, estos artículos son desechados por las compañías alrededor de un 10% o más del valor de sus inventarios totales cada año, debido a la obsolescencia. Esto es descontado de las ganancias netas.

Muchas compañías tienen como objetivo reducir el inventario obsoleto y excedente, determinando las causas y solucionándolas.

Al detectarse el problema debe eliminarse de la forma más rentable posible.

Si un artículo puede usarse como está, se puede vender en un 90% o más de su valor inicial, ya sea como refacción o reemplazo.

Si un artículo no se puede usar como está, se puede recuperar un 75% de su valor, devolviéndolo al proveedor o reprocesándolo.

La siguiente opción es vender el artículo vendiéndolo a un 25% o 50% de su valor inicial, esta opción puede ser atractiva debido al gran descuento que se hace.

La última opción es desechar el artículo en donde sólo puede recuperarse un 10% o menos del valor inicial del artículo.

### **3. ANÁLISIS ACTUAL DE INVENTARIOS Y PROCEDIMIENTOS DE LA BODEGA**

La bodega de repuestos pertenece al departamento de Ingeniería de la empresa Rayovac Guatemala, S. A., siendo parte importante para el funcionamiento del servicio que presta este departamento a la empresa.

#### **3.1 Análisis FODA de la bodega**

El método FODA es parte importante de la administración y sirve para diagnosticar la situación interna y externa de la bodega de repuestos.

- **Fortalezas**

Las instalaciones son apropiadas, debido a que se encuentran retiradas del área de producción y cercanas al departamento de mantenimiento; las áreas son de fácil acceso para proveedores y personal de mantenimiento, los proveedores no tienen que ingresar a la planta de producción y los mecánicos tienen acceso directo a ella; el personal de la bodega es calificado y el nivel de conocimiento es alto en el área de repuestos.

- **Oportunidades**

Prestar un servicio más eficiente al departamento de mantenimiento; contar con personal altamente calificado; poseer un sistema de inventarios adecuado que disminuya sus costos y mejor manejo de repuestos con una adecuada departamentalización.

- **Debilidades**

Falta de un adecuado inventario de repuestos; atraso en la actualización de inventario en la base de datos y falta de organización en la distribución de repuestos (no existe departamentalización). Además, falta por ingresar a la base de datos aproximadamente 10% de los repuestos.

- **Amenazas**

Por no existir una adecuada departamentalización, existe la posibilidad de extravío de repuestos, como el ingreso de datos se realiza de forma manual también se pueden extraviar las boletas de ingreso y egreso de repuestos y que la base de datos indique que hay cierta cantidad de repuestos en existencia cuando en la realidad no existen, haciendo que la valorización de la bodega se muestre más alta.

### **3.2 Formatos**

Los formatos son documentos que sirven para registrar la información de los repuestos que son ingresados y egresados de la bodega, además de otros que sirven para la compra de repuestos y préstamo de equipo a los mecánicos. A continuación se describe su uso:

### 3.2.1 Requisición de materiales a bodega

Sirve para el registro de salidas de repuestos de la bodega. Ésta debe contener la siguiente información:

- Máquina donde será instalado el o los repuestos
- Fecha de solicitud de los repuestos
- Cantidad solicitada
- Código del repuesto
- Estante y casillero donde se encuentra
- Nombre y código de la persona que lo solicita
- Firma del supervisor o jefe inmediato superior que autoriza la solicitud

El bodeguero puede rechazar el documento.

**Figura No. 18 Requisición de materiales a bodega de repuestos**

**RAYOVAC**  
GUATEMALA, S. A.

Nº 0002013

**REQUISICION DE MATERIALES A BODEGA DE REPUESTOS**

- 1.- Este vale debe contener toda la información solicitada.
- 2.- Debe estar debidamente autorizado por el superior del área y/o persona inmediata superior del supervisor.
- 3.- Podrá ser rechazado por el bodeguero cuando así lo requiera.

MAQUINA: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_

CANTIDAD	CODIGO	ESTANTE	CASILLERO

\_\_\_\_\_  
SUPERVISOR

\_\_\_\_\_  
Vo. Bo.

Entregado a: \_\_\_\_\_ No. Tarjeta \_\_\_\_\_





### **3.2.3 Orden de compra**

Es un documento utilizado para la compra de repuestos a proveedores tanto nacionales como extranjeros. Cuando los repuestos ingresan a bodega, una copia de la orden de compra servirá para verificar la cantidad, medidas y características de los proveedores. Ésta debe contener la siguiente información:

- Nombre del proveedor
- Fecha en que se realiza la orden de compra
- Dirección del proveedor
- Número de identificación tributaria del proveedor
- Código del proveedor
- Cantidad de días de crédito solicitado
- Nombre de la persona que solicita el repuesto
- Lugar de entrega del repuesto
- No. de requisición en donde se solicitó el repuesto
- Cantidad de repuestos que se desean comprar
- Descripción del repuesto
- Costo de los repuestos
- Autorización de la compra
- Departamento de la empresa en donde se utilizará el repuesto

Para que una orden de compra sea autorizada, debe depender de las necesidades urgentes que tenga la planta, para la compra de materiales para la fabricación de repuestos o repuestos fabricados. Las personas que pueden autorizar una orden de compra son: el jefe de taller, el gerente de ingeniería, el gerente de manufactura, el gerente de producción y el gerente de control de calidad.

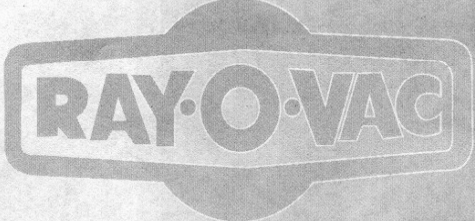
## Figura No. 20 Orden de Compra

**RAYOVAC GUATEMALA, S. A.**  
 NIT: 33196-1  
 APARTADO POSTAL 457  
 TELS.: 2891766 - 67 - 69 PBX: 2891764 FAX. 2891765  
 COLONIA SANTA ISABEL, JOCOTALES, ZONA 6  
 GUATEMALA, C. A.

**ORDEN DE COMPRA**

**No. 1299**

ESTE NUMERO DEBE CITARSE  
 EN FACTURAS, NOTAS Y  
 CORRESPONDENCIA.

NOMBRE DEL PROVEEDOR:		FECHA:	
DIRECCION DEL PROVEEDOR:		NIT:	
PROVEEDOR No.:	DIAS CREDITO:	REQUERIDO POR:	LUGAR DE ENTREGA:
REQUISICION	CANTIDAD	DESCRIPCION	TOTAL
			
_____ AUTORIZADO		SUB-TOTAL	
		I. V. A.	
		<b>TOTAL Q.</b>	

LITHO ONAMA 333034789 TEL. 3606441 3601817 360626

### 3.3 Capacidad de instalaciones

La bodega de repuestos se encuentra en un área alejada de la planta de producción, con la finalidad de que materiales como combustibles y aceites no sean un peligro para los productos y máquinas que posee la planta.

Además es un área la cual requiere que se encuentre en óptimas condiciones con el fin de que el servicio que presta sea el adecuado. Tiene buen acceso tanto a proveedores, mecánicos y personal subcontratado que recibe el servicio de la bodega.

El área de bodega de repuestos se divide en tres subáreas que son:

- **Área 1:** Cojinetes, retenedores, repuestos para máquina cortadora de papel, repuestos para máquinas de ensamble, asfaltadora, empaque, extrusión, máquinas Rovac y máquinas básicas 2LP y 1LP, Bodymaker, repuestos eléctricos en general y línea Rocket.
- **Área 2:** Tornillos, tuercas, castigadores, tirabuzón, llaves Allen, engranajes, poleas, resortes, motores, lijas, brochas, cepillos, sprockets, fajas, herramientas, así como aceros, bronce, entre otros, que sirven para la fabricación de repuestos dentro de la fábrica.
- **Área 3:** Está compuesta por materiales inflamables como lubricantes, grasas, solventes y pinturas.

En la bodega de repuestos y materiales se sigue un estricto programa de seguridad e higiene industrial. Es común que por el tipo de material inflamable que se guarda en la bodega exista algún riesgo de incendio, pero el área 3 que posee estos materiales se encuentra alejada de la planta de producción. Está área cuenta también con 3 extinguidores aéreos automáticos, que al percibir cierta temperatura alta provocada por un incendio, automáticamente se activan, además de contar con un extinguidor manual.

La bodega posee 2 extinguidores ubicados adecuadamente y cercano en las áreas de paso del personal de la bodega. Los extinguidores son de clase B y C de 11.2 Kg. de peso.

La capacidad de almacenaje en la bodega de repuestos se encuentra dada por el área efectiva de las estanterías de la misma. Actualmente el área 1 cuenta con 12 estanterías fabricadas de madera de iguales dimensiones (largo: 7.00 metros, ancho: 0.50 metros, altura: 3.50 metros). En el área 2 se encuentran 3 estanterías de metal (2 con dimensiones largo: 7.00 metros, ancho: 0.50 metros y altura: 2.50 metros y 1 con dimensiones; largo: 7.00 metros, ancho: 0.65 metros y altura: 2.50 metros), además tiene 4 estanterías de madera (1 con dimensiones, largo: 1.20 metros, ancho: 0.85 metros y altura: 1.60 metros; 1 con dimensiones, largo: 7.50 metros, ancho: 0.85 metros y altura: 2.50 metros; y 2 con dimensiones, largo: 3.50 metros, ancho: 0.60 metros y altura: 2.50 metros). Además cuenta con un área de 50 metros cuadrados en donde están diversos metales para cortar. El área 3 cuenta con 2 estanterías de iguales dimensiones (largo: 3.00 metros, ancho: 0.50 metros y altura: 2.00 metros).

### **3.4 Controles**

Son registros que sirven para inspeccionar las actividades que realiza la bodega de repuestos.

#### **3.4.1 Inventarios actuales**

Actualmente la bodega de repuestos posee una base de datos elaborada en un software llamado OMNIS7. Este programa tiene registrados el 90% de los repuestos existentes en la bodega. El otro 10% no se encuentra registrado, ya sea porque es un repuesto nuevo que aún no se ha identificado.

El problema actual de la bodega consiste en que no se hacen los registros de entrada y salida a tiempo. El encargado de bodega se encarga de recibir las boletas o requisiciones de repuestos a bodega, despacha, verifica la cantidad y luego guarda la boleta. Estas boletas se van acumulando hasta que son ingresados a la base de datos cuando hay tiempo o se consigue a una persona para el ingreso de la información, esto puede realizarse a través de un practicante u otra persona de la empresa.

Esta operación es afectada por la carencia de información en el tiempo preciso en que se realiza la consulta. El peligro de perder información es bastante fundamental en estos tipos de operación, un extravío de boletas, un despacho sin boleta o un mal ingreso de información por un número de repuestos despachados que no eran pueden variar la información verídica que debe contener la base de datos.

## **3.4.2 Procedimiento de recepción y entrega de repuestos**

### **3.4.2.1 Procedimiento de recepción de repuestos**

El encargado de bodega recibe a los proveedores y verifica los repuestos que llegan con la copia de la orden de compra, luego verifica la cantidad y firma de recibido, se toma una muestra para realizar el control de calidad y luego son aceptadas o devueltas al proveedor.

### **3.4.2.2 Procedimiento de entrega de repuestos**

El procedimiento consta del manejo de información a través del encargado de bodega, el cual se encarga de recibir la boleta de requisición de repuestos a la bodega. El procedimiento es muy sencillo, recibe la boleta y la revisa que esté debidamente llena, luego busca el repuesto que es solicitado, verifica nuevamente con la boleta y realiza la entrega. Esta requisición de materiales a bodega debe ser autorizada con anterioridad por el supervisor del área donde será instalado el repuesto, para que esta pueda ser despachada.

Al siguiente día un digitador de datos recoge las boletas que fueron despachadas el día anterior, y las ingresa a la base de datos.

### 3.4.3 Descripción y clasificación de repuestos en bodega

La descripción y clasificación es una parte fundamental que sirve para la ubicación, identificación y descripción de los repuestos dentro de la bodega, así como para mantener el inventario de una manera adecuada y ordenada en una base de datos.

A continuación se detalla la descripción de repuestos en bodega.

<b>Área</b>	<b>Contenido</b>
-------------	------------------

01A1	Stellite
01B1	Aceros (01-D2-D3-9840-EB80)
01B2	Bronce
01B3	Hierro fundido
01C2	Repuestos eléctricos
01C3	Accesorios OPW. Planta de cloruro
01C4	Plástico del rin
01C5	Fajas Rhodes y Schuller
01C6	Cojinetes de aguja y seguidores de leva
01C9	Pines cónicos
01D1	Tornillos, roldanas, tuercas
01D2	Repuestos eléctricos
01D3	Accesorios galvanizados
01D4	Electrodo, Cold Rolled, hierro, angular
01D5	Fajas tipo A y B
01D6	Cojinetes
01D7	Retenedores y O-Ring
01D8	Tornillos para madera
01D9	Aceites, grasa, resortes, poleas, sprocket, etc.



01H1 Herramientas de corte, pastillas, buriles, etc.  
01M Motores y motoreductores  
01M1 Motores eléctricos  
27A1 Repuestos para máquinas básicas  
27A2 Repuestos para troqueles, empaque y ensamble  
27A3 Repuestos para extrusión y compresores  
27C1 Repuestos importados máquinas básicas  
27C2 Repuestos importados máquinas de troqueles, empaque y ensamble  
27C3 Repuestos importados máquinas de extrusión  
FA1 Fajas  
FA10 Fajas para transportadores  
ROD Rodos

La clasificación de repuestos anteriormente descritos se realiza de la siguiente manera:

Stellite (01A#####)

Los valores ##### serán correlativos partiendo de 1001.

Aceros y bronces (01B\*####)

El valor de \* puede ser:

1 para aceros  
2 para bronces

Los valores ### serán correlativos partiendo de 001.

## Repuestos importados (01C\*####)

El valor de \* puede ser:

- 1 para tornillos, tuercas, roldanas y castigadores
- 2 para repuestos eléctricos
- 3 para tubería y elementos de plomería en general
- 4 para perfiles de metal, herrería en general y electrodos
- 5 fajas y cadenas de transmisión
- 6 cojinetes y chumaceras
- 7 empaques, sellos, o-rings
- 8 carpintería en general
- 9 varios (piedras para esmeril, aceites, abrazaderas, brocas, yeso, pintura, lijas, poleas, etc.

Los valores #### serán correlativos partiendo de 001.

## Repuestos nacionales (01D\*####)

El valor de \* puede ser:

- 1 para tornillos, tuercas, roldanas y castigadores
- 2 para repuestos eléctricos
- 3 para tubería y elementos de plomería en general
- 4 para perfiles de metal, herrería en general y electrodos
- 5 fajas y cadenas de transmisión
- 6 cojinetes y chumaceras
- 7 empaques, sellos, o-rings

- 8      varios (piedras para esmeril, aceites, abrazaderas, brocas, yeso, pintura, lijas, poleas, etc.

Los valores ### serán correlativos partiendo de 001.

Repuestos del taller (27\$\*###)

El valor de \$ puede ser:

- 1      para repuestos nuevos
- 2      para repuestos reconstruidos

El valor de \* puede ser:

- 1      para áreas de mezclas, planta de cloruro, PL y methocel
- 2      para áreas de ensamble, cerradoras y empaques, troqueles, montacargas
- 3      para fundición, extrusión y compresores

Los valores ### serán correlativos partiendo de 001.

#### **3.4.4 Requisiciones de compra**

Las requisiciones de compra son realizadas a través de una solicitud de repuestos por parte de supervisores de mantenimiento, encargado de bodega y gerentes. Esto depende de las necesidades de compra son necesarias ya sea porque la existencia en bodega llegó a su stock mínimo o no hay existencias en bodega.

Esta requisición de compra es elaborada por el jefe de taller, a través del programa OMNIS 7.

Este programa posee una opción para la realización de requisiciones de compra, ésta debe llenarse con la siguiente información:

- Número de requisición, este es designado por el sistema.
- Fecha de elaboración
- Código, nombre y dirección del proveedor
- Productos a comprar y su costo
- Comentarios.

En los comentarios, se describirá a que cuenta bancaria será descargado el pago a los proveedores por la compra realizada.

Al tener la requisición de compra llenada completamente, ésta es transmitida a través de la red interna de cómputo al departamento de compras. El departamento de compras se encarga de cotizar y luego elaborar la orden de compra y asignarle el número de cuenta a la cual se descargará el pago del mismo y la descripción de la compra.

#### **3.4.4.1 Repuestos comprados a proveedores**

Para la realización de compra de repuestos a proveedores, debe extenderse una orden de compra. Este documento sirve para que los proveedores efectúen la venta de repuestos a la empresa y transmitan el pago efectivo del mismo.

Al realizarse la orden de compra, se traslada al gerente de ingeniería, el cual se encargará de autorizar la orden de compra dependiendo siempre de las necesidades de la planta y mantenimiento. La forma de pago y autorización de una orden de compra depende de una escala de la siguiente manera:

- De Q0.01 a Q400.00, se paga a través de caja chica y puede ser autorizada por el gerente de ingeniería, el gerente de producción o el gerente de calidad.
- De Q400.01 a Q1,000.00, se paga a través de cheque y es autorizada únicamente por el gerente de ingeniería.
- De Q1,000.01 en adelante, se paga a través de cheque y es autorizada por el gerente de manufactura.

El trámite de pago a través de cheque dura 2 semanas.

#### **3.4.4.2 Repuestos fabricados en taller**

Algunas máquinas que posee la empresa provienen del extranjero y los proveedores no poseen repuestos para dichas máquinas. Debido a esto se tiene un taller en donde fabrican algunos repuestos.

La fabricación de repuestos es solicitada a través de supervisores de área. Se realiza la solicitud de materiales a la bodega por parte del taller para la fabricación del mismo. Los mecánicos-torneros realizan la pieza conforme muestra o dibujo, luego se realiza su tratamiento térmico y pulido. Si son piezas muy grandes el tratamiento térmico se realiza afuera de la empresa.

En casos de que en el taller no se pueda fabricar la pieza, ya sea por ser piezas muy grandes o porque no se tiene el suficiente tiempo posible para la fabricación, existen empresas subcontratadas que la fabrican. Se les entrega el material a trabajar y la muestra o dibujo del mismo.

### 3.4.5 Reportes

Los reportes son informes que se generan en la bodega de repuestos y son utilizados por el departamento de costos. La base de datos en OMNIS7 puede realizar la impresión de los reportes que a continuación se detallan:

- **Existencias:** Detalla la cantidad de repuestos existentes en bodega, su código y descripción de cada repuesto.
- **Repuestos a pedir:** Cuando se entregan repuestos y se da su salida en la base de datos, ésta indica cuando llega a su mínimo. Este informe sirve para realizar la requisición de compra o la orden de fabricación en el taller.
- **Salidas:** Este reporte se encarga de ver las salidas de repuestos que se han dado en cierto período determinado. Este período puede ser ingresado manualmente.
- **Entradas:** En este reporte se pueden ver los repuestos que han ingresado a la bodega en cierto período determinado.
- **Consumo de repuestos por departamento:** Indica el consumo de repuestos que se han solicitado en la bodega para determinado departamento de la planta.

- **Consumo de repuestos por máquina importados o nacionales:** Indica en qué máquina fueron instalados los repuestos, además si éstos fueron comprados en el extranjero o en el país.
- **Consumo de repuestos por empleado:** Muestra un listado por empleado de los repuestos que éste ha solicitado a la bodega de repuestos, y puede verse por período o por fecha.
- **Entrada de repuestos por proveedor:** Muestra un listado por proveedor de los repuestos que éste ha vendido y entregado a la bodega de repuestos, y puede verse por período o por fecha.
- **Resumen valorizado total:** Este es el reporte de mayor importancia para el departamento de costos, debido a que muestra el valor total en quetzales de las existencias en la bodega, y se describe por áreas.
- **Repuestos con movimiento:** Muestra los repuestos que han tenido movimiento durante 5 años atrás a partir de la fecha de consulta.
- **Repuestos sin movimiento:** Muestra los repuestos que no han tenido movimiento durante 5 años atrás a partir de la fecha de consulta. Las consultas de repuestos con y sin movimiento sirven para realizar el análisis de si algún repuesto ya es obsoleto en la bodega.
- **Promedio de consumos:** Este reporte sirve para ver la cantidad de pedidos de cierto repuesto durante cierto período, y va a servir para calcular el stock máximo y mínimo, así como la cantidad óptima a ordenar y cada cuanto se va a realizar un pedido.

- **Archivo:** Realiza el mismo procedimiento, como si se hicieran las anotaciones de ingresos y salidas en una tarjeta, con la excepción de que aquí se puede revisar los movimientos de un cierto período de tiempo.
- **Total de máquinas por departamento:** Este reporte es un apartado de la bodega de repuestos, y muestra las máquinas que existen por departamento en la planta. Sirve para identificar en la base de datos en qué máquina será instalado uno o varios repuestos.
- **Resumen total por departamento:** aquí se pueden observar los movimientos de salida de repuestos por departamento, con el fin de cargar el repuesto adquirido al departamento donde fue instalado.

#### 3.4.5.1 Otros reportes

Existe otro tipo de reportes que son de utilidad, pero no son frecuentemente utilizados. Éstos son:

- **Empleados:** En este reporte se puede observar todos los empleados que posee la empresa, especialmente las personas que se relacionan directamente con la bodega.
- **Proveedores:** Informa sobre todos los proveedores que posee la empresa identificados con un código y nombre de la empresa. La base de datos también guarda la información de dirección, número de identificación tributaria, teléfonos, etc.



- **Máquinas:** Indica todas las máquinas existentes en la empresa, con su respectivo código.
- **Áreas:** Indica las áreas existentes dentro de la empresa.
- **Listado de usuarios:** Reporta a los empleados que hacen uso de la bodega, como mecánicos, electricistas, etc.
- **Listado de máximos y mínimos:** Este es el reporte que más se usa en el cálculo de inventarios, en este se puede ingresar el valor máximo y mínimo en el inventario base según el movimiento que han tenido durante un año.
- **Repuestos de máquinas con existencia:** Reporta los repuestos que tienen existencia en la bodega de repuestos por máquina.
- **Repuestos de máquinas sin existencia:** Reporta los repuestos que no tienen existencia en la bodega de repuestos por máquina.
- **Repuestos por máquina por mínimos:** Indica la cantidad de repuestos que debe tener el inventario mínimo en la bodega, este los despliega por cada repuesto.
- **Nombre de repuestos:** Indica un listado general por nombre de repuesto, en orden alfabético.
- **Listado general:** Proporciona un listado general de los repuestos que posee la bodega, con código, descripción del repuesto, ubicación y cantidad en existencia.

### **3.4.6 Devoluciones**

Cuando un repuesto no posee las características necesarias para ser funcional, éste se devuelve a bodega. Estas características pueden ser por mal diseño o no se ajusta en el lugar donde es instalado.

Si el repuesto fue comprado, se devuelve al proveedor. Comúnmente, el proveedor devuelve otro similar en reemplazo del defectuoso.

Si el repuesto fue fabricado en planta se devuelve al taller para reprocesarlo o para ser utilizado posteriormente de otra forma.



## **4. PROPUESTA DE CAMBIO DE INVENTARIOS Y PROCEDIMIENTOS EN BODEGA**

### **4.1 Objetivo del inventario**

Optimizar los recursos de la bodega aprovechando el máximo espacio disponible, equipo, instalaciones, recurso humano y económico con que cuenta para la realización de los movimientos de ingresos y egresos de repuestos.

### **4.2 Modelo de inventario a usar**

Para la aplicación del modelo a usar en la bodega se determina que la demanda de los repuestos es conocida y además uniforme, por lo que resulta práctico utilizar el modelo de revisión continua con demanda uniforme además de no permitir faltantes.

Este modelo toma como base el movimiento de la demanda en el tiempo, y puede determinarse también las políticas óptimas que deben seguir los pedidos.

Los datos más utilizados en este modelo de inventarios son:

- el costo de orden y preparación,
- el costo unitario de compra,
- el costo de almacenaje,
- el costo total,

- el tamaño óptimo del pedido a ordenar,
- stock mínimo,
- stock máximo,
- punto de reorden,
- inventario de seguridad, y
- tiempo entre pedidos.

### **4.3 Inventario ABC para uso en repuestos**

Para determinar la clasificación de inventarios en la bodega de repuestos, se toma como base una muestra aleatoria de repuestos de todos los departamentos y se utiliza los porcentajes de las cantidades correspondientes para determinar la estratificación, se determina qué clase de repuesto pertenece dependiendo de los diferentes rangos de costos.

#### **4.3.1 Materiales clase A**

Los repuestos de clase A se encuentran en la bodega de repuestos clasificados en un rango de Q1,000.01 en adelante, representan el 80% del valor total monetario de la bodega de repuestos y el 15% del total de repuestos existentes en bodega.

Los repuestos que pertenecen a este grupo son:

- Repuestos importados
- Repuestos eléctricos
- Motores eléctricos
- Compresores

#### **4.3.2 Materiales clase B**

Los repuestos de clase B se clasifican entre un rango de Q401.01 a Q1,000.00, representan el 15% del valor total monetario de la bodega de repuestos estos pertenecen al 25% del total de repuestos en bodega.

Los repuestos que pertenecen a este grupo son:

- Repuestos nacionales
- Accesorios OPW
- Hierro fundido
- Bronce
- Stellite
- Aceros (01-D2-D3-9840-EB80)
- Retenedores
- O-rings
- Cold Rolled

#### **4.3.3 Materiales clase C**

Los repuestos de clase C se clasifican entre un rango de Q0.01 a Q400.00, representan el 5% del valor total monetario de la bodega de repuestos estos representan el 60% del total de repuestos en bodega.

Los repuestos que pertenecen a este grupo son:

- Accesorios galvanizados
- Fajas tipo A y B

- Pines cónicos
- Cojinetes
- Seguidores de leva
- Tornillos
- Roldanas
- Tuercas
- Resortes
- Electroodos
- Grasas
- Poleas
- Sprockets

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

Los sistemas justo a tiempo se describen como un proceso para lograr mejoras continuas, por medio de la eliminación de desperdicios y de la variabilidad. Estos abarcan técnicas de control, calidad total, competencia de los empleados, etc.

En el caso de una bodega de repuestos, este sistema ayuda en la elaboración de un sistema de inventarios que mantenga la cantidad suficiente de repuestos para ser utilizados en los respectivos mantenimientos de la empresa. Esto es más conocido como amortiguador, porque mantiene un stock mínimo en casos de emergencia.

Las técnicas de control son de importancia para la aplicación estricta de la cantidad necesaria de repuestos existentes en bodega, requerir los materiales o repuestos justo al llegar al nivel mínimo del inventario. Esto con el fin de que el proveedor pueda surtir a la bodega en el tiempo adecuado.

#### **4.4 Costo del inventario**

El inventario siempre conlleva un costo indirecto, éste es llamado también costo de mantenimiento del inventario; por lo general suele alcanzar hasta el 50% del costo de la compra, entonces, el total representa el costo total del material, por ejemplo, si un repuesto costó Q1.00, una vez en el inventario, puede costar Q1.50.

El costo indirecto del material es un costo adicional agregado y por lo tanto, se considera un desperdicio.

Los costos de adquisición representan el valor de la realizar el ordenamiento o reabastecimiento del inventario desde realizar la orden de compra, incluyendo la compra, embarques, aprovisionamiento, recepción, etc. En el caso de repuestos, este costo empieza en la realización de la requisición de compra, ésta es analizada dependiendo del valor de la compra, y puede ser aprobada por el jefe de taller, el gerente de ingeniería o el gerente de manufactura.

Cuando la compra proviene del extranjero, los costos de adquisición cubren los gastos de envío ya sea por embarque o vía aérea. Cuando la compra es local, el costo de adquisición es reflejado en la distribución del producto en la entrega a bodega. Por último el costo de recepción y aprovisionamiento del repuesto también incurre en costos de adquisición.

Este costo de adquisición normalmente incurre en un 5% del anual del valor total de inventario.

Los costos de inspección son otro tipo de costos indirectos en que incurre la compra de un repuesto.



El costo de inspección se ve reflejado en la revisión de las dimensiones y características del repuesto, dependiendo de la solicitud realizada en la orden de compra. Si un repuesto no tiene estas dimensiones y características solicitadas, se devuelve al proveedor y se solicita el cambio o reembolso del valor de la compra. Este costo de inspección representa otro 5% del valor del inventario.

El manejo es un costo indirecto representado en el valor total de la compra de un repuesto, porque este costo incluye salarios y prestaciones del personal que participa en la bodega. Este costo representa un 5% más al valor anual del inventario.

El almacenaje es un costo de mantenimiento que incluye el costo del espacio en la bodega, la seguridad y los gastos relacionados con el almacenaje. En promedio, los costos de almacenaje alcanzan un 5% al valor de los repuestos almacenados al año.

El interés es otro tipo de costos indirectos agregados al valor del inventario. El capital invertido en el inventario tiene un costo definido, y se calcula como el costo del dinero o la tasa de retribución que podría haber obtenido el capital si se hubiera invertido en otra cosa, como acciones, etc. Los costos de interés, calculados sobre la estimación moderada de lo que se puede esperar haber ganado en un capital invertido con sabiduría, agrega un 10% al valor total de inventarios durante un año.

La obsolescencia es otro costo indirecto que la empresa llegará a encarar algún día. Los repuestos llegan a ser obsoletos cuando alguno de ellos llega a cambiarse con nuevas dimensiones u otras características. Esto suele suceder cuando la maquinaria se llega a cambiar y hay que realizarle algunos ajustes o se compra otra maquina nueva que puede tener los mismos dispositivos, pero en algo puede cambiar por lo que no usará los mismos repuestos.

Lo más seguro de hacer en estos casos es tratar de nunca mantener inventarios para los cuales no haya una necesidad inmediata. Por lo que una parte del costo del inventario es una dotación para cubrir las pérdidas causadas por la obsolescencia, que pueden ser de un 10% más agregado al valor anual del inventario.

La depreciación es un costo indirecto que se refleja en la reducción del valor de un bien de capital con base en su edad o el uso que con frecuencia puede reflejar alguna pérdida real del valor. En el caso de inventarios, la depreciación es el daño, deterioro o pérdida de repuestos debido al almacenaje, la manipulación, el clima la edad, la merma, etc. Esta depreciación suele representar un costo del 5% sobre el valor anual del inventario.

Los seguros del inventario es un costo directamente variable de acuerdo a un valor proporcional al valor del inventario. Estos costos se ven afectados por el tipo de sistemas de seguridad y las instalaciones usadas para el almacenamiento. Este costo promedia un 5% anual del valor de los repuestos almacenados.

El mantener y controlar inventarios es muy costoso. Estos elementos deben calcularse y analizarse de manera exacta para controlar el costo total de los repuestos en el inventario.

La suma del total de costos indirectos o de mantenimiento se ven reflejados en la tabla No. 1.

**Tabla I Costos indirectos de la bodega de repuestos**

	Porcentaje al año
Adquisición	5
Inspección	5
Almacenaje	5
Manejo	5
Interés	10
Obsolescencia	10
Depreciación	5
Seguros	5
Costos indirectos totales	50

#### **4.5 Demanda del inventario**

La demanda de repuestos necesarios en la planta de producción depende de la demanda del tipo de mantenimiento a realizarse en las máquinas del departamento de producción.

Este tipo de demanda es por lo general dependiente y conocida, pues la demanda existe sólo cuando es requerido por alguna máquina que se encuentre parada por falta de mantenimiento y sea urgente su solicitud para que la máquina vuelva a funcionar nuevamente o si el mantenimiento es planeado con anticipación y sea requerido una cantidad de repuestos para cambiar los defectuosos y así continuar la máquina en funcionamiento al volver a iniciar el proceso.

Los tipos de demanda existentes en la empresa dependen de los mantenimientos preventivos y correctivos.

#### **4.5.1 Mantenimiento preventivo**

Este tipo de mantenimiento es un programa bien organizado, coordinado con el departamento de producción, con el fin de eliminar la posibilidad de parar repentinamente en un proceso.

Por lo general, este mantenimiento tiene las siguientes características:

- Es más barato y sencillo, existe un ahorro.
- Convenio entre gerentes y jefes.
- Instituir procedimientos.
- Prever cualquier anomalía innecesaria en la maquinaria.

La empresa comúnmente realiza una inspección general de maquinaria en un determinado período al año, esto es cuando la planta de producción sale de vacaciones.

Cuando este mantenimiento surge, se realiza con anticipación un pedido de repuestos, para realizar dicho trabajo.

Para esto es necesario contar con una cantidad necesaria de repuestos en bodega para prever este mantenimiento.

Esta demanda se calcula a través de las solicitudes de repuestos realizadas en años anteriores, para calcular en qué momento se van a utilizar dichos repuestos.

#### **4.5.2 Mantenimiento correctivo**

El mantenimiento, es la continua, adecuada y oportuna atención que debe brindársele a las máquinas y en general a cualquier elemento integrante de una planta de producción, con el fin de lograr la óptima utilización para la cual esté diseñada, atendiendo en cada caso a sus características y funciones específicas de todos y cada uno de los elementos mencionados.

El mantenimiento correctivo es todo trabajo hecho sobre algún equipo que por no seguir las indicaciones del fabricante, hay que cambiar o reparar la pieza y muchas veces se detiene la línea de producción.

Los factores que influyen en este tipo de mantenimiento son:

- Alto costo.
- Falla repentina.
- Falta de tiempo.
- Observación de un solo problema.

Para calcular una demanda promedio para este tipo de mantenimiento, se debe realizar un estudio de las distintas solicitudes de repuestos realizados a bodega.

Aunque el mantenimiento preventivo es mejor y más provechoso que el correctivo, no deja de existir siempre un deterioro en las máquinas por cualquier situación, ya sea porque la máquina no funcionó bien con el repuesto instalado o por descuido del operador. Es por eso que es muy necesario mantener un inventario adecuado para cualquier tipo de mantenimiento.

## **4.6 Determinación del tamaño del lote**

Primero se determinó el tipo de inventario a usar, el cual es el modelo de revisión continua y demanda uniforme, no se permite déficit alguno por la importancia de mantener repuestos en bodega por cualquiera de los dos mantenimientos descritos anteriormente.

La demanda se determina a través de una muestra seleccionada de los registros de salidas de bodega durante 6 meses. Para obtener el tamaño del lote, se toma como ejemplo la demanda de cojinetes de aguja 20x28x20 #Taf-202820, que tuvo como promedio durante los últimos 6 meses, una demanda de 7 cojinetes mensuales.

### **4.6.1 Determinación del costo unitario de almacenaje**

Para determinar el costo unitario de almacenaje se necesitan los siguientes datos:

Sueldos del personal de bodega=Q3,000.00.

Tasa de interés para obtener el costo de oportunidad=11% anual.

Tasa de depreciación de los repuestos=5% anual.

Tasa por riesgo de robo o pérdida de repuestos=1% anual.

Cantidad de repuestos en inventario=25,000.

Costo del repuesto=Q120.00

Tamaño del pedido actual=28 cojinetes.

El **costo unitario de almacenaje** se calcula de la siguiente manera:

$h = (\text{sueldos/cantidad de repuestos en inventario}) + (\text{costo del repuesto} * [\text{tasa de interés anual del costo de oportunidad} + \text{tasa de depreciación de los repuestos} + \text{tasa por riesgo de robo o pérdida de repuestos}]/[\text{tamaño del pedido actual} * 12])$ .

$$h = \frac{Q3,000.00}{25,000 \text{ unidades}} + \frac{Q120.00 * (.11 + .05 + .01)}{12 * 28 \text{ unidades}}$$

$$h = Q0.18 / \text{mes} * \text{unidad}$$

#### **4.6.2 Determinación del costo de orden y preparación**

Para determinar el **costo de orden y preparación** se deben utilizar los siguientes servicios:

Utilización de teléfono y fax=Q1.50

Papelería=Q1.00

Utilización de equipo de cómputo=Q3.00

$$K = Q1.50 + Q1.00 + Q3.00$$

$$K = Q5.50$$

Al consultar los registros de ingresos a bodega por parte de los proveedores, se determina que el tiempo mayor de entrega de los cojinetes de aguja 20x28x20 #Taf-202820, es de 5 días y el tiempo promedio de entrega durante los últimos 3 meses es de 2 días.

Para calcular la política óptima de inventario, se tienen los siguientes datos:

Demanda (a) = 7 cojinetes de aguja al mes.

Costo unitario de almacenaje (h) = Q0.18 por unidad al mes.

Costo de orden y preparación (K) = Q5.50

Tiempo mayor de entrega (Tm) = 5 días.

Tiempo promedio de entrega (Tp) = 2 días.

#### 4.6.3 Cantidad estándar a ordenar

Para determinar el **tamaño óptimo del pedido**, se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2aK}{h}} \qquad Q^* = \sqrt{\frac{2 * 7(\text{unidades/mes}) * Q5.50}{Q0.18(\text{mes} * \text{unidad})}}$$

$$Q^* = \sqrt{427.7778 \text{ unidades}^2}$$

$$Q^* = 20.6828 \text{ unidades} \approx 21 \text{ unidades}$$

El **tiempo entre pedidos** se calcula con la siguiente fórmula:

$$t^* = \frac{Q^*}{a} \qquad t^* = \frac{21 \text{ unidades}}{7 \text{ unidades/mes}}$$

$$t^* = 3 \text{ meses}$$

Cada 3 meses debe ser solicitado un pedido de 21 unidades de cojinetes de aguja 20x28x20 #Taf-202820.



#### 4.6.4 Política de inventario de seguridad

Para determinar un adecuado inventario mínimo, se necesita calcular el tiempo de la **política de stock mínimo**. Esta es determinada por la siguiente fórmula:

$$T_{sm} = \text{tiempo mayor de entrega} - \text{tiempo promedio de entrega} = T_m - T_p$$

$$T_{sm} = 5 \text{ días} - 2 \text{ días}$$

$$T_{sm} = 3 \text{ días}$$

También para calcular el stock mínimo, se debe determinar el **promedio diario de consumos** de este repuesto, y está dada por:

$$P_{dc} = \frac{a}{30}$$

$$P_{dc} = \frac{7 \text{ unidades/mes}}{30}$$

$$P_{dc} = 0.2333 \text{ unidades/día}$$

El **stock mínimo** se calcula de la siguiente manera:

$$S_{min} = P_{dc} * T_{sm}$$

$$S_{min} = 0.2333 \text{ unidades/día} * 3 \text{ días}$$

$$S_{min} = 0.7000 \approx 1 \text{ unidad.}$$

El **stock máximo** se calcula de la siguiente manera:

$$S_{max} = Q^* + S_{min}$$

$$S_{max} = 21 \text{ unidades} + 1 \text{ unidad}$$

$$S_{max} = 22 \text{ unidades}$$



#### 4.6.6 Excedentes

Este tipo de inventarios se identifican desafortunadamente cuando la acumulación de repuestos ya se ha dado en la bodega, el inventario excedente llega a ser obsoleto conforme pasan las fechas de caducidad y disminuye la demanda.

El inventario excedente puede ser manejado en la forma como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla II Valores de recuperación para eliminar el inventario excedente**

Disposición	Valor	
	Recuperación	Pérdida
Usar como está	100%	0%
Reprocesar o devolver al proveedor	75%	25%
Vender o eliminar	50%	50%
Desechar	10%	90%

#### **4.6.7    Obsoletos**

La depuración de repuestos obsoletos se utiliza para extraer de la bodega todos aquellos repuestos que no tienen uso, estos repuestos quedan en desuso debido a que la maquinaria donde eran usados ya no existe en la planta, o que por algún motivo se da un cambio en las características físicas del repuesto.

A través de este procedimiento se logra la disponibilidad de espacio y reducción de costos de almacenaje.

Los repuestos obsoletos deben ser extraídos de la bodega y descargados del inventario. Éstos deben almacenarse en un lugar para posteriormente buscarle un uso adecuado o la venta de los mismos.

También los repuestos que se encuentran deteriorados ya sea por que se oxidaron, repuestos frágiles o quebrados, empaques rotos, repuestos eléctricos dañados o defectuosos, etc., deben ser manejados de la misma manera como los repuestos obsoletos.

## **4.7 Control del inventario**

Para un adecuado control del inventario en la bodega de repuestos, es importante establecer un adecuado registro de ingresos y egresos de repuestos de la bodega.

Cada repuesto será identificado a través de una etiqueta codificada con barras, para una mayor facilidad de análisis por parte de la base de datos.

### **4.7.1 Recepción y entrega de repuestos**

El establecimiento de controles consiste en crear e implementar los registros indispensables para establecer el óptimo desempeño de las diferentes actividades que se realizan en la bodega de repuestos.

En la recepción, el encargado de bodega recibe a los proveedores, verificará la calidad y cantidad de los repuestos solicitados en la orden de compra. Al ser aceptados, se les asignará el código de barras correspondiente y luego se realizará la lectura para digitar el ingreso al inventario de la bodega.

Para la salida o despacho de repuestos, se utilizará la requisición de materiales de la figura No. 18. El encargado de bodega revisará la boleta y despachará los repuestos solicitados, ingresando a la base de datos, el nombre del mecánico o persona que solicita el repuesto, la máquina donde será instalado, el escáner detectará el código de barras y luego se ingresará la cantidad de repuestos solicitados en forma manual.

## **4.8 Organización**

El buen funcionamiento de la bodega de repuestos va a depender del personal a cargo con que cuente y la forma como sean clasificados y ubicados los repuestos.

### **4.8.1 Personal a cargo**

La bodega debe contar con una persona con experiencia en el ramo de repuestos y materiales industriales. Además por la implementación de un código de barras para la óptima y rápida lectura de los ingresos y salidas de repuestos, ésta persona debe tener conocimientos de computación.

Las funciones que debe tener el encargado de la bodega de repuestos son:

- Recepción, almacenaje y despacho de repuestos y materiales.
- Digitación de ingresos y egresos de repuestos y materiales de la bodega en la base de datos.
- Cotización y pedido de repuestos.
- Clasificación e identificación de repuestos conforme al departamento que pertenezcan.
- Orden, limpieza y seguridad de las instalaciones.

#### **4.8.2 Clasificación de repuestos**

El objetivo de clasificar los repuestos, es para que el encargado de bodega tenga la facilidad de obtenerlos sin ninguna dificultad. Para ello se detalla la clasificación como sigue:

- **Área 1:**

Estantería 1: Cojinetes, retenedores y repuestos para máquina cortadora de papel.

Estantería 2 y 3: Repuestos para departamentos de ensamble, asfalto, empaque.

Estantería 4 y 5: Repuestos para el departamento de extrusión.

Estantería 6: Repuestos para máquinas Rovac.

Estantería 7: Repuestos para máquinas básicas 2LP, 1LP.

Estantería 8 y 9: Repuestos para máquinas Bibras, Toho, Bodymaker.

Estantería 10 y 11: Repuestos eléctricos.

Estantería 12: Repuestos para máquinas Rocket.

- **Área 2:**

Estantería 1: Materiales para soldadura.

Estantería 2: Engranajes, poleas, resortes.

Estantería 3: Llaves de paso, lijas, brochas, cepillos, pegamentos y motores.

Estantería 4: Sprockets, cadenas, etc.

Gabinete 1: Roscas, tuercas, castigaderas, tirabuzón, llaves Allen

Gabinete 2: Tornillos.

Gabinete 3: Herramientas para prestar a mecánicos.

Área de metales y cortadora.

- **Área 3:**

Lubricantes, aceites, y materiales inflamables.

### **4.8.3 Distribución física de repuestos en bodega**

Es necesario crear una adecuada departamentalización de las tres áreas de la bodega de repuestos, para poder:

- Obtener espacios adecuados para la circulación de las personas encargadas de la bodega.
- Colocar de acuerdo al tamaño de la siguiente manera: los repuestos más livianos se encontrarán en la parte superior de las estanterías y los repuestos más pesados en la parte inferior de las estanterías.
- Diseño de rótulos de identificación de estanterías y de casilleros.

En las figuras siguientes se determina la distribución física de las tres áreas que posee la bodega de repuestos.



**Figura No. 22 Área 1 de la bodega de repuestos**

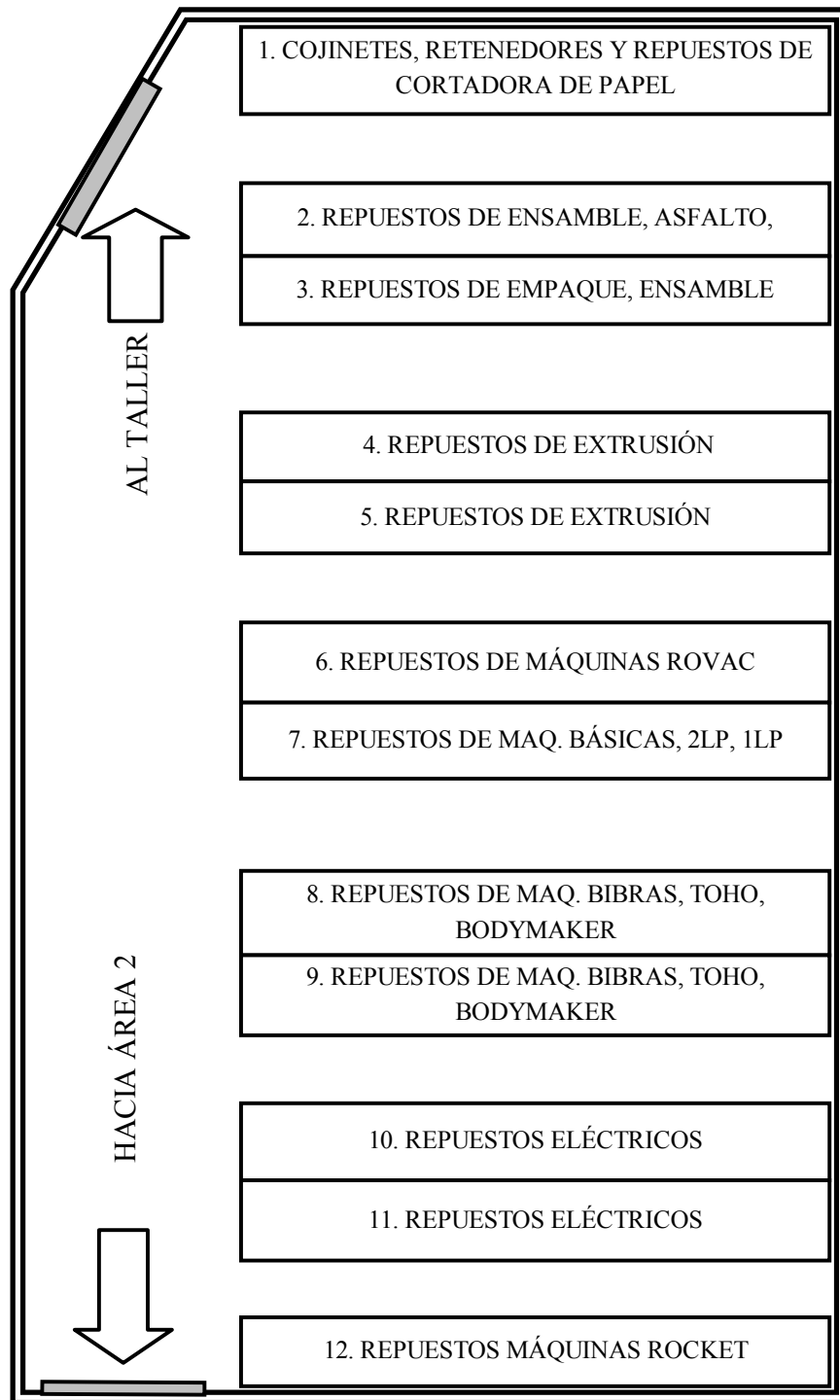
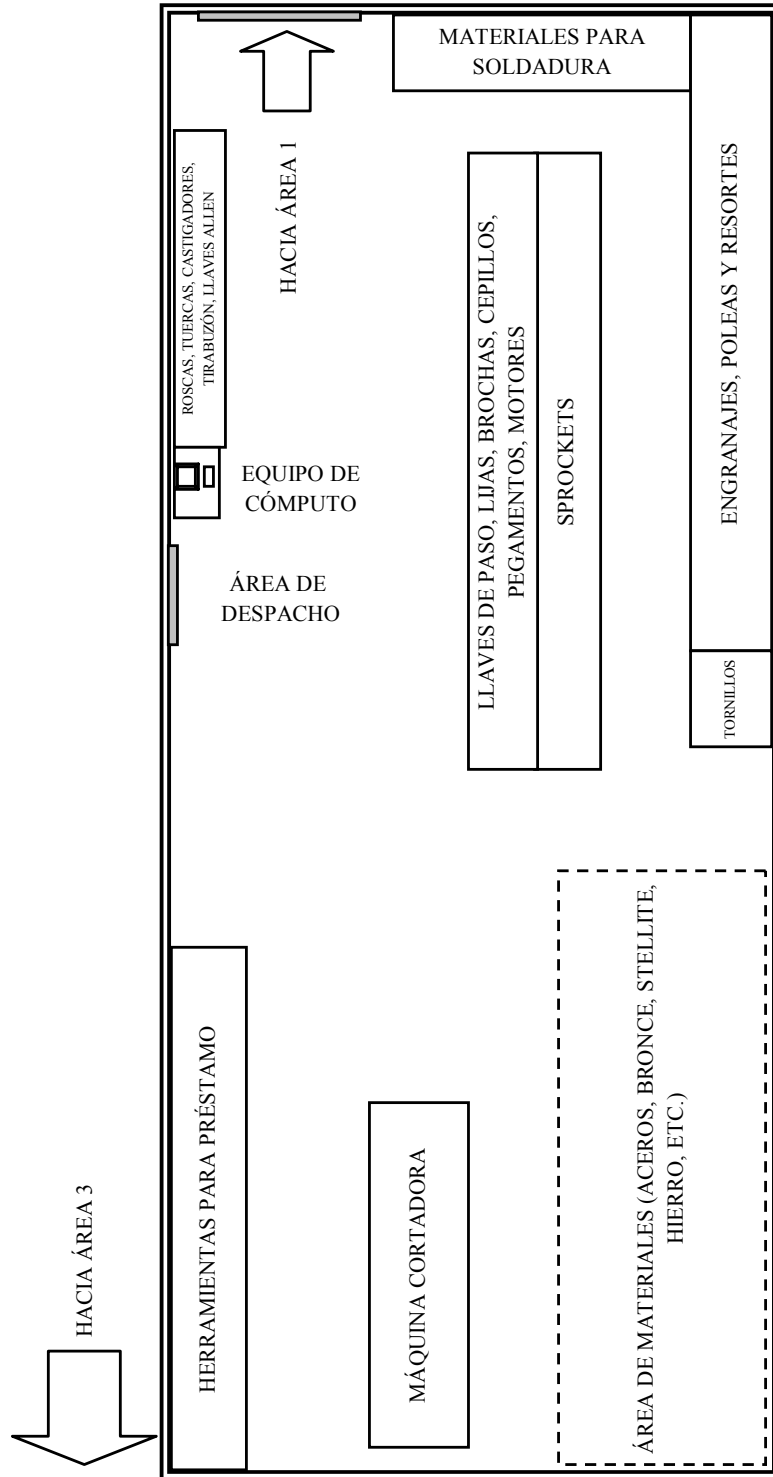
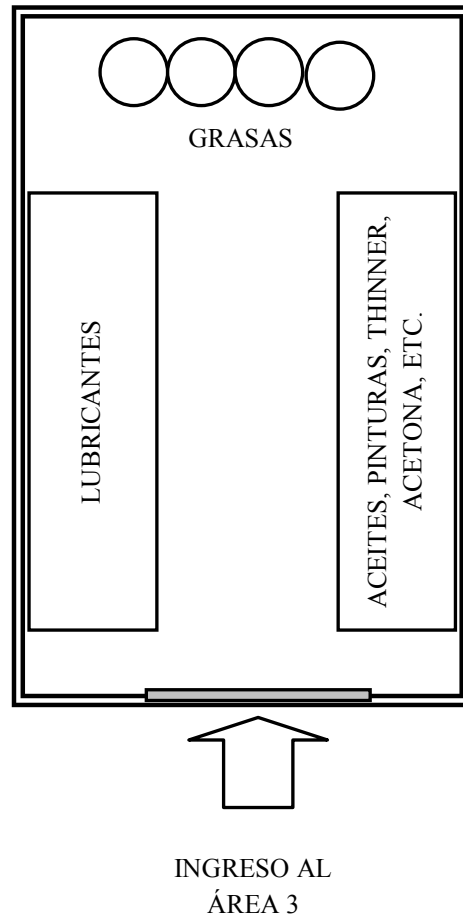


Figura No. 23 Área 2 de la bodega de repuestos



**Figura No. 24 Área 3 de la bodega de repuestos**



## **5. DISEÑO DEL SISTEMA DE CÓDIGO DE BARRAS PARA MANEJO DE BODEGA**

### **5.1 Especificaciones de diseño**

La modernización ha llegado a todas las empresas que son líderes en manufactura, la empresa ya cuenta con varios sistemas nuevos de programación de computadoras y control de datos desde manufactura, producción, mantenimiento, logística, etc.

Uno de estos programas es una base de datos la cual se encarga del control de inventarios en la bodega de repuestos que se utiliza para el manejo de inventarios en la de repuestos.

Está conectado en red y puede ser utilizado por cualquier persona que posea una computadora y requiera información del manejo de la bodega. Las personas autorizadas que están conectadas en red son:

- Gerente de manufactura
- Gerente de ingeniería
- Jefe de taller
- Encargado de bodega
- Contabilidad
- Departamento de compras

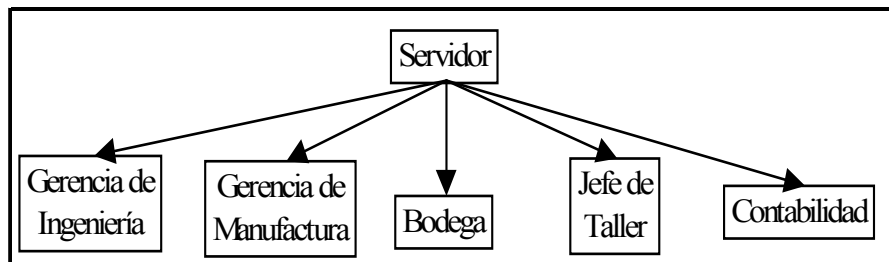
La base de datos es un programa llamado OMNIS7.

La bodega para el manejo de inventarios debe contar con una computadora, impresora, escáner; en donde el personal puede hacer registros de entradas y salidas del inventario de repuestos.

Para realizar estas dos funciones se debe utilizar un dispositivo electrónico escáner para lectura de código de barras que se encuentran en cada casillero de la bodega y realizar con mayor velocidad la lectura de datos.

En la siguiente figura se encuentran los departamentos involucrados en el manejo y control de inventarios de la bodega de repuestos.

**Figura No. 25 Sistema de conexión al servidor**



## 5.2 Software y hardware

Muchas empresas que se dedican a la elaboración de programas de computación ofrecen a las compañías diversos programas para el control de inventarios, producción, planificación, compras, etc.

El software que debe usar la bodega de repuestos debe ser una base de datos, diseñada para el control de stock máximo y mínimo de la bodega, consumos, pedidos, proveedores, etc.

Como se indicó anteriormente, el programa de base de datos que utiliza la bodega de repuestos para su control de inventarios es OMNIS7, este programa será transformado para la recolección de datos a través de lectores de códigos de barras.

El hardware necesario para implementar el sistema de código de barras a la bodega de repuestos es:

- una computadora instalada en la bodega de repuestos, conectada al servidor,
- extensiones de cableado,
- un lector de código de barras inalámbrico para mayor facilidad de movimiento dentro de la bodega,
- impresora para imprimir códigos de barras.

### 5.3 Tipo de código de barras a usar

El código que se utiliza en la industria para identificación de cualquier activo, o artículo que no sea vendido, o al igual que sea manejado dentro de la empresa como el caso de los repuestos es el Código EAN/UCC 128, descrito en el capítulo 1.

Este código tiene la particularidad de permitir la identificación de una unidad con un número en serie, ubicación, fechas, etc.

Además, este código facilita la productividad, permite un mejor control de las unidades y facilita la información de bodega; minimiza los costos de utilizar un tipo de código estándar; permite un seguimiento y fácil localización del artículo, exactitud en la información y mayor capacidad en la numeración de los repuestos.

En el caso de la bodega de repuestos, el código de barras permitirá identificar que tipo de repuesto es y un correlativo asignado.

**Figura No. 26 Código de barras de un retenedor**



## **5.4 Diseño de etiqueta**

La calidad en la impresión del código de barras es muy importante para obtener la información exacta que se necesita de la lectura que se realiza. Recordamos que el código de barras es un símbolo de información que permite el control rápido y confiable de los artículos.

La impresión debe permitir una adecuada lectura del escáner e interpretada por la computadora para permitir el ingreso de información del archivo del repuesto que se va a consultar.

La etiqueta debe contener zonas claras y no permitir truncamiento, el contraste del fondo con la impresión deben ser adecuados.

Para la impresión de etiquetas se utilizará impresión láser, ya que ello permite un factor de aumento del 80% en la etiqueta y un factor de magnificación de 1.0, además de no permitir ningún truncamiento.

Los colores que se utilizan en la etiqueta es fondo blanco con impresión de color negro. Esto permite que la reproducción de la imagen en el sistema de impresión prevalezca en un color claro en el fondo e impresión oscura.

Esta etiqueta será ubicada al frente de cada casillero el cual identificará a cada repuesto.

El escáner será llevado hasta el casillero para su lectura, posteriormente el encargado de bodega tomará la cantidad solicitada en el vale y lo descontará del inventario ingresando la cantidad en el escáner portátil.



La innovación en la tecnología permite contar con equipos actualizados en el manejo de inventarios, por ello se utilizará un escáner inalámbrico o sistema de radio frecuencia, que permite consultar, afectar y capturar información útil en tiempo real en cualquier lugar de una empresa, de fácil manejo y movilidad, además del uso rudo y capacidad de interacción que se le pretende dar dentro de la empresa.

Es importante que se realice una evaluación periódica del control de calidad de los símbolos a la hora de imprimir. Éstos deben ser de acuerdo por los lineamientos establecidos por la empresa suministradora del equipo.

## **5.5 Reportes**

Los reportes en toda empresa son un indicativo de los movimientos que se realizan dentro de la misma, en este caso, la bodega es un departamento que forma parte de la compañía y por lo tanto debe tener registros de movimientos de ingresos y egresos de componentes de la misma y tomarlos en cuenta en el registro contable de la empresa.

### **5.5.1 Reporte diario**

Al final de la jornada el encargado de bodega debe de imprimir dos reportes, uno es de ingresos y el otro de egresos de repuestos en el inventario de la bodega. Éstos deben ser entregados al jefe de taller, el cual llevará un control diario de movimientos de la bodega.

La información que debe contener el reporte de ingresos es:

- Código del repuesto
- Nombre del repuesto que ingresa
- Cantidad que ingresa
- Proveedor
- Número de boleta de ingreso a bodega
- Costo del repuesto, según orden de compra
- Fecha de ingreso (automáticamente la genera el sistema)

### Figura No. 27 Ejemplo de un reporte diario de ingresos a bodega de repuestos

15/06/2003 15:56 P.M.

## RAYOVAC GUATEMALA, S. A.

### REPORTE DIARIO DE ENTRADAS

CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	PROVEEDOR	BOLETA	COSTO UNITARIO
CJ024	Cojinete De Aguja 8x12x3 Mm	20	Casa Marte	1000	Q125.50
CJ034	Cojinete De Aguja 10x14x15 Mm #Ela 10152	15	Casa Marte	1000	Q150.00
CJ074	Cojinete De Aguja 17x37x20 Mm #Na-17	5	Ferren	1002	Q125.00
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
CJ193	Cojinete 51x85x21 Mm #D25 Axial	4	Distribuidora La Finca	1001	Q253.60

Mientras la información que debe contener el reporte de egresos es:

- Código del repuesto
- Nombre del repuesto
- Cantidad solicitada por el mecánico
- Código y nombre del mecánico que solicito el repuesto
- Nombre de la máquina en donde es instalado el repuesto

### Figura No. 28 Ejemplo de un reporte diario de salidas de repuestos de bodega

Fecha: 22 JUL 03

## RAYOVAC GUATEMALA, S. A.

### REPORTE DIARIO DE SALIDAS

CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	MECANICO	MAQUINA
CJ006	Arandela De Seguridad 30x48x1 #Mb-6	2	(1017) Juan Dubón	(AC1) ACME #1
EM2024	Filtro # 204115	1	(2025) Orlando Alvarez	(VID1) VIDEO JET #1
EM7201	Faja Plana de Tiempo	1	(1215) Juan Sican	(EMPR63) EMPACADORA R6 #3
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
RT110	Retenedor 85x120x12 Mm P/Reductor Del Trimer	2	(0362) Jose Fuentes	(TR61) TRIMMER R6 #1 SCHULER X-150

### **5.5.2 Reporte mensual**

El reporte mensual es la presentación de las existencias en bodega de repuestos a fin de mes. Éste reporte se presenta a la Gerencia de Ingeniería para su análisis y posteriormente presentado a contabilidad para su posterior operación.

El gerente de ingeniería vela por mantener una adecuada rotación de inventarios, e inventarios bajos, autorizar cotizaciones, eliminar demoras en producción ocasionadas por la escasez inesperada de los repuestos, reducir niveles de inventario manteniendo inventarios de seguridad para compensar alguna escasez inesperada, aumentar la eficiencia, la calidad, la productividad y el servicio al departamento de producción.

El departamento de contabilidad verifica y da fe del inventario físico como un activo para determinar el valor en la empresa

El reporte debe detallarse por áreas y cada una debe contener la cantidad en dinero de la existencia en bodega para su valorización total.

En la figura siguiente se presenta la forma como es detallado el reporte mensual financiero de la bodega de repuestos.

**Figura No. 29 Reporte mensual de la bodega de repuestos presentado a contabilidad**

**Rayovac Guatemala, S. A.**

**Valorización  
Bodega de Mantenimiento**

<b>Área</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor Q.</b>
01A1	STELLITE	X
01B1	ACEROS (01-D2-D3-9840-EB80)	X
01B2	BRONCE	X
01B3	HIERRO FUNDIDO	X
01C3	ACCESORIOS OPW. PLANTA DE CLORURO	X
01C6	COJINETES DE AGUJA Y SEGUIDORES DE LEVA	X
01C9	PINES CÓNICOS	X
01D1	TORNILLOS, ROLDANAS, TUERCAS	X
01D2	REPUESTOS ELÉCTRICOS	X
01D3	ACCESORIOS GALVANIZADOS	X
01D4	ELETRODO, COLD. ROLLED, HIERRO, ANGULAR	X
01D5	FAJAS TIPO A Y B	X
01D8	ACEITES, GRASA, RESORTES, POLEAS, SPROCKET	X
01H1	HERRAMIENTAS DE CORTE, PASTILLAS, BURILES, ETC.	X
01M1	MOTORES ELÉCTRICOS	X
CJ	COJINETES	X
EN2	REPUESTOS PARA TROQUELES, EMPAQUE Y ENSAMBLE	X
EX2	REPUESTOS PARA EXTRUSIÓN Y COMPRESORES	X
RO2	REPUESTOS PARA MÁQUINAS BÁSICAS	X
RT	RETENEDORES Y O-RING	X
<b>Gran Total:</b>		<u><b>XXX</b></u>

### 5.5.3 Solicitud de requisición de compra

Una nueva modalidad de esta base de datos, es que cada repuesto que llegue al nivel mínimo de inventario presentará la información a la pantalla de que inmediatamente sea solicitada la requisición de compra.

Este mensaje colocará en el día exacto una orden de compra, solicitando por anticipado la compra del repuesto para que llegue a bodega en la fecha indicada para su uso en bodega y no tener faltantes en inventario.

En la figura siguiente se presenta como es desplegado el mensaje en la pantalla del departamento de compras y en la pantalla del jefe de taller.

Ellos a su vez trasladaran la solicitud al gerente de ingeniería, para aprobar la compra del repuesto con existencia mínima en inventario.

**Figura No. 30 Mensaje desplegado en pantalla para requisición de repuestos**

<b>OMNIS 7</b>	
<b>REQUISICIÓN DE COMPRA</b>	
<b>CÓDIGO</b>	EM2023
<b>DESCRIPCIÓN</b>	TAPONES PARA CONECTORES
<b>INVENTARIO MÍNIMO</b>	3
<b>INVENTARIO MÁXIMO</b>	7
<b>CANTIDAD A SOLICITAR</b>	4
<b>PROVEEDOR</b>	
1	FERRETERÍA FERROMIN
2	FERRETERÍA CARDIN
3	DISTRIBUIDORA LA FINCA
4	ELECTROLUX
5	ARCEYUZ

#### **5.5.4 Consultas**

Como el sistema de base de datos no cambiará, siempre poseerá las mismas consultas que se describieron en el capítulo 3.

Estas son:

- Existencias
- Salidas
- Entradas
- Consumo de repuestos por departamento
- Consumo de repuestos por empleado
- Entradas de repuestos por proveedor
- Resumen valorizado total
- Repuestos con movimiento
- Repuestos sin movimiento
- Promedio de consumos
- Archivo
- Resumen total por departamento
- Repuestos solicitados por el sistema (nuevo mensaje que desplegará en pantalla para solicitar una orden de compra).

## **6. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA**

### **6.1 Personal necesario**

La empresa proveedora del hardware y software de código de barras proporcionará el personal técnico necesario para la instalación del equipo en la bodega de repuestos. Este personal deberá tener los conocimientos de sistemas de inventarios, especialmente el que se implemente en la bodega de repuestos.

Además la empresa proveedora se encargará de dar capacitación para aquellos usuarios que tengan acceso a la bodega de repuestos y solventar problemas de tipo técnico en el uso del escáner y del equipo de cómputo.

### **6.2 Localización del sistema en bodega**

El sistema de cómputo será instalado en la ventanilla de atención al ingreso de la bodega en el área 2, la base del escáner se colocará cerca del equipo de cómputo ya que este debe ser conectado al puerto donde se conecta el teclado.

El escáner es un equipo portátil para captura de información de ingresos y egresos de los movimientos que se realicen en la bodega, posee 4 Mb de memoria RAM y es capaz de leer hasta una distancia de la base de 450 mts.



### **6.3 Funcionamiento**

La industria actual hace uso de los sistemas de cómputo de una forma muy amplia, ya no solo para realizar las funciones de los departamentos de administración sino también para controlar las operaciones en sus procesos.

Para el proceso de implementación del código de barras para el control de inventarios de la bodega de repuestos, necesitamos tener el equipo necesario listo para su instalación.

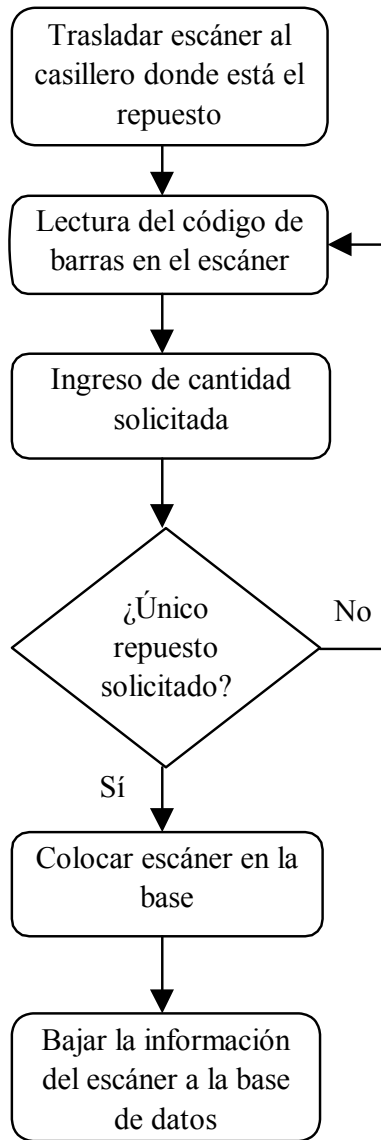
Al ser instalados los equipos estos deben ponerse en funcionamiento por primera vez, para ello debe realizarse una revisión de cada uno. Esto sirve para identificar inmediatamente si alguno de los equipos presenta algún problema y no pueda funcionar adecuadamente.

El funcionamiento del escáner se realizará cuando el despachador tenga en sus manos la boleta de solicitud de repuestos; descargará el escáner de la base y lo trasladará a la ubicación del repuesto; acercará el escáner al código de barras que se encuentra en el estante y obtendrá la lectura del repuesto que se despachará, ingresará la cantidad a despachar con el teclado que tiene el escáner.

En el caso de que se despachara más repuestos para un mismo mecánico se volverá a realizar la lectura, y al ya no tener ningún despacho pendiente de la solicitud se colocará el escáner en su base y se procederá a la descarga de los datos capturados en el escáner a la base de datos.

Un ejemplo del proceso de funcionamiento del sistema se puede observar en la siguiente figura.

**Figura No. 31 Funcionamiento del escáner en la lectura del código de barras**



## **6.4 Mantenimiento**

Con el fin de garantizar un correcto funcionamiento de los equipos instalados en la bodega de repuestos (computadora, impresora y escáner, además del software de código de barras) se debe contar con un adecuado mantenimiento tanto preventivo como correctivo con el proveedor que proporciona los equipos y software, así como el servicio. También la empresa cuenta con un departamento de cómputo que puede proporcionar el servicio de mantenimiento, pero el proveedor ya ofrece el servicio con mejor calidad y seguridad en el cuidado de los equipos y software.

En el caso de que el proveedor sea quien realice el mantenimiento, éste debe cubrir los mantenimientos preventivos y correctivos, reemplazo de tarjetas o piezas defectuosas.

El departamento de cómputo mantendrá la estadística de las revisiones efectuadas, cambios y modificaciones que realice el proveedor. La estadística sirve para tener un control del rendimiento del equipo.

El mantenimiento preventivo de los equipos puede realizarse por el departamento de cómputo cada seis meses por lo general, mientras que para realizar mantenimiento correctivo del software y del escáner, la empresa debe solicitar la cobertura de la falla al proveedor.

## **6.5 Costos**

El costo de realizar un proyecto dentro de una organización suele ser un costo de oportunidad que se pudo tener al haberse invertido en otro proyecto o ganar intereses en algún banco. Es así como este costo debe tener una recompensa financiera de regreso que justifique su inversión.

Para ello es necesario realizar un estudio económico que determine cuál es el monto de los recursos económicos necesarios para ejecutar dicho proyecto.

### **6.5.1 Costo de diseño**

Este costo no es más que todos aquellos costos previos a la implementación y ejecución del proyecto, y en el se detallan todos los costos que se incurre en la realización del análisis del proyecto.

En este análisis se incluye:

- Diagnóstico de la necesidad de implementar un control computarizado de inventarios en la bodega de repuestos
- Análisis de las posibles soluciones de la necesidad determinada
- Definición de la forma como se va a implementar el control de inventario en la bodega de repuestos
- Investigación de campo
- Establecimiento de parámetros del diseño del control de inventarios con código de barras
- Justificación del porqué se realizará el proyecto de esa forma
- Trabajo de escritorio (elaboración del informe final)

Todo esto se resume de la siguiente forma:

#### **6.5.1.1 Trabajo de campo**

Es todo el tiempo empleado en las visitas técnicas realizadas a la empresa en donde se encuentra la bodega de repuestos para realizar los estudios y la forma como se implementará el sistema de control de inventarios con código de barras.

Se calcula un tiempo estimado de 140 horas/hombre, a un costo de \$10 por hora, dando un total de \$1,400.

Además se realizará visitas técnicas a distintos proveedores de equipos de cómputo, así como proveedores de software de código de barras. También se recibirá un curso de código de barras proporcionado por la institución que suministra el código de barras en Guatemala, sobre los distintos tipos de códigos de barras existentes, y el posible tipo de código de barras a utilizar en la implementación del proyecto.

Para ello se calcula un tiempo de 250 horas/hombre, al mismo costo descrito anteriormente, dando un total de \$2,500.

A ello debe agregársele \$100 por otros rubros como depreciación de vehículo, gasolina y gastos varios.

El total del trabajo de campo da un total de \$4,000.

### **6.5.1.2 Trabajo de escritorio**

Este es el tiempo empleado para la elaboración del anteproyecto, e incluye el diagnóstico de la necesidad de realizar el proyecto, el análisis de las posibles soluciones, definición de cómo se realizará el proyecto, estudio actual y propuestas de cambio de la bodega de repuestos, así como el diseño, la forma como será implementado el sistema de código de barras y su respectiva evaluación económica del proyecto.

El tiempo que se pretende emplear es de 200 horas/hombre, con un costo de \$10, dando un total de \$2,000.

El costo total de diseño del proyecto es de \$6,000.

### **6.5.2 Costo de implementación**

El costo de implementación es todos los materiales que se utilizará en la instalación del equipo de cómputo, así como el software utilizado para la impresión de código de barras en etiquetas.

Se contará con una computadora central con procesador Intel Pentium 4, 256 Mb RAM y disco duro de 40 Gb, debe poseer MODEM y conexión de red a un costo de \$1,200.

Cableado de la computadora central a terminales a un costo de \$200. Así también los materiales necesarios para realizar la instalación (tornillos, cintas de aislar, etc.) a un costo de \$100.

La bodega ya cuenta con un software que maneja la base de datos, el cual es OMNIS7, por lo que no tendrá ningún costo extra. También se cuenta con una impresora láser que permitirá imprimir las etiquetas con códigos de barras.

El lector es portátil (Hand Held) 2410, con 4 Mb, liviano, escáner láser estándar, puerto RS232 a un costo de \$1,475. Una batería de lilon, alta duración a un costo de \$100. Y una cuna (base) para descarga de información con cables a un costo de \$350. El total del valor del equipo portátil es de \$1,925.

El software para captura de inventario con código de barras, para el lector portátil con software de comunicaciones y enlace a programas para manejo de bodegas e inventario físico tiene un costo de \$275.

La empresa proveedora del equipo ya incluye en sus precios de venta, los costos de instalación, por lo que no serán tomados en cuenta para el análisis.

El costo total de la implementación es de \$3,700.

### **6.5.3 Costo de operación**

Los costos de operación son aquellos que se incurren en la puesta en marcha del equipo instalado, estos serán estimados durante el primer mes de funcionamiento. Estos costos se describen de la siguiente forma:

Gasto en impresión de etiquetas de código de barras, y todos sus insumos utilizados (tinta, papel, guillotina, etc.) a un costo de \$25.

En energía eléctrica se considera que se consume un total de 215 Kw. al mes, de la siguiente manera:

Computadora	150 Kw.
Impresora	35 Kw.
Lector portátil	30 Kw.

El costo por Kw./hora es de \$0.1163 por 215 Kw. consumidos da un total de \$25 por electricidad al mes.

El total de costos de operación es de \$50.

#### **6.5.4 Costo de control**

El costo de control es aquel que se efectúa para el mantenimiento y control del equipo instalado.

La empresa proveedora del equipo estima que entre los dos mantenimientos preventivos realizados durante el año, más mantenimientos correctivos que se realicen durante el año, el costo estimado es de \$600 al año. Por lo que se considera \$50 mensuales.

Además, el costo administrativo de control y supervisión del funcionamiento efectivo del sistema, se calcula un aproximado de \$75 al mes.

El costo total de control del funcionamiento del sistema se calcula en \$125 en el primer mes de funcionamiento.



En la siguiente tabla se describe un resumen de los costos para la implementación del sistema de código de barras en la bodega de repuestos. El total estimado es de \$9,875.

**Tabla III Resumen de costos para la implementación del sistema de código de barras en la bodega de repuestos**

CONCEPTO	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
<b>COSTO DE DISEÑO</b>			
Trabajo de campo	\$4,000		
Trabajo de escritorio	\$2,000	\$6,000	
<b>COSTO DE IMPLEMENTACIÓN</b>			
Equipo de cómputo	\$1,200		
Cableado y materiales	\$300		
Léctor portátil	\$1,925		
Software para base de datos			
Impresora			
Software para lectura de código de barras	\$275	\$3,700	
<b>TOTAL COSTOS DE INSTALACIÓN</b>			\$9,700
<b>COSTO DE OPERACIÓN</b>			
Materiales	\$25		
Consumo de electricidad	\$25	\$50	
<b>COSTO DE CONTROL</b>			
Mantenimiento	\$50		
Control administrativo	\$75	\$125	
<b>TOTAL COSTOS DE OPERACIÓN</b>			\$175
<b>COSTO TOTAL DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL CÓDIGO DE BARRAS</b>			<b>\$9,875</b>

### **6.5.5 Análisis beneficio-costo**

Este análisis es fundamental en la implementación del proyecto, porque es en donde se hace el criterio si la inversión debe hacerse o no. Este análisis es la razón entre el valor actual neto de los ingresos y el valor actual neto de los egresos o gastos.

Para este proyecto tomaremos en cuenta que el costo de la implementación del sistema de código de barras para el control de inventarios de la bodega de repuestos es de \$9,875, de los cuales \$9,700 son de instalación y \$175 mensuales por gastos de operación (\$2,100 al año). Se estima una vida útil de 5 años por lo general para estos equipos, ya que la innovación y desarrollo de nueva tecnología en el campo de la computación es muy rápida. Se considera que el interés bancario por inversión a plazo fijo es de 16%.

Los beneficios que se obtienen de esta propuesta es el ahorro en gastos de inventario de la bodega de repuestos. Se estima que el ahorro que tendrá es de \$6,550 al año. Esta reducción del gasto se deriva de reducción de horas-hombre, papelería, reducción de inventario y colocación de una adecuada política de inventario, mayor velocidad y fluidez en el despacho y recepción de repuestos.

#### **6.5.5.1 Cálculo del valor actual neto de los costos**

Inversión inicial del proyecto = \$9,700

Gastos por operación al año = \$2,100

Interés = 16%

Vida útil = 5 años

$VAN = \text{Inversión inicial} + A(P/A, i, N)$

$$VAN = \text{Inversión inicial} + A \left[ \frac{(1+i)^N - 1}{i(1+i)^N} \right]$$

$$VAN = \$9700 + \$2100 \left[ \frac{(1+0.16)^5 - 1}{0.16(1+0.16)^5} \right]$$

$$VAN = \$16,576$$

### 6.5.5.2 Cálculo del valor actual neto de los beneficios

Beneficios esperados por año = \$6,550

Interés = 16%

Vida útil = 5 años

$$VAN = \$6,550 \left[ \frac{(1+0.16)^5 - 1}{0.16(1+0.16)^5} \right]$$

$$VAN = 21,447$$

### 6.5.5.3 Cálculo de la relación beneficio costo

$$RBC = \frac{VAN \text{ Beneficios}}{VAN \text{ Costos}}$$

$$RBC = \frac{\$21,447}{\$16,576}$$

$$RBC = 1.29$$

Como puede observarse, la relación beneficio costo es mayor que la unidad, por lo que se justifica la implementación del proyecto.

Este dato es importante para cualquier empresa que desea hacer una implementación de cualquier proyecto en su empresa, porque puede observar que tanto puede obtener de beneficios por la cantidad de dinero invertida en el mismo, especialmente en este proyecto se busca tanto el beneficios económicos para la organización como el beneficio en la rapidez del flujo de la atención de la bodega de repuestos tanto para los mecánicos como la atención hacia los proveedores.

## **6.6 Diagrama de Gantt**

El diagrama de Gantt se hace necesario para representar la ejecución de un proyecto. Muestra la ocurrencia de actividades en paralelo o en serie dentro de un período de tiempo determinado y tiene por objeto controlar la ejecución simultánea de varias actividades que se realizan coordinadamente.

Su importancia es representar en forma gráfica barras que simboliza la duración de una tarea en el proyecto. Además simboliza de forma calendarizada cuando termina una actividad o tarea y en donde comienza la otra.

La persona que sea encargada de la implementación del proyecto debe tener la responsabilidad de informar sobre el avance del proyecto, y confirmar sobre la puntualidad y realización de las tareas. Debe comparar de forma conveniente la planificación original con el desarrollo real del proyecto.

Para la implementación de este proyecto se utilizarán un total de 19 semanas, y sus actividades se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla IV Actividades para la implementación del proyecto de sistema de barras y control de inventarios de la bodega de repuestos**

No.	Actividad	Duración (semanas)	Actividad predecesora
1	Clasificación del inventario	1	-
2	Ordenamiento de la bodega	5	1
3	Análisis de la política de inventario	2	2
4	Diseño del sistema de código de barras	2	3
5	Análisis de costos	2	3
6	Cotización y compra del equipo de computación	1	4,5
7	Instalación del equipo	3	6
8	Pruebas iniciales	1	7
9	Capacitación del personal	4	8

En la figura siguiente se puede ver la forma como se presenta el diagrama de Gantt de la propuesta de implementación de código de barras para el control de inventarios de una bodega de repuestos.

**Figura No. 32 Diagrama de Gantt de la implementación del proyecto**



## CONCLUSIONES

1. Con la implementación del nuevo sistema de control de inventarios con codificación de barras, se pretende administrar de forma adecuada el inventario de la bodega de repuestos.
2. El tipo de código de barras a utilizar es el EAN/UCC 128 que permite la identificación tanto del área la cual pertenece la pieza como un número correlativo, esto se realizará conforme lo establece el Instituto Guatemalteco de Codificación.
3. El diagnóstico de la bodega permitió una revisión de procedimientos, formatos y manejo de repuestos, ayudando a mejorarlo y aumentar la eficiencia de la bodega.
4. La determinación del tamaño del lote permite modificar la base de datos actual para poder administrar de forma eficiente el inventario de la bodega de repuestos.
5. La compañía proveedora del equipo se encargará junto al departamento de cómputo de la empresa de la instalación del sistema de código de barras y equipo necesario para el control de inventarios de la bodega de repuestos.
6. La capacitación del personal la realizará la compañía proveedora del equipo de código de barras, escáner y dispositivos. Esto para que el equipo sea manejado en forma adecuada evaluando la importancia que la implementación del equipo conlleva en el control de inventarios.



7. El análisis beneficio costo justifica la inversión que debe realizarse para la implementación del proyecto del sistema de código de barras, para la optimización del control de inventarios en la bodega de repuestos.

## RECOMENDACIONES

1. Debe realizarse un constante monitoreo de las actividades y procedimientos que realizan los operadores de la bodega para llevar un registro exacto de las entradas y salidas de repuestos de la bodega.
2. El personal que llevará los registros de la bodega debe tener conocimientos de computación y tener noción acerca de repuestos usados a nivel industrial, además debe dársele constante capacitación.
3. Si un código de barras llegara a ser obsoleto con el tiempo, éste no debe ser reutilizado sino se debe esperar aproximadamente un año para su reutilización, así como lo sugiere el Instituto Guatemalteco de Codificación.
4. Si se realiza el mantenimiento del equipo dos veces al año, como mínimo se puede garantizar que el equipo durará mucho más tiempo que los cinco años que se le da de vida útil para efectos de evaluar los costos, elevando aún la rentabilidad sobre la inversión.
5. Los inventarios siempre deben evaluarse año con año para tener un mejor control sobre los registros que realizan los equipos de cómputo instalados.



## REFERENCIAS

- 1) Guillermo E., Erdei, **Código de barras: diseño, impresión y control de calidad**, (México: McGraw-Hill, 1991), p.25.
- 2) Instituto Guatemalteco de Codificación, **¿Qué es el Código EAN/UCC 128?**, (No. 8, Guatemala, 1996), p. 2.
- 3) Guillermo E., Erdei, **Código de barras: diseño, impresión y control de calidad**, (México: McGraw-Hill, 1991), p.187.
- 4) Frederick S. Hillier y Gerald J. Lieberman, **Introducción a la investigación de operaciones**, (México: McGraw-Hill, 1991), p. 691.



## BIBLIOGRAFÍA

- 1) Bar Code Systems, Inc., **A Guide to Bar Coding**, U.S.A.: Bar Code Systems, Inc., 1988.
- 2) EAN/UCC, **Manual mundial del usuario**, EAN Guatemala, 2000.
- 3) Erdei, Guillermo E., **Código de barras: diseño, impresión y control de calidad**, 3ª. Ed. México: Editorial McGraw-Hill, 1991.
- 4) Hillier, Frederick S. y Gerald J. Liebermann, **Introducción a la investigación de operaciones**, 5ª. Ed. México: Editorial McGraw-Hill, 1991.
- 5) Rosaler, Robert C., **Manual de mantenimiento industrial, Tomo I**, México: Editorial McGraw-Hill, 1983.
- 6) Taha, Hamdy A., **Investigación de operaciones**, 5ª. Ed. México: Editorial Alfaomega, S. A. de C. V., 1994.
- 7) Uniform Code Council, Inc., **UPC Implementation Guide: How to Develop and Maintain a Top Quality UPC**, U.S.A.: Uniform Code Council, Inc., 1991.



## **APÉNDICE**

- I      CÁLCULO DE DÍGITO DE VERIFICACIÓN DE CÓDIGO DE BARRAS
- II     LISTA DE IDENTIFICADORES DE APLICACIÓN







**APÉNDICE II**  
**IDENTIFICADORES DE APLICACIÓN**

**Tabla VI Lista de identificadores de aplicación**

<b>IA</b>	<b>CONTENIDO</b>	<b>FORMATO</b>
00	Código seriado de la unidad de envío	n2 + n18
01	Número de artículo EAN	n2 + n14
02	Número de artículo EAN de productos contenidos en otra unidad (acomp. del IA 37)	n2 + n14
10	Número de lote o partida	n2 + an..20
11	Fecha de producción (AAMMDD)	n2 + n6
13	Fecha de envasado (AAMMDD)	n2 + n6
15	Fecha límite mínima ideal de consumo (AAMMDD)	n2 + n6
17	Fecha de vencimiento (AAMMDD)	n2 + n6
20	Variante de producto	n2 + n2
21	Número de serie	n2 + an..20
22	HIBCC - Cantidad fecha y lote	n2 + an..29
23	Número de lote (empleo transitorio)	n3 + n..19
240	Identificador adicional del producto asignado por el fabricante	n3 + n..30
241	Código interno del cliente (casos especiales)	n3 + n..30
250	Número de serie secundario	n3 + n..30
30	Cantidad variable	n2 + n..8
310	Peso neto en kilogramos	n4 + n6
311	Longitud o dimensión en metros	n4 + n6
312	Anchura, diámetro o 2n dimensión en metros	n4 + n6
313	Profundidad, espesor, altura o 3n dimensión en metros	n4 + n6
314	Área en metros cuadrados (logística)	n4 + n6
315	Volumen neto en litros	n4 + n6
316	Volumen neto en metros cúbicos	n4 + n6
320	Peso neto en libras	n4 + n6
330	Peso bruto en kilogramos	n4 + n6
331	Longitud o 1n dimensión en metros	n4 + n6
332	Anchura, diámetro o 2n dimensión en metros	n4 + n6
333	Profundidad, espesor, altura o 3n dimensión en metros	n4 + n6
334	Área en metros cuadrados (logística)	n4 + n6
335	Volumen bruto en litros	n4 + n6
336	Volumen bruto en metros cúbicos	n4 + n6
340	Peso bruto en libras	n4 + n6
37	Cantidad	n2 + n..8
400	Número de pedido del cliente	n3 + n..30

<b>IA</b>	<b>CONTENIDO</b>	<b>FORMATO</b>
040	Número de localización EAN/UCC de quien factura	n13
401	Número de consignación	n3 + n..30
041	Número de referencia del recibo o factura	n13
410	Expedición a (entregar a) punto operacional empleando EAN 13	n3 + n13
411	Facturar a (cargar en cuenta) punto operacional empleando EAN 13	n3 + n13
412	Comprado a (punto operacional de la parte donde se realiza la compra) empleando EAN 13	n3 + n13
413	Número de localización del destino final	n3 + n13
414	Punto operacional empleando EAN 13	n3 + n13
042	Cantidad moneda local	n..15
420	Expedición a (entregar a) código postal dentro de una única autoridad postal	n3 + an..9
421	Expedición a (entregar a) código postal precedido del código del país ISO (3 dígitos)	n3 + n3 + an..9
422	País de origen del producto	n3 + n3
043	Cantidad moneda norma ISO	n3 + n..15
044	Fecha límite de pago	n6
045	Número de cuenta bancaria internacional	an..30
8001	Productos bobinados - anchura, longitud, diámetro del núcleo, dirección y empalmes	n4 + n14
8002	Número de serie electrónico para teléfonos móviles celulares	n4 + an..20
8003	Número EAN y número de serie de retornables	n4 + n14 + an..16
8004	Identificación serial EAN/UCC para activos	n4 + an..30
8005	Precio por unidad de medida	n4 + n6
8006	Piezas de un producto en ensamble	n4 + n14 + n2 + n2
8018	Número de relación de servicios	n4 + n18
8100	Código de cupón extendido - NSC + código de oferta	n4 + n1 + n5
8101	Código de cupón extendido - NSC - código de oferta + fin del código de oferta	n4 + n1 + n5 + n4
8102	Código de cupón extendido - NSC	n4 + n1 + n1
90	Aplicaciones internas	n2 + an..30
91	Interno - materia prima, envase, componentes	n2 + an..30
92	Interno - materia prima, envase, componentes	n2 + an..30
93	Interno - fabricante de producto	n2 + an..30
94	Interno - fabricante de producto	n2 + an..30
95	Interno - transportistas	n2 + an..30
96	Interno - transportistas	n2 + an..30
97	Interno - mayoristas y detallistas	n2 + an..30
98	Interno - mayoristas y detallistas	n2 + an..30
99	Interno - texto definido mutuamente	n2 + an..30