



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UN  
SISTEMA MRP II PARA MEJORAR EL CONTROL DE INVENTARIOS Y  
MINIMIZAR SUS COSTOS EN RAYOVAC GUATEMALA, S. A.**

**Saúl Alexander Reynoso Farnés**

Asesorado por la MA. Inga. Carmen Patricia Búcaro Morales

Guatemala, septiembre de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UN  
SISTEMA MRP II PARA MEJORAR EL CONTROL DE INVENTARIOS Y  
MINIMIZAR SUS COSTOS EN RAYOVAC GUATEMALA, S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**SAÚL ALEXANDER REYNOSO FARNÉS**

ASESORADO POR LA MA. INGA. CARMEN PATRICIA BÚCARO MORALES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADOR	Ing. Juan José Peralta Dardón
EXAMINADOR	Ing. Byron Gerardo Chocooj Barrientos
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento 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 DE INVESTIGACIÓN EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MRP II PARA MEJORAR EL CONTROL DE INVENTARIOS Y MINIMIZAR SUS COSTOS EN RAYOVAC GUATEMALA, S.A.**

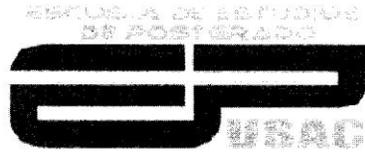
Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 12 de julio de 2014.



**Saul Alexander Reynoso Farnés**



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala



**Escuela de Estudios de Postgrado**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Teléfono 2418-9142 / 2418-8000 Ext. 86226**

**AGS-MGIPP-0026-2014**

Guatemala, 12 de julio de 2014.

Director  
César Ernesto Urquizú Rodas  
Escuela de Ingeniería Industrial  
Presente.

000627

Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante **Saúl Alexander Reynoso Farnés** carné número **2008-15357**, quien optó la modalidad del **"PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO"**. Previo a culminar sus estudios en la **Maestría de Gestión Industrial**.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular, atentamente,

"Id y enseñad a todos"

M.A. Inga. Carmen Patricia M. de Prado  
Asesor(a)

**Carmen Patricia Búcaro Morales de Prado MA**  
Ingeniero Químico  
Colegiado 442

**César Añu Castillo MSc.**  
INGENIERO INDUSTRIAL  
REGISTRADO No. 4,073  
MSc. Ing. César Augusto Añu Castillo  
Coordinador de Área  
Gestión y Servicios

**Dra. Mayra Virginia Castillo Montes**  
Directora  
Escuela de Estudios de Postgrado

Cc: archivo  
/la



REF.DIR.EMI.167.014

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación en la modalidad Estudios de Postgrado titulado **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MRP II PARA MEJORAR EL CONTROL DE INVENTARIOS Y MINIMIZAR SUS COSTOS EN RAYOVAC GUATEMALA, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Saúl Alexander Reynoso Farnés**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Ing. César Ernesto Urquizú Rodas  
**DIRECTOR**  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, septiembre de 2014.

/mgp



Ref. DTG.456-2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MRP II PARA MEJORAR EL CONTROL DE INVENTARIOS Y MINIMIZAR SUS COSTOS EN RAYOVAC GUATEMALA, S.A.**, presentado por el estudiante universitario: **Saúl Alexander Reynoso Farnés** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE

ing. Murphy Olympo Paiz  
Decano



Guatemala, septiembre de 2014

/cc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Mi madre</b>	Rita Farnés. Su amor y sacrificio será siempre mi inspiración.
<b>Mi padre</b>	Alfonso Reynoso. Por su apoyo.
<b>Mis abuelos</b>	Rita Búcaro y Eduardo Farnés. Por su apoyo incondicional durante toda mi vida.
<b>Mis abuelos</b>	Alfonso Reynoso (q.e.p.d.) y Martha San Juan. Por su apoyo.
<b>Mis hermanos</b>	Natalia y Sebastián Reynoso. Por su cariño y apoyo.
<b>Mi tío</b>	Julio Farnés. Por su ejemplo y consejos.
<b>Mi mejor amiga</b>	Rossana López. Por su apoyo, comprensión y paciencia durante toda la carrera.
<b>Mis amigos</b>	Oscar García, Diego la Torre, Antonio Fonseca, Miguel Celis, Jorge de Paz, Raúl Castañeda, Mynor González, Alarick Moscoso, Enrique Valenzuela y Gerson Villatoro. Por su amistad y apoyo.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>La Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser mi <i>alma mater</i> .
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por haberme brindado las bases para formarme como profesional.
<b>Rayovac Guatemala</b>	Por haberme abierto las puertas para poder realizar el presente trabajo de graduación.
<b>Ingeniero</b>	Daniel Lemus, por apoyarme y guiarme en la realización del trabajo de graduación.
<b>Mis compañeros de estudio</b>	Por compartir su tiempo, sus conocimientos y apoyo a lo largo de la carrera.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	XIII
1. ANTECEDENTES .....	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	7
2.1. Descripción del problema .....	8
2.2. Formulación del problema .....	9
2.3. Preguntas auxiliares de investigación .....	9
2.4. Delimitación .....	9
2.5. Viabilidad.....	10
2.6. Consecuencia de la investigación .....	11
3. JUSTIFICACIÓN .....	13
4. OBJETIVOS .....	17
5. ALCANCES.....	19
6. MARCO TEÓRICO.....	23
6.1. Pilas de zinc-carbón .....	23

6.1.1.	Características generales .....	23
6.1.2.	Química .....	26
6.1.3.	Tipos de pilas zinc-carbón .....	26
6.1.4.	Construcción .....	27
6.1.5.	Componentes .....	28
6.2.	Producción .....	30
6.2.1.	Definición de producción .....	30
6.2.2.	Sistemas de producción .....	32
6.2.2.1.	Sistema de empuje ( <i>push</i> ).....	33
6.2.2.2.	Sistema de tracción ( <i>pull</i> ) .....	33
6.2.3.	Plan de producción.....	34
6.2.4.	Sistema de planeación de la producción .....	34
6.2.4.1.	Planeación agregada.....	34
6.2.4.2.	Plan maestro de producción.....	35
6.3.	Sistema de planeación de requerimientos de materiales (MRP II).....	35
6.3.1.	Definición del sistema MRP II.....	36
6.3.2.	Aplicaciones del sistema MRP II .....	36
6.3.3.	Estructura de un sistema MRP II .....	37
6.3.3.1.	Primer nivel .....	37
6.3.3.2.	Segundo nivel.....	38
6.3.3.3.	Tercer nivel.....	38
6.3.3.4.	Cuarto nivel .....	39
6.3.3.5.	Quinto nivel .....	39
6.3.4.	Modelo del flujo de información .....	39
6.3.4.1.	Plan maestro .....	39
6.3.4.2.	Plan maestro agregado .....	40
6.3.4.3.	Plan maestro detallado.....	40

6.4.	Gestión de inventarios .....	41
6.4.1.	Inventarios .....	41
6.4.1.1.	Tipos de inventarios.....	42
6.4.2.	Método de control de inventario ABC .....	43
6.4.2.1.	Métodos de valuación de inventario .....	43
6.4.2.1.1.	Método PEPS.....	44
6.4.2.1.2.	Método UEPS.....	44
6.4.2.1.3.	Método promedio ponderado .....	44
6.4.3.	Costos de inventario .....	45
6.4.3.1.	Costo de pedido .....	45
6.4.3.2.	Costo por falta de existencia .....	45
6.4.3.3.	Costo por almacenaje.....	46
7.	CONTENIDO DEL INFORME .....	47
8.	DEFINICIÓN DE VARIABLES.....	51
9.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	55
9.1.	Diseño de la investigación .....	58
9.2.	Análisis situacional del control de inventarios e indicadores ....	59
9.3.	Diseño del sistema de requisición de materiales MRP II.....	60
9.4.	Integración del sistema MRP II con el programa de producción y con la generación de órdenes .....	61
9.5.	Evaluación de cumplimiento de objetivos.....	62
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	63
10.1.	Técnicas de investigación .....	63

10.2.	Tabulación de datos .....	64
10.3.	Interpretación de datos.....	65
11.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	67
12.	FACTIBILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN .....	69
12.1.	Recursos humanos .....	69
12.2.	Fuentes de financiamiento .....	72
13.	BIBLIOGRAFÍA .....	75

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Estructura de la pila zinc-carbón.....	28
2.	Esquema del proceso productivo.....	31
3.	Diagrama del método ABC para inventarios.....	43

### TABLAS

I.	Características de la pila estándar Leclanché.....	25
II.	Teoría de producción TFV.....	32
III.	Clasificación de las variables en la investigación.....	51
IV.	Métodos, técnicas e instrumentos fase 1.....	59
V.	Métodos, técnicas e instrumentos fase 2.....	60
VI.	Métodos, técnicas e instrumentos fase 3.....	61
VII.	Métodos, técnicas e instrumentos fase 4.....	62
VIII.	Métodos, técnicas e instrumentos fase 5.....	62
IX.	Recursos físicos.....	70
X.	Recursos tecnológicos.....	71
XI.	Recursos materiales.....	72
XII.	Recursos financieros.....	73



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>MnO<sub>2</sub></b>	Dióxido de manganeso
<b>\$</b>	Dólar estadounidense
<b>Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	Óxido de manganeso (III)
<b>ZnO</b>	Óxido de zinc
<b>%</b>	Porcentaje
<b>Q</b>	Quetzal
<b>Zn</b>	Zinc



## GLOSARIO

<b>BOM</b>	Bill of materials. Explosión de materiales. Lista de todos los materiales necesarios para la manufactura de un producto.
<b>Inventario</b>	Bienes pertenecientes a una empresa.
<b>JIT</b>	Just in time. Justo a tiempo. Sistema de gestión de inventarios basado en mantener niveles de inventario al mínimo y suministrar solo lo necesario en el momento necesario.
<b>KPI</b>	Key performance indicator. Indicador clave de desempeño. Medidores del desempeño de un proceso.
<b>Línea productiva</b>	Secuencia de operaciones y maquinaria necesaria para manufacturar un producto.
<b>MRP</b>	Material Requirement Planning. Sistema de planeación y control de los requerimientos para la producción.
<b>Pila</b>	Dispositivo utilizado para generar energía eléctrica a través de una reacción química.

**SAP**

Conjunto de programas que le permiten a la empresa optimizar y gestionar distintos aspectos de la misma.

## RESUMEN

La empresa Rayovac Guatemala, S. A. es una planta que manufactura pilas del tipo zinc carbón en distintos tamaños. Los tamaños producidos por la planta son D, C y AA. Estos distintos tamaños de pila son empacados en una variedad de presentaciones según la demanda del cliente, adicional a estos, también se empaca la pila AAA.

El problema que se plantea en la planta de producción reside en la falta de un sistema de requisición de materiales para la producción de la pila “D” que permita gestionar mejor los inventarios en la cantidad y tipos de materiales para optimizar el tamaño de estos.

El objetivo del proyecto será el de implementar el sistema MRP II e integrarlo a la planeación de la producción. Lograr esta integración permitirá centralizar la información de planeación de la producción, tamaño de los inventarios y fechas para el reabastecimiento de estos.

En el primer capítulo se describirá la pila y todas sus características, químicas y físicas, así como todos los componentes de la misma, con el fin de entender mejor el proceso de productivo de la pila zinc carbón.

En el segundo capítulo se definirán los sistemas de producción y sus características. Se definirá el plan de producción y el sistema para llevar a cabo esta planeación en sus distintos niveles.

En el tercer capítulo se profundizará en el sistema de planeación de requerimiento de materiales, MRP II, sus aplicaciones en la industria, la estructura de estos sistemas y su funcionamiento.

En el cuarto capítulo se definen los inventarios, se describen los tipos existentes, métodos para su control, su valuación y los distintos costos asociados a los inventarios.

Para lograr esto será necesario analizar la situación actual de la empresa, es decir, el control de inventarios actual y determinar si es posible con el actual control llevar a cabo la implementación del MRP II o si será necesario llevar a cabo mejoras en este.

Se definen la metodología necesaria para llevar a cabo la recolección de la información, el enfoque de la investigación, el alcance de la misma, las fuentes de información a consultar, las técnicas a emplear para su recolección y para su posterior análisis.

Por último, se determina la factibilidad del estudio. Los recursos necesarios para poder realizarlo: recursos humanos, tecnológicos, físicos y materiales, en cantidad y con su respectivo costo. Además, las fuentes de financiamiento para poder realizarlo.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo pretende resolver la falta de un sistema de requisición de materiales para el proceso productivo de la línea “D” integrado a la planeación de la producción que permita mejorar el control de inventarios para optimizar el tamaño de los inventarios en la empresa manufacturera de pila Rayovac Guatemala S. A.

El objetivo general del proyecto es implementar el sistema MRP II e integrarlo a la planeación de la producción y de recursos productivos semanal. Lograr esto permitirá centralizar la información de producción, compras y logística bajo un solo formato que facilite y mejore el control reduciendo problemas generados por comunicación ineficiente. Para lograr esto es necesario cumplir una serie de objetivos específicos. El primero es describir el proceso de requisición de materiales según el sistema MRP II y el sistema actual de la empresa.

Es necesario analizar el control de inventarios actual y determinar si este cumple con los requisitos para la implementación del MRP o si es necesario establecer mejoras en su gestión. Luego de tener la sustentación teórica y el análisis de la situación actual, se procederá a diseñar el sistema según las necesidades del proceso.

Los resultados que se esperan de implementar un sistema MRP II son los siguientes: primero, se espera un mejor control del nivel de inventarios optimizando las cantidades de materia prima en proceso y en bodega, logrando

así la reducción de los costos asociados al almacenamiento. Se pretende evitar puntos de agotamiento del inventario.

El presente estudio se puede declarar viable debido a que no tendrá un horizonte mayor a un año y seis meses para su desarrollo y prueba piloto. Además se cuenta con el apoyo de la empresa para el uso de herramientas como equipo de cómputo, paquetes de Office, SAP, internet, hojas e impresora. En cuanto a los recursos humanos se contará con el apoyo del jefe de producción y el involucramiento de los supervisores de la línea, el encargado de materiales y el supervisor de bodega y el de los operadores de la línea y bodegueros. En cuanto a lo financiero, debido a que se cuenta con la mayoría de herramientas necesarias, no será necesario un gran desembolso económico por parte del investigador.

En el primer capítulo se tratarán los antecedentes de la empresa Rayovac Guatemala S. A. Este abarcará la historia de la empresa, la descripción del tipo de negocio y los productos que manufactura. Se incluye también la misión, visión y valores del negocio, así como un organigrama y una breve descripción de los departamentos que integran la planta.

En el segundo capítulo se presentarán las características generales de la pila. Abarcará una breve historia de esta, la química detrás de su funcionamiento, los tipos de pila zinc-carbón que han aparecido a lo largo de los años y los componentes de los que está formada la pila actual.

En el tercer capítulo se definirá la producción desde tres conceptos distintos: producción vista como transformación, como flujo y como generación de valor y un concepto que busca integrar a los tres anteriores. Se describen los dos sistemas de producción: *push* y *pull*. Por último se define el plan de

producción y el sistema de planeación, que incluye el plan agregado y el plan maestro.

El cuarto capítulo se enfocará en el punto principal del proyecto, la planeación de requerimiento de materiales. Se dará una definición del sistema y las ventajas de su aplicación. Se describirá la estructura del sistema MRP II en los cinco niveles que lo constituyen y el sentido en que fluye la información para poder conectarlo con la planeación de la producción.

En el último capítulo se tratarán los inventarios, su definición e importancia, los tipos que existen, el método ABC para control, los tres métodos empleados para evaluar los inventarios y los costos involucrados en el inventario.



## 1. ANTECEDENTES

Debido a que actualmente los mercados de pila tipo zinc carbón se vuelven más pequeños, algo normal debido al cambio tecnológico que se ha dado, es necesario que la empresa sea cada vez más competitiva reduciendo sus costos pero brindando un producto de calidad al consumidor.

El ejemplo más claro de cómo las nuevas tecnologías han venido a cambiar el mundo y afectar el mercado de la pila, se puede encontrar en los celulares de ahora: en ellos se cuenta con linterna, radio, calculadora, controles remotos, etc., todas estas aplicaciones sustituyeron a los aparatos que antes usaban pilas, además de esto las dos mayores razones del decremento del mercado de pilas son las linternas LED, debido a que su tecnología permite hacer eficiente el uso de las pilas y por último la electrificación que con el paso de los años ha llegado a cada vez más lugares.

Debido a esto la empresa se ve en la necesidad de buscar métodos que le permitan reducir costos y así continuar generándole un balance positivo a la corporación. Por esto surge la necesidad de establecer un sistema que permita tener un mejor control sobre los inventarios y de esta manera reducir los costos de estos. Este sistema debe permitir que la información se centralice y por lo tanto se mejore el control de la misma. Se busca con este control lograr una reducción en las variaciones de los inventarios cíclicos y que se logre un sistema más justo a tiempo.

Hoy en día los supervisores emplean su tiempo haciendo la requisición de materiales, el proceso actual se lleva a cabo de la siguiente forma: se planea la producción y el programa de producción es enviado a cada supervisor, luego ellos deben revisar el programa y calcular la cantidades de materiales que necesitarán día a día y luego envían la requisición a bodega que se encarga de mandar los materiales. Ese tiempo que ellos emplean en calcular y mandar la requisición es un tiempo desperdiciado que ellos podrían utilizar para hacer otras funciones, además puede ser que el cálculo sea inadecuado y resulte en sobre-inventario o faltante.

Por esta razón surge la necesidad de establecer un sistema que se integre al programa de producción y a los pronósticos de ventas, que además permita establecer qué materiales se necesitan, en qué cantidad y cuándo será necesario reabastecerse de ellos.

Según Nahmias (2005) (citado por Agapito, 2011, p. 52) “En el corazón del plan de producción están los pronósticos de la demanda de los artículos finales que se producen en el horizonte de planeación. Un artículo final es la salida del sistema productivo; esto es, los productos que salen a través de su puerta. Los componentes son artículos en etapas intermedias de la producción y las materias primas son recursos que entran al sistema”.

El autor describe la producción como un proceso que en su salida tiene los productos finales que salen de la planta con el fin de llegar al consumidor, las materias primas la entrada que alimenta el sistema y en el corazón de este proceso, es decir la parte vital, se encuentra la demanda establecida a través de pronósticos que le permitan a las plantas planificar y poder determinar con un grado de certeza que producir y cuando producirlo, es aquí donde encuentra su importancia el MRP.

El sistema de requerimiento de materiales o MRP II por sus siglas en inglés le permite a las empresas manufactureras poder planear y programar a lo largo de un horizonte de tiempo los requerimientos de materiales necesarios para poder elaborar los productos finales de acuerdo al programa maestro de producción. Para poder conseguir esto, además de necesitar el programa maestro de materiales se necesita las siguientes entradas de información: el *BOM*, es decir la explosión de materiales y el estado de inventarios.

(López, 2007, p. 1) Establece lo siguiente sobre el control de inventarios: “La razón fundamental para el control de inventarios se debe a que es poco frecuente que los bienes sean entregados justamente cuando la demanda de ellos ocurre. No tener los materiales ni los suministros cuando se necesitan representa pérdidas económicas en el proceso productivo o perder al cliente. Por otra parte, si se tiene en abundancia para protegerse de faltantes, la inversión puede resultar muy grande y tener mucho capital paralizado.”

Además de esta razón fundamental, Porteus, (1990) y Lee & Nahmias, (1993) establecen otras tres razones que se pueden considerar importantes en el control de inventarios: economías de escala, especulación y precaución.

La primera de estas tres razones, economías de escala, establece que al comprar por grandes cantidades se puede conseguir una rebaja en los precios. Además se reduce el costo por ordenar, debido a que se colocan menos órdenes pero de mayor volumen.

La segunda razón, la especulación, puede presentarse en varios escenarios para lo cual es ventajoso mantener el control de inventarios. Si se espera en un futuro próximo un aumento en el costo de producción, ya sea por factores internos como aumento de sueldos o por factores externos como el

aumento del precio de materias primas o impuestos. Cuando en el proceso productivo se emplean materias primas cuyo precio fluctúa constantemente. El tercer escenario sería si se espera un aumento en la demanda y se desea estar preparados.

La tercera razón es la precaución, se desea mantener niveles de inventario contra la incertidumbre. Por ejemplo, puede existir incertidumbre en el abastecimiento o en el tiempo de entrega.

“Lo anterior, justifica la elaboración de modelos matemáticos con el objeto de minimizar los costos de operación de los inventarios, sujetos a la restricción de satisfacer la demanda y además que den respuestas a las preguntas claves que se requieren para el control óptimo del inventario: Cuando se ordena y cuanto se ordena” (López, 2007, p. 2).

Por esta razón es de suma importancia la implementación de un sistema MRP que le permita saber a las empresas, no solo que producir, cuanto y cuando, sino además que les permita establecer cuando ordenar y cuanto ordenar. En una empresa generalmente existencias decenas de materiales y materias primas diferentes, llevar un control manual de todo esto se vuelve, si no imposible, poco práctico y conlleva una serie de riesgos para la empresa como pérdida de materiales, costos sumamente altos de almacenamiento, quiebres de inventario, etc.

Según Arnold & Chapman (2004) (citado por Ovando, 2009, p. 8) “El sistema de planeación de los recursos para la manufactura MRP II se describe como un sistema totalmente integrado de planeación y control de los recursos. Provee coordinación entre la labor de mercadeo y producción.”

El MRP II tiene tres aspectos que se deben incluir de acuerdo a (Miranda, 2004, p. 26) “MRP II es un sistema completo que tiene como función básica lograr que el área de manufactura pueda producir lo necesario en el tiempo y el costo ofrecido al cliente, para lo cual ordena desde la planificación de los pedidos hasta la entrega de los mismos todos los pasos necesarios y los procesos que deben correrse para asegurar esta función”.

Basándose en esta mecánica del sistema Miranda (2004) menciona que es posible, no solo planear las necesidades de materiales internas y externas, sino que además es posible planear otros recursos involucrados en el proceso productivo. Sin embargo, hace la observación que esto solo puede lograrse cuando estos otros recursos, no materiales, pueden ser empleados en una lista similar a la lista de materiales. Convirtiendo el MRP en un MRP II, porque el sistema se convierte en una planificación de necesidades de recursos productivos.

Además, el MRP II tiene otras dos características que se le pueden asociar. La primera de estas es la posibilidad de realizar simulaciones, esto permite la visualización de distintos posibles escenarios en el futuro próximo permitiendo a su vez la toma de decisiones basándose en estas simulaciones. La segunda de estas características es la actualización ajustadas a la realidad, conforme sucedan los acontecimientos estos alimentan al sistema permitiendo que este se asemeje lo más posible a lo que sucede en la vida real.

Estos aspectos deben ser considerados al momento de diseñar e implementar el sistema porque determinaran su valía para la empresa y el alcance que este puede tener en la búsqueda de hacer eficiente los inventarios y producción.

Es importante establecer un sistema de indicadores para la gestión de los inventarios porque es importante para la gerencia conocer cómo se está llevando a cabo el uso de los recursos y determinar los costos asociados al proceso de almacenamiento, esto con el fin establecer estrategias que permitan su mejora, como dice la frase, lo que no se mide, no se puede gestionar.

Estos indicadores permiten a los directivos determinar si se está cumpliendo con el plan estratégico o si es necesario aplicar medidas correctivas para adecuarse a este. (Huertas, 2011, p. 28) Brinda una definición muy concisa de lo que son los indicadores KPI, “Indicadores claves de desempeño, son medidores del desempeño de un proceso, los cuales se encuentran vinculados a un objetivo. Usualmente, estos indicadores son expresados en forma de porcentajes, tasas, etc., y permiten el análisis de los procesos y verificar si los resultados van fuera de su plan de trabajo o dentro de él”.

La importancia de los indicadores clave del desempeño para las organizaciones reside en que permiten determinar qué tan cerca o lejos se está de cumplir con los objetivos planteados. Por esta razón es importante que los objetivos sean definidos de forma clara y que la medida cuantitativa de los resultados sea adecuada también.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa Rayovac Guatemala, S. A. es una empresa manufacturera que se dedica a la producción y comercialización de pilas zinc carbón en distintos tamaños. La empresa actualmente cuenta con la producción de tres tamaños de pila y empaque de cuatro tamaños. Se cuenta con tres líneas productivas, siendo la más grande de estas la línea D, donde se produce la pila con el mismo nombre, este tamaño de pila es el que mayor mercado posee teniendo el mayor volumen de producción anual dentro de la planta.

Se cuenta con la línea AA la cual produce pilas del mismo nombre y cuyo volumen anual es mucho menor. Por último se tiene la línea más pequeña, que es la de las pilas tamaño C. Además de estas líneas productivas se cuenta con las líneas de empaque para las pilas D, C, AA y AAA de tipo zinc carbón. Estas pilas son comercializadas alrededor de Latinoamérica, desde la región centroamericana, El Caribe, USA, México hasta países de Sudamérica como Colombia, Perú, Venezuela y Chile.

El problema es que se cuenta con un sistema de requisición de materiales manual, las órdenes de requisición son generadas por parte de los supervisores y pueden presentar errores debido al factor humano. El sistema no está integrado a la planeación de la producción por lo que no se puede llevar un mejor control sobre los inventarios permitiendo que se pueda generar exceso o escasez de materiales en el proceso productivo.

Este problema ha sucedido en la empresa desde el principio y continúa dándose en el año que se plantea la investigación, es por esta razón que surgió la idea de buscar solución a la misma.

## **2.1. Descripción del problema**

La empresa lleva a cabo el programa de producción, la planificación de los recursos productivos, la cantidad de máquinas por línea y los niveles de producción deseados, sin embargo, este último proceso se lleva por separado. Además de esto, el sistema de control de inventarios y de requisición de materiales depende de varios factores humanos y no está integrado a la planeación de la producción.

Esto quiere decir que para saber si un material está en riesgo se necesita de una serie de pasos por parte de varias áreas de la planta, sin embargo, si alguna de las áreas se atrasa o no cumple, está la posibilidad de que al momento de lograr identificar un material en riesgo de acabarse, ya sea demasiado tarde para la requisición hacia el proveedor y puede llegar a escasear.

En cuanto a la requisición de materiales, esta es elaborada por los supervisores, por lo que se involucra el factor humano provocando errores en el tipo o cantidad de material solicitado; se suma a esto que es un proceso que no genera valor y se cree, puede eliminarse a través de un sistema automático de requisición.

## **2.2. Formulación del problema**

El siguiente trabajo se plantea con las siguientes preguntas de investigación. Como pregunta central se plantea la siguiente:

¿En qué medida mejoraría el control de inventarios al integrarse el sistema automático de requisición de materiales basado en MRP II a la planeación de la producción semanal para la línea de pilas “D” en la empresa Rayovac Guatemala, S. A?

## **2.3. Preguntas auxiliares de investigación**

Como preguntas auxiliares se plantean las siguientes:

- ¿Cuáles son las características del proceso de requisición de materiales?
- ¿Los indicadores del control de inventarios son los más adecuados al proceso?
- ¿Cuál es el diseño de un sistema de requisición de materiales para el proceso de producción?
- ¿Es posible generar requisiciones automáticas adecuadas a través de la integración del sistema MRP y el de planeación de la producción?
- ¿Se reduciría la variación de los conteos mensuales de materiales mejorando el control de inventarios?

## **2.4. Delimitación**

La presente investigación tendrá una duración de un año y dos meses. Se llevará a cabo en la empresa manufacturera de pilas Rayovac, Guatemala, S. A. El trabajo comprende la línea D en su producción y en su empaque. Los

recursos que serán necesarios para llevar a cabo el proyecto son: fotocopias, papeles, lapiceros, internet, gasolina. Además será necesaria la información histórica que provea la empresa de los años recientes.

## **2.5. Viabilidad**

El presente estudio se cree viable debido a que no tendrá un horizonte mayor a un año y seis meses para su desarrollo y prueba piloto. Además, se cuenta con el apoyo de la empresa para el uso de herramientas como equipo de cómputo, paquetes de Office, SAP, Internet, hojas e impresora.

En cuanto a los recursos humanos se contará con el apoyo del jefe de producción y el involucramiento de los supervisores de la línea, encargado de materiales, supervisor de bodega, operadores de la línea y bodegueros. En cuanto a lo financiero, debido a que se cuenta con la mayoría de herramientas necesarias, no será necesario un gran desembolso económico por parte del investigador.

Con el presente estudio se pretende lograr una serie de beneficios para la empresa que van desde la eliminación de ciertos procesos de requisición de materiales hasta la reducción de costos. En cuanto a los procesos de requisición interna de materiales por parte de los supervisores, se pretende que esto sea automático, evitando que sigan llevándolo a cabo de manera manual, en el que al momento en que se establece que producir, el sistema informa a bodega que materiales mandar y en qué cantidad.

Se busca mejorar la gestión de inventarios, esto se puede lograr estableciendo el nivel óptimo de inventario basándose en el horizonte de planeación de la producción y el tiempo de reabastecimiento por parte de los

proveedores. Con esto se pretende evitar dos situaciones: la primera que se dé un sobre *stock*, es decir que hayan más materiales de los necesarios lo que a su vez aumenta el costo por la gran inversión que representa la adquisición de materiales y la reducción de espacio disponible para otros materiales también necesarios.

La segunda situación es evitar los quiebres de inventario, con esto se pretende evitar que exista escasez de algún material y que esto resulte en atrasos o inclusive en el incumplimiento de pedidos, además se podrá establecer con mayor exactitud fechas de entrega de producto terminado porque no solo se considerará al tiempo de producción sino también la disponibilidad de materiales.

## **2.6. Consecuencia de la investigación**

Se espera que la solución a la problemática planteada sea beneficiosa para la empresa. Entre los aspectos positivos que tendrá se encuentran los siguientes.

Permitirá un mejor control de los niveles de inventario lo que a su vez generará un impacto positivo en los costos de los mismos para la empresa. Permitirá la elaboración de posibles futuros escenarios para la toma de decisiones, reduciendo la especulación en la toma de estas.

Además permitirá que los supervisores de producción reduzcan su involucramiento en el proceso de requisición de materiales, permitiendo que empleen ese tiempo disponible en actividades que agreguen valor al proceso.



### **3. JUSTIFICACIÓN**

Con base en las líneas de investigación establecidas por la Dirección de la Escuela de Postgrado se ha establecido el presente estudio bajo la siguiente línea de investigación: producción, concretamente bajo la implementación de sistemas de planificación de la producción respectivamente, sin embargo, también se abarcará temas de nuevas estrategias de control de inventario bajo la línea de logística.

La importancia del diseño de este estudio radica en el hecho de que la empresa se encuentra inmersa en un mundo con nuevas tecnologías y nuevos productos que han venido a reemplazar en varios mercados a su producto estrella, la pila D. Por esta razón la empresa se ve en le necesidad de buscar maneras de prolongar su presencia en los mercados actuales, para lo cual busca brindar un producto de calidad mientras vuelve su proceso cada vez más eficiente y reduce sus costos de producción.

Debido a esto se buscan métodos y herramientas que permitan a la planta de producción reducir o eliminar aquellas actividades que no agregan valor y centrarse únicamente en aquellas actividades que sí lo agregan. Además se requiere llevar un mejor control sobre sus procesos y el uso eficiente de los recursos, todo esto buscando evitar el incremento en el costo de la pila año con año.

Es importante llevar a cabo el proyecto, porque en la empresa la planeación de la producción y los requerimientos de materiales a bodega se realizan por distintas áreas, el primero es realizado por el planeador y el

segundo por los supervisores de cada área, este proceso en dos etapas puede llegar a generar errores en las requisiciones de materiales así como generar un exceso de inventario en proceso, este doble trámite resulta además en el uso del tiempo de supervisor que debería invertir su tiempo en actividades que generen valor para el cliente.

Sin embargo, el problema más grande que se busca solucionar es el de reducir la variabilidad en los conteos de inventario mensuales, esta variabilidad es en muchos casos negativa, lo que representa para la empresa una pérdida económica. Se llevan a cabo conteos de inventario mensuales y en cada uno de ellos, con algunas excepciones, se han obtenidos variaciones desfavorables, esto quiere decir que al momento de comparar el conteo físico, con el reporte de SAP, se encuentra que las cantidades no coinciden y como se mencionó en la mayoría de casos es un faltante físicamente.

Con este diseño de investigación se busca lograr un mejor control de los niveles de inventario y una reducción de la cantidad de materia prima en proceso. Se desea que el sistema al establecer la cantidad de material y materia prima se envíe al proceso, pueda calcular en base a la producción real obtenida cuanto material y materia prima queda disponible y cuanto se debe volver a enviar al día siguiente evitando así el exceso de inventario en proceso y reducir la variación de los conteos.

Por lo tanto surge la necesidad de crear un sistema de distribución de materiales para la línea D que sea automático e integrado con la planeación de la producción para que cuando se le indique al supervisor que es lo que este debe producir también le provea de los materiales que necesite. Los beneficios que la empresa puede obtener de la implementación de este sistema automático integrado sería que el supervisor dispondría de un tiempo, que

actualmente invierte en pedir materiales, para poder realizar las tareas de mayor relevancia para el área, removiendo así una actividad sin valor del proceso.

Como se mencionó anteriormente, durante los conteos, se ha encontrado que estos generan cierta variabilidad, ya sea positivo o negativo, pero que al final impactan en el indicador que se tiene para dichos inventarios, este sistema al reducir el nivel de inventario en proceso solo a aquellos materiales que se emplearán permitirá controlar el uso de estos para saber si será necesario enviar más material o no en la próxima producción.

Además se presenta el beneficio económico que representa reducir la variación de inventarios, que como se mencionó anteriormente, generalmente es negativa lo que representa para la empresa pérdidas de miles de dólares. Además, en la empresa actualmente se hace uso del *JIT* (justo a tiempo) por lo que este sistema podría llegar a complementar esta herramienta permitiendo una mejora en la reducción de inventarios a los mínimos posibles.

El interés por llevar a cabo este estudio reside en proveerle a la empresa una herramienta integrada que le permita un mejor control de inventarios, fundamentada en los principios de los sistemas MRP II que además puede integrarse al sistema justo a tiempo y que le permita a la empresa seguir reduciendo costos y pérdidas para poder mantener la tendencia que en los últimos años ha tenido, la cual es la de año con año presentarle a la corporación una reducción en costos.

Los resultados que se esperan de implementar un sistema MRP II son los siguientes: primero se espera un mejor control del nivel de inventarios optimizando las cantidades de materia prima en proceso y en bodega, logrando

así la reducción de los costos asociados al almacenamiento. Se pretende evitar puntos de agotamiento del inventario. Segundo, que el sistema sea capaz de generar órdenes de materiales a bodega para el proceso basadas en lo necesario.

## **4. OBJETIVOS**

### **General**

Determinar en qué medida mejorará el control de inventarios al integrarse el sistema automático de requisición de materiales basado en MRP II a la planeación de la producción semanal, para la línea de pilas “D” en la empresa Rayovac Guatemala, S. A.

### **Específicos**

1. Describir las características del proceso de requisición de materiales de la empresa.
2. Describir las deficiencias de los indicadores del control de inventarios.
3. Diseñar el sistema de requisición de materiales para el proceso de producción.
4. Integrar el sistema de requisición de materiales MRP con el programa de producción para generar órdenes automáticas de materiales.
5. Determinar la reducción de la variación en el conteo mensual de materiales.



## 5. ALCANCES

Los alcances de la investigación vienen dados por la combinación de dos enfoques, el cualitativo y el cuantitativo. El enfoque cualitativo se empleará desde el punto de vista de investigación, mientras que el enfoque cuantitativo se empleará en el trabajo de campo, en el cual se buscará establecer por medio de una perspectiva inicialmente exploratoria en Guatemala que después permitirá que el estudio evolucione a una perspectiva descriptiva.

Se pretende encontrar si existe una correlación entre el empleo de un sistema MRP II y la reducción de los niveles y control de inventario, costos de almacenamiento y quiebres de inventario. Para poder llevar a cabo esto se necesita el uso de los registros de inventario, los cuales deben llevarse evitando ambigüedades y ser lo más certeros posible. El uso de pronósticos enviados por las distribuidoras y los clientes, los cuales deberán ser revisados y ajustados según análisis estadísticos para evitar ordenes fuera de proporción y que se ajusten a las tendencias del historial de órdenes de compra.

En la primera etapa de la investigación se llevará a cabo la perspectiva exploratoria en Guatemala. Esta etapa es necesaria porque la información obtenida de las fuentes brindará conocimiento y herramientas previamente utilizadas que pueden ser una ayuda o guía para este proceso. En esta etapa se conocerá de casos en otras empresas y como fueron resueltos por los respectivos investigadores para sentar las bases de este proyecto.

Posterior, vendrá la etapa descriptiva en donde se buscará información y datos respecto a hechos, situaciones y eventos que han ocurrido dentro de la

empresa y de esta manera poder medirlos de forma adecuada, la etapa descriptiva es necesaria porque en ella se buscan los antecedentes dentro de la empresa y se establece un punto de partida.

En la tercera etapa, se buscará describir las relaciones entre las distintas variables involucradas en el proceso con el fin de poder entender mejor como se ven afectadas por los posibles cambios o soluciones que se busca encontrar, en esta fase se llevará a cabo el diseño de un modelo MRP II basado en las necesidades de la empresa.

Por último, en la cuarta fase se buscará llevar a cabo la validación del modelo, para esto será necesario llevar a cabo una prueba piloto que permita describir los resultados obtenidos en el control de inventarios y determinar la reducción en la variación en el conteo mensual o identificar posibles mejoras al modelo.

Entre los métodos a emplear por el investigador se encuentra el deductivo, el cual permitirá que basándose en el existente modelo MRP II buscar una solución a la problemática de la empresa. El método descriptivo – explicativo permitirá que se comprenda mejor la situación actual de la empresa y establecer la mejor manera de llevar a cabo la prueba piloto. El método analítico ayudará a establecer posibles causas o relaciones entre las variables independientes y dependientes del proceso que se busca mejorar. El método comparativo busca establecer semejanzas o diferencias entre los distintos entes a comparar, para este caso se pretende comparar los resultados obtenidos dentro de la empresa con resultados obtenidos de la implementación del modelo MRP II en otras empresas manufactureras.

Para llevar a cabo ambos enfoques de la investigación, tanto el cualitativo como el cuantitativo será necesario el uso de técnicas de investigación que permitan la recolección de información y datos de manera confiable, para su posterior utilización y que los resultados de dicha investigación sean coherentes y aplicables a otros contextos.

En el caso del enfoque cualitativo, será necesaria una investigación documental, para la cual se cuenta con múltiples fuentes como son las tesis de investigación, libros escritos al respecto, videos, diapositivas, páginas en internet, personas conocedoras del tema. Esta etapa es crucial porque sentará los fundamentos para el posterior enfoque cuantitativo. La información encontrada en esta etapa ayudará a la creación del plan piloto.

En cuanto al enfoque cuantitativo será necesaria la investigación de campo, antes de llevar a puesta el pilotaje será necesario recolectar información dentro del contexto a realizarse, para esto se hará uso de la observación, especialmente la observación directa y la observación indirecta.

Además, se llevará a cabo la entrevista con el objetivo de conocer la opinión y criterios de las personas involucradas en el proceso. Por último se llevará a cabo la experimentación a través del plan piloto, para luego llevar a cabo la recolección de datos y su futuro análisis y conclusión a través del uso de la estadística.

A través del estudio se podrá determinar en qué medida se beneficia la empresa de la implementación de este sistema en la búsqueda de una mejor gestión y reducción de costos, además podrá sentar las bases para luego ser implementado en las demás líneas productivas. Se espera que la implementación conlleve una mejor gestión de los inventarios, tanto en bodega

como en proceso y una reducción de las variaciones en inventarios, además de la posibilidad de reducir de manera significativa esta actividad que no le agrega ningún valor al producto.

Las conclusiones del experimento podrán ser extrapoladas e implementadas como ya se mencionó a las demás líneas de producción de pila, además de otras empresas que se dediquen a la manufactura de pilas zinc carbón como pilas alcalinas y/o a las centrales de empaque de este producto.

Lograr la reducción de costos permitirá que la empresa pueda seguir funcionando y representando un beneficio a la corporación, de esta manera seguirá brindando fuentes de trabajo y aportando a la economía nacional. Se espera que con esto se eliminen los quiebres de inventario, se mantengan niveles aceptables de inventario y que los costos por este concepto se vean reducidos. El manejo de materiales y empleo de los recursos se mejore.

## **6. MARCO TEÓRICO**

### **6.1. Pilas de zinc-carbón**

En esta parte se presentarán las características generales de la pila. Abarcará una breve historia de esta, la química detrás de su funcionamiento, los tipos de pila zinc-carbón que han aparecido a lo largo de los años y los componentes de los que está formada la pila actual.

#### **6.1.1. Características generales**

Las pilas zinc-carbón existen desde hace un poco más de 100 años. Los dos tipos más populares de esta clase son los sistemas Leclanché y de cloruro de zinc. Ambos sistemas han sido y se mantienen como los más usados a nivel mundial dentro de los sistemas de pila principales, sin embargo en los últimos años su uso ha disminuido considerablemente.

No obstante, aún sigue siendo una opción en los países del tercer mundo, esto se debe principalmente a que esta pila posee un costo bajo, disponibilidad inmediata para ser usada y un desempeño aceptable para un número bastante amplio de aplicaciones.

En los últimos años, nuevos juguetes con mayor consumo de energía, linternas LED de menor consumo y mayor durabilidad y el creciente mercado de las pilas de tipo alcalinas y recargables han hecho que año con año el mercado de las pilas zinc-carbón sufra un decremento en la demanda, sumado además a

la aparición de nuevos aparatos multifunciones como los celulares y su uso masificado han contribuido a la reducción del mercado global de pilas.

Según Linden (2002) el primer prototipo de la celda seca moderna fue la de Leclanché, desarrollado por un ingeniero de telégrafos llamado Georges-Lionel Leclanché en 1866. Lo que hizo diferente a este tipo de celda fue que en lugar de hacer uso de un fuerte ácido mineral, empleado durante la época, utilizó el cloruro de amonio, un fluido poco corrosivo. Entre sus principales ventajas se encontraban su bajo costo, seguridad, facilidad de mantener y su larga vida en almacenamiento.

“La celda consistió de una barra de zinc como el polo negativo, una solución de cloruro de amonio como el electrolítico y una mezcla uno a uno de dióxido de manganeso y carbón en polvo alrededor de un electrodo de carbón como el polo positivo. El electrodo positivo era colocado dentro de un bote poroso, que a su vez estaba dentro de un envase de vidrio junto con la solución electrolítica y la barra de zinc. Ya para 1876, Leclanche había logrado evolucionar su diseño inicial cambiando el bote poroso por una cubierta de resina alrededor de la mezcla de dióxido de manganeso y carbón” (Linden & Reddy, 2002, p. 184).

Leclanché y su investigación establecieron la mayoría de los componentes para la pila zinc-carbón moderna, además fueron la base para el cambio de celdas húmedas a celdas secas.

El Dr. Carl Gassner en 1888, desarrollo un diseño similar al sistema de Leclanche pero que, además, sentó las bases para la futura producción y comercialización en masa de la pila zinc-carbón y evoluciono la celda seca para que fuera portátil. Estos cambios fueron reemplazar el envase de vidrio por una

lámina de zinc y convertir ésta en un contenedor, además empleó una pasta que contenía yeso blanco y cloruro de amonio para mantener el electrolítico en su lugar.

“La mezcla de dióxido de manganeso y carbón y el electrodo de carbón fueron envueltos en tela y saturados alrededor por la mezcla electrolítica. Esto permitió reducir la acción química dentro de la pila y que aumentará su vida. Por último decidió cambiar el yeso blanco por harina de trigo.” (Linden & Reddy, 2002, p. 184)

A continuación se presenta una tabla con las ventajas y desventajas de la pila estándar de Leclanché.

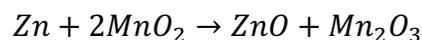
Tabla I. **Características de la pila estándar Leclanché**

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>	<b>Comentarios Generales</b>
Bajo costo de producción	Baja densidad de carga	Buena vida útil a temperatura ambiente
Bajo costo por watt-hora	Bajo rendimiento por temperatura	Para mayor capacidad la descarga debe ser intermitente
Variedad de formas, tamaños, voltajes y capacidades	Se derrama bajo condiciones de exigencia	La capacidad disminuye conforme aumenta el drenaje de carga
Varias formulaciones	Baja eficiencia en drenajes de carga altos	La caída del voltaje es importante si es necesario saber cuándo está por terminar su vida útil
Disponibilidad y gran distribución	Pobre vida del blindaje	
Larga tradición de confiabilidad	El voltaje decae con corriente continua	

Fuente: Linden & Reddy (2002), p. 186.

### 6.1.2. Química

“La pila zinc-carbón usa un ánodo (negativo) de zinc, un cátodo (positivo) de dióxido de manganeso y un electrolítico de cloruro de amonio y/o cloruro de zinc disuelto en agua. El carbón (negro de humo) es mezclado con dióxido de manganeso para mejorar su conductividad y que retenga la humedad. Cuando la pila se descarga, el zinc es oxidado y el dióxido de manganeso es reducido.” (Linden & Reddy, 2002, p. 186) A continuación se presenta una reacción simplificada:



Sin embargo, en la práctica el proceso que ocurre dentro de una pila Leclanché es mucho más complicado.

### 6.1.3. Tipos de pilas zinc-carbón

Las pilas de zinc-carbón han evolucionado a través de los años en búsqueda de una mejora en su desempeño. Existen dos tipos de pilas zinc-carbón, las cuáles pueden subdividirse dependiendo del fin al que está destinada la pila y por grados *Premium*.

La pila Leclanché brinda descargas intermitentes de baja tasa y tiene un bajo costo. La pila tradicional que retiene muchas de las características que tuvo la pila a finales del siglo XIX. “Las pilas de este tipo son recomendadas para cualquier propósito en general y cuando el costo sea más importante que un mayor desempeño.” (Linden & Reddy, 2002, p. 188). La variación de tipo industrial es adecuada para servicios intermitentes pesados o aplicaciones industriales.

“La pila de cloruro de zinc provee descargas de baja tasa a intervalos intermitentes o de manera continua y posee también un bajo costo.” (Linden & Reddy, 2002, p. 188). Esta pila ha reemplazado a la pila de Leclanché en los países más desarrollados porque posee características para el servicio pesado que ofrecen las pilas de tipo *Premium*. Además de tener un bajo costo también tienden a derramarse rara vez.

#### **6.1.4. Construcción**

La pila de zinc-carbón viene en varios tamaños y con una variedad de diseños pero cuya construcción es de uno de dos tipos: cilíndrica o plana. En la construcción de la pila de Leclanché el vaso de zinc funciona como contenedor de la pila así como también de ánodo. “El dióxido de manganeso es mezclado con negro de humo (carbón), humedecido con solución electrolítica y luego comprimido. Luego se le inserta un electrodo de carbón que funciona como acumulador para el electrodo positivo y que además debido a su porosidad permite el escape de gases evitando que se derrame el electrolítico en la pila.” (Linden & Reddy, 2002, p. 189).

El papel separador funciona como una barrera física entre los dos electrodos y provee el medio para la transferencia de iones. La pila es cubierta por blindaje de metal, cartón, plástico o papel por estética y para minimizar los efectos en caso de derrame.



cloruro de zinc y agua). Es importante la proporción de estos componentes para lograr una homogeneidad y compactación adecuada.

Dióxido de manganeso: los manganesos son clasificados como manganeso natural (NMD), dióxido de manganeso activado (AMD), dióxido de manganeso químicamente sintetizado (CMD) y dióxido de manganeso electrolítico (EMD). El EMD es más oneroso, sin embargo es el que brinda mejor capacidad para la pila. Dependiendo del uso que se hará de la pila serán los distintos dióxidos de manganeso o proporción de estos en la mezcla a usarse.

Carbón: para mejorar la conductividad del dióxido de manganeso se agrega carbón inerte o carbón negro. El negro de humo es usado, desplazando al grafito que se usaba anteriormente, debido a sus propiedades porque permite que se pueda usar más electrolítico en la mezcla.

Electrolítico: se emplea una mezcla de cloruro de zinc y cloruro de amonio para asegurar un rendimiento más alto de la pila.

Electrodo de carbón: este es insertado en la mezcla y cumple la función de recolectar la corriente. Además funciona como un sello que permite únicamente la salida de gases de la mezcla pero no de la humedad así como tampoco permite la entrada de oxígeno que puede ocasionar la corrosión del zinc.

Papel separador: este papel es untado con una pasta a base de almidón y funciona como un aislante entre el zinc y la mezcla, pero permite la conducción iónica a través del electrolítico.

Sello: el sello evita que se escape la humedad de la mezcla, algo que de ocurrir reduce significativamente la vida de la pila.

Blindaje: la función de este es tanto estética como de protección. Puede ser de metal, papel, plástico, carbón o la combinación de estos. Provee resistencia a la estructura, protege, evita el derrame, decora y permite un sitio para la marca del fabricante.

Tapa y fondo: estos están elaborados de acero y ayudan a mejorar la conductividad y apariencia de la pila.

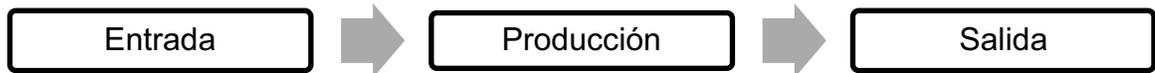
## **6.2. Producción**

En esta se define la producción desde tres conceptos distintos: producción vista como transformación, como flujo y como generación de valor y un concepto que busca integrar a los tres anteriores. Se describen los dos sistemas de producción: *push* y *pull*. Por último se define el plan de producción y el sistema de planeación, que incluye el plan agregado y el plan maestro.

### **6.2.1. Definición de producción**

La producción tiene como fin brindar a un cliente un producto que cumpla con tres requisitos, debe ser funcional, fiable y con calidad pero siempre buscando hacerlo al coste mínimo posible sin sacrificar ninguna de las características mencionadas previamente. Según Starr (1966) (citado por Koskela, 2000, p. 30) “Todo proceso productivo puede ser entendido como un sistema de entradas y salidas. Los recursos necesarios serán las entradas, ocurre un proceso de operación y transformación que da como resultado una salida, el producto”.

Figura 2. **Esquema del proceso productivo**



Fuente: Koskela (2000), p. 40.

(Gutierrez, 2009, p. 18) Presenta de manera resumida tres conceptos que Koskela (2000) describe más detalladamente:

“Producción vista como transformación. Se concibe la producción como un proceso de transformación de un conjunto de entradas en un conjunto de salidas.

Producción vista como flujo. Además de la transformación, se reconocen fenómenos como esperas, inspecciones y movimientos de material.

Producción vista como generación de valor. Su aportación consiste en buscar el aporte de valor desde el punto de vista del cliente”.

Como se muestra estas tres visiones presentan a la producción desde distintas perspectivas pero cada una por separado contiene ciertas limitaciones, por tal razón Koskela propone una integración de estas tres visiones en lo que él llama la Teoría de Producción TFV (por sus siglas en inglés, *Transformation-Flow-Value*, Transformación-Flujo-Valor), a continuación se presenta en esquema esta teoría:

Tabla II. **Teoría de producción TFV**

	<b>Vista de transformación</b>	<b>Vista de flujo</b>	<b>Vista de generación de valor</b>
<b>Concepción de producción</b>	Transformación de entradas en salidas	Flujo de material, transformación, inspección, movimientos y esperas	Proceso en el que se crea valor para el cliente mediante la satisfacción de sus requerimientos
<b>Principios fundamentales</b>	Producir de forma efectiva	Eliminación del desperdicio (actividades que no añadan valor)	Eliminación de pérdida de valor (alcanzar valor en relación con el mejor valor posible)
<b>Métodos y practicas (ejemplos)</b>	Estructura de descomposición del proyecto (WBS), MRP, Organigramas	Flujo continuo, sistema de producción <i>pull</i> , mejora continua	Métodos para captura de requerimientos, Despliegue de la Función de Calidad (QFD)
<b>Contribución practica</b>	Prestar atención a lo que se tiene que hacer	Prestar atención a hacer lo menos posible aquello que es innecesario	Prestar atención a satisfacer de la mejor manera posible los requerimientos del cliente
<b>Nombre sugerido para la aplicación práctica del enfoque</b>	Gestión de tareas	Gestión del flujo	Gestión del valor

Fuente: Gutiérrez (2009), p. 20.

### 6.2.2. **Sistemas de producción**

“Basado en la teoría general de sistemas, estos se definen como un conjunto componentes que interaccionan unos con otros. Además, estos elementos o componentes guardan una relación entre sí” (Gellego & Yori, 2008, p. 3).

Aplicado a los sistemas de producción se puede entender como el conjunto de operaciones, ej., planificación, supervisión, operación, etc., necesarias para llevar a cabo el fin de la producción, brindarle el producto deseado al cliente.

#### **6.2.2.1. Sistema de empuje (*push*)**

El sistema *push* establece un flujo de materiales e información desde el inicio del producto hacia el final de este, en este sistema la empresa decide que fabricar y en qué cantidad, conforme las piezas se mueven en dirección hacia adelante empujan (*push*) la producción hasta que llega al cliente o es almacenado en una bodega.

#### **6.2.2.2. Sistema de tracción (*pull*)**

De acuerdo a (Womack, 2005, p. 476) es “un sistema de instrucciones de producción y entrega en cascada que van desde el final del flujo del producto (aguas abajo) hacia su inicio (aguas arriba), en el que nada se fabrica por el proveedor ubicado aguas arriba hasta que el cliente situado aguas abajo, expresa una necesidad”.

Contrario al sistema *push* este pretende producir solo lo necesario evitando acumulaciones dentro del proceso o como producto terminado al final, sin embargo, también presenta mayores retos porque es necesario contar con materiales de alta calidad y líneas sumamente flexibles.

### **6.2.3. Plan de producción**

Es el instrumento a través del cual la empresa determina las operaciones a realizar, estableciendo su inicio y su fin, priorizando las mismas para lograr un uso eficiente de los recursos de la planta y cumplir con los tiempos de entrega. Estos recursos son la mano de obra disponible y sus capacidades, la capacidad instalada y los materiales disponibles.

### **6.2.4. Sistema de planeación de la producción**

Un sistema se puede definir como una serie de elementos o pasos debidamente ordenados y relacionados entre sí que permiten conseguir un objetivo. En el caso de los sistemas de planeación se refiere a los elementos involucrados de manera secuencial para llevar a cabo la producción de un bien o servicio.

#### **6.2.4.1. Planeación agregada**

Para llevar a cabo el plan maestro agregado (Miranda, 2004, p. 42) señala que “el punto de partida es la información comercial relativa a previsiones y pedidos. Esta información proviene, en general, de los puntos distintos de la empresa y puede tener formatos diferentes, su sintetización en un único esquema (tanto referido al producto como al tiempo) es lo que se denomina plan de demanda”.

El plan maestro debe contemplar los recursos con que cuenta la empresa y establecer para un horizonte de tiempo el plan a seguir considerando además los materiales críticos necesarios y establecer fechas para la carga del producto

y verificar su factibilidad, en caso de no ser posible realizar los cambios necesarios para asegurarse el cumplimiento de los pedidos.

#### **6.2.4.2. Plan maestro de producción**

(Miranda, 2004, p. 44) Establece respecto al plan maestro de producción detallado: “El proceso es análogo al anterior, salvo el nivel de detalle empleado. A partir de la información comercial se establece el plan de la demanda (detallado), que permite la construcción del plan maestro detallado tentativo. Existe ahora un mayor número de restricciones a respetar dado que el plan detallado debe quedar enmarcado en las directrices fijadas por el plan agregado”.

Como menciona Miranda (2004) el proceso a seguir es igual que el plan agregado pero ahora deberá ser más detallado y además de considerar si se puede cumplir con las cargas, también será necesario verificar los niveles de disponibilidad para evitar caer en inventario excesivo y aquí deben ser considerados recursos que provengan de proveedores. Este será el punto de partida tentativo para la elaboración del sistema MRP II y su utilidad dependerá de la coherencia de los datos del plan maestro.

### **6.3. Sistema de planeación de requerimientos de materiales (MRP II)**

Este se enfoca en el punto principal del proyecto, la planeación de requerimiento de materiales. Se dará una definición del sistema y las ventajas de su aplicación. Se describirá la estructura del sistema MRP II en los cinco niveles que lo constituyen y el sentido en que fluye la información para poder conectarlo con la planeación de la producción.

### **6.3.1. Definición del sistema MRP II**

Es un sistema de control y planeación de los recursos que busca mantener un flujo continuo de estos a través de todo el proceso evitando excesos o escasez de estos. El sistema pretende integrar de manera eficiente las funciones de varios departamentos, busca abarcar todos los procesos dentro de la organización y permitir centralizar la información para un mejor control y una mejor toma de decisiones. Este sistema hace uso de la tecnología y los avances que esta ha tenido a lo largo de los años para poder manejar una gran cantidad de información y tener un mayor alcance.

### **6.3.2. Aplicaciones del sistema MRP II**

Basándose en aplicaciones exitosas de este sistema (Miranda, 2004, p. 27-28) deduce las siguientes ventajas de su aplicación:

- “Disminución en los inventarios.
- Mejora del nivel de servicio al cliente.
- Reducción de horas extras, tiempos ociosos y contratación temporal. Ello se deriva de una mejor planificación productiva.
- Disminución de la subcontratación.
- Reducción substancial en el tiempo de obtención de la producción final.
- Incremento de la productividad.
- Menores costos”

Como se puede observar las aplicaciones y sus beneficios son muy extensos y abarcan desde niveles de inventario menores, disminución de costos, respuesta más rápida por parte de producción hasta mejorar el servicio al cliente. El MRP II muestra ser una poderosa herramienta si es bien empleada

que permite a las empresas ser más competitivas y dinámicas para responder a un mundo que cambia rápidamente.

### **6.3.3. Estructura de un sistema MRP II**

El MRP II está conformado por cinco niveles, a continuación se detallará en que consiste cada nivel. La estructura de un sistema MRP como se verá a continuación parte de lo general hacia lo específico; lo mismo ocurre con el horizonte de tiempo el cual va del largo plazo hacia el corto plazo.

#### **6.3.3.1. Primer nivel**

Este es el plan estratégico del negocio, elaborado para un horizonte de tiempo de uno a cinco años. En él se establece de manera general las actividades de la organización para el horizonte de tiempo deseado. (Ovando, 2009, p. 10) “En este plan intervienen los departamentos de mercadeo/ventas, producción, finanzas e ingeniería. Se establecen los volúmenes de producción que se desean alcanzar y determina ciertos parámetros de cómo se espera alcanzar dichos objetivos”.

Estos objetivos o metas trazadas por la alta gerencia se expresan en la mayoría de casos en resultados esperados. Este es un acuerdo entre los distintos departamentos de la empresa en cuanto a las líneas de productos y actividad del negocio.

### **6.3.3.2. Segundo nivel**

El segundo nivel es la planeación de producción agregada, esta etapa establece, basada en el plan de negocios, la producción que se debe lograr por medio de resultados esperados para cada familia de productos con los que se cuenta. En esta etapa Miranda (2004) apunta que se deben ignorar cantidades detalladas de cada producto y únicamente fijarse en el volumen total y en la capacidad fija existente de la empresa y sus políticas de empleo y subcontratación. El fin de este nivel es establecer si es factible llevar a cabo la producción comparándola con la capacidad que se tiene disponible.

### **6.3.3.3. Tercer nivel**

(Miranda, 2004, p. 33) resalta que el propósito de este nivel es el plan maestro de producción, el cual “busca satisfacer la demanda de cada uno de los productos dentro de su línea. Este nivel de planeación más detallado desagrega las líneas de producción en cada uno de los productos e indica cuánto deben de producirse y cuándo. El MPS proporciona una relación importante entre mercadeo y la función de producción. Señala cuándo programar en productos las órdenes de compra o pedidos que llegan, y después de terminar su fabricación programa su embarque realista para enviarlos al cliente”.

En este nivel es importante la comunicación y transferencia de información entre los Departamentos de Mercadeo y Producción, para poder brindarles a los clientes un mejor servicio estableciendo fechas reales y siendo capaces de cumplirlas.

#### **6.3.3.4. Cuarto nivel**

El cuarto nivel es la planeación de requerimientos de materiales, el MRP recibe la información del programa maestro y le agrega la lista de materiales y los inventarios, además brinda el tiempo de salida y recepción de materiales.

#### **6.3.3.5. Quinto nivel**

Es este nivel, el más específico, ya que se establecen las actividades semanales y diarias y el control de estas para determinar si son necesarios ajustes para cumplir con las fechas de entrega del producto. Según sean las necesidades de producción de acuerdo a imprevistos pueden llevarse a cabo ajustes en el corto plazo.

### **6.3.4. Modelo del flujo de información**

La información debe ser gestionada de manera adecuada, para lograr esto es necesario conocer las fuentes, la calidad de la información, las políticas para su manejo y el flujo de la información a partir de su generación hasta su utilización.

#### **6.3.4.1. Plan maestro**

El plan maestro dependerá de la situación de cada empresa, sus problemas y las metas trazadas por la Alta Gerencia.

#### **6.3.4.2. Plan maestro agregado**

Esta etapa parte de obtener previsiones o pronósticos de la demanda por parte de los departamentos involucrados en esto, este es el plan de demanda. Esta información permite establecer volúmenes del producto y posibles fechas de despacho, sin embargo, estas estarán sujetas a modificaciones o fluctuaciones en la demanda real.

Este procedimiento se debe realizar cada nuevo ciclo, que generalmente es cada mes. Se deben ajustar los valores recibidos de la demanda con el uso de técnicas estadísticas para tener un dato más preciso. En este nivel se consideran los recursos necesarios asociados a cada familia de productos pero solo los internos, es decir que lo referente a proveedores todavía no es considerado, excepto con ciertos materiales que puedan presentar algún inconveniente.

En esta etapa se comparan las necesidades de carga establecidas por el departamento de operaciones con las disponibilidades de los productos y se determina si es posible, en caso de que existan pequeñas diferencias el plan se puede considerar factible y estas diferencias serán vistas con mayor detenimiento en el plan maestro detallado.

#### **6.3.4.3. Plan maestro detallado**

Este proceso es igual que el anterior, pero ahora se procederá con un mayor detalle. De igual manera se recibe el plan de demanda pero ahora se considera un horizonte de tiempo menor y las variaciones que este brinda son menores, por lo que se puede proceder a realizar el plan maestro detallado con mayor confianza. Además se consideran las cargas en fechas más exactas y se

procederá a determinar la factibilidad de cumplir con esas fechas. Aquí sí será necesario considerar los materiales de proveedores externos proveyéndoles de información más detallada en cuanto a fechas para la recepción de materiales y buscar una estabilidad en la entrega de estos.

#### **6.4. Gestión de inventarios**

En esta última parte se tratarán los inventarios, su definición e importancia, los tipos que existen, el método ABC para control, los tres métodos empleados para evaluar los inventarios y los costos involucrados en el inventario.

##### **6.4.1. Inventarios**

El inventario se puede definir como una determinada cantidad de materiales o productos que se mantienen en almacenados y controlados por la empresa para su posterior venta o uso. Según Love (1979) (citado por López, 2007, p. 1) “Un inventario es como un sistema regulador entre los procesos, de oferta y de demanda. En términos generales, un inventario es una cantidad de bienes o materiales que una empresa mantiene por un tiempo en forma improductiva esperando su venta o uso”.

El tener un inventario para una empresa representa un costo por el espacio ocupado, ya sea que alquile o no, por bienes que en ese momento no están siendo transformados ni vendidos, sin embargo, el fin de mantener niveles de inventario le permite a las empresas poder responder a los clientes de manera más rápida y así no perder oportunidades de vender y generar utilidades para la empresa.

Por lo tanto es necesario mantener niveles de inventario adecuados que no generen costos excesivos pero que sean suficientes para poder cumplir con la demanda. En este punto se puede observar la importancia de los sistemas MRP II que permiten integrar a sus funciones la adecuada gestión del nivel óptimo de recursos almacenados.

#### **6.4.1.1. Tipos de inventarios**

La clasificación de los inventarios permite su fácil incorporación a los procesos de la empresa, además que permite tener un mejor control sobre estos. El inventario de materia prima está conformado por todos elementos básicos o principales que forman parte en la producción del bien.

Estos recursos son importantes porque son el comienzo del proceso de transformación que pretende tener como salida un producto terminado, la calidad y el estado de la materia prima determinará en gran medida la calidad y el costo final del producto terminado.

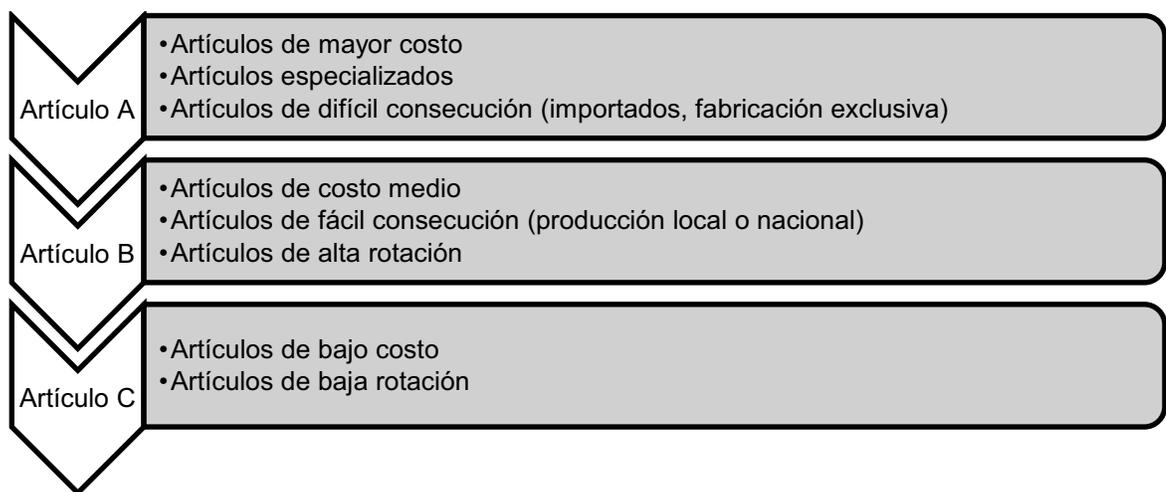
El inventario de productos en proceso consiste en todos aquellos elementos que están siendo utilizados en el actual proceso productivo y que aún no están terminados, es decir que se encuentran en un grado intermedio. Los productos en proceso van variando en costo conforme el elemento avanza dentro del proceso y se le va añadiendo valor a través de la transformación.

El inventario de producto terminado está conformado por los productos que ya alcanzaron su etapa final y que han sido transferidos al área de bodega pero que aún no han sido vendidos o despachados hacia los clientes.

### 6.4.2. Método de control de inventario ABC

El método de control de inventario ABC es una clasificación que se realiza en tres categorías (A, B y C) con el fin de determinar a qué productos se les debe prestar mayor atención en cuanto a su control por tener una mayor incidencia en alguno de los siguientes factores: mayor costos, artículo especializado y/o artículo difícil de conseguir. Este sistema está basado en la distribución de Pareto señalando que el 20 % del número de artículos representa el 80 % del valor total de inventario.” A continuación una representación gráfica del control ABC:

Figura 3. Diagrama del método ABC para inventarios



Fuente: Mora (2011), p. 227.

#### 6.4.2.1. Métodos de valuación de inventario

Existen varios métodos para calcular el valor de los inventarios, el fin es poder llevar el control de cuánto vale el inventario en determinado momento del tiempo según el método previamente establecido por la empresa.

#### **6.4.2.1.1. Método PEPS**

El método PEPS (primero en entrar, primero en salir) consiste en que se le debe dar salida del inventario a aquellos productos que ingresaron primero, dejando aquellos productos adquiridos posteriormente. El valor que tendrán los productos en caso de existir una devolución es el valor por el que se compró al momento de la operación. Igual sucede con un producto terminado que se vendió y es devuelto, su valor será el que tuvo en el momento de haber sido vendido. Este método es muy útil cuando se tienen productos o materias primas perecederas y es necesario venderlos o emplearlos en el proceso a la mayor brevedad posible.

#### **6.4.2.1.2. Método UEPS**

El método UEPS (último en entrar, primero en salir) se le da salida del inventario a aquellos productos que ingresaron de último y quedan aquellos productos que se compraron de primero. El valor que tendrán los productos, igual que en el método PEPS será el que tuvieron al momento de salir del inventario. Este método puede ser muy útil cuando los precios de los productos o materiales aumentan constantemente.

#### **6.4.2.1.3. Método promedio ponderado**

En el método de promedio ponderado según (Godoy, 2010, p. 33) se debe “Determinar un promedio, sumando los valores existentes en el inventario con los valores de las nuevas compras, para luego dividirlo entre el número de unidades existentes en el inventario incluyendo tanto los inicialmente existentes, como los de la nueva compra”.

### **6.4.3. Costos de inventario**

Para llevar a cabo una buena gestión de los inventarios es necesario poder establecer de manera fiable el costo de estos, para esto se deben considerar los costos por pedido, por mantenimiento y por falta de existencias.

#### **6.4.3.1. Costo de pedido**

Como lo menciona (Mora, 2011, p. 233) “Se incurre en costos de pedido (de preparación) en cualquier momento en que ocurra alguna actividad para reabastecer los inventarios. Para los modelos comerciales, se utiliza el término costos de pedido. Ese costo consta primordialmente de aquellos costos administrativos y de oficina, asociados con todos los pasos y actividades que deben emprenderse desde el momento en que se emite la requisición de compra hasta el momento en que se recibe el pedido, se coloca en el inventario y se paga”.

Este costo generalmente es independiente del volumen del pedido y se establece como fijo sin importar la cantidad del lote.

#### **6.4.3.2. Costo por falta de existencia**

(Mora, 2011, p. 234) También menciona los costos por faltante como “aquellos en los que se incurre al no poder satisfacer una demanda. La magnitud del costo depende de si se permiten los pedidos retroactivos. Si estos no se permiten, entonces un agotamiento de inventario dará como resultado la pérdida permanente de ventas para los artículos que se demandaban y que no estaban disponibles. Cuando se permiten los pedidos retroactivos, los costos

relevantes de agotamiento son los costos administrativos y de oficina asociados con esta actividad”.

El costo más grande asociado a la falta de existencia es la posible pérdida de un cliente, por esta razón es muy importante mantener niveles adecuados de inventario tratando de mantener los demás costos bajos pero siempre manteniendo lo necesario para cumplir con los clientes.

#### **6.4.3.3. Costo por almacenaje**

El otro costo de inventarios es el costo por almacenaje y/o mantenimiento, se refiere a todos aquellos costos necesarios para mantener un determinado nivel de inventario.

(Mora, 2011, p. 234) Establece este costo como la suma de “el costo de oportunidad del dinero invertido en ellos, el costo del almacenamiento físico (renta, calefacción, iluminación, refrigeración, conservación de registros, seguridad, entre otros), depreciación, impuestos, seguros y deterioro y obsolescencia de los productos. Este costo debe expresarse en función de tiempo”.

## 7. CONTENIDO DEL INFORME

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS

ORIENTADORAS

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. PILAS DE ZINC-CARBÓN
  - 1.1. Características generales
  - 1.2. Química
  - 1.3. Tipos de pilas zinc-carbón
  - 1.4. Componentes
  - 1.5. Características de desempeño
  - 1.6. Tipos y tamaños de pilas disponibles
  
2. SISTEMA DE PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN
  - 2.1. Sistemas de producción
    - 2.1.1. Sistemas de empuje (*push*)
    - 2.1.2. Sistemas de tracción (*pull*)
  - 2.2. Plan de producción
  - 2.3. Sistema de planeación de la producción
  - 2.4. Planeación jerárquica

- 2.5. Planeación agregada
- 2.6. Plan maestro de producción
  
- 3. SISTEMAS DE PLANEACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE MATERIALES
  - 3.1. Aplicaciones del MRP
  - 3.2. Estructura de un sistema MRP
    - 3.2.1. Lista de materiales
    - 3.2.2. Registro o estado de inventario
    - 3.2.3. Tiempo de entrega o LEAD para componentes
    - 3.2.4. Plazo de horizonte de planeación
    - 3.2.5. Salidas del sistema MRP
  - 3.3. Funcionamiento, registro y ejecución del sistema MRP
    - 3.3.1. Demandas de un MRP
    - 3.3.2. Incertidumbre
    - 3.3.3. *Stock* de seguridad
    - 3.3.4. Tiempos de seguridad
    - 3.3.5. Tolerancia por desperdicio
    - 3.3.6. Integridad de los datos
  - 3.4. Ventajas del sistema MRP
  
- 4. GESTIÓN DE INVENTARIOS
  - 4.1. Inventarios
    - 4.1.1. Tipos de inventarios
  - 4.2. Métodos para control de inventarios
    - 4.2.1. Método de control de inventario ABC
    - 4.2.2. Pronóstico de venta
    - 4.2.3. Presupuesto de venta
      - 4.2.3.1. Presupuesto de producción

- 4.2.3.2. Presupuesto de compras
    - 4.2.4. Método de valuación de inventarios
      - 4.2.4.1. Método PEPS
      - 4.2.4.2. Método UEPS
      - 4.2.4.3. Método promedio ponderado
  - 4.3. Costos de inventario
    - 4.3.1. Costo por manejo de inventarios
    - 4.3.2. Costo por falta de existencia
    - 4.3.3. Costo por almacenaje
- 5. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN
  - 5.1. Diagnóstico de la situación actual del control de inventarios
  - 5.2. Descripción de las deficiencias en los indicadores del control de inventarios
  - 5.3. Determinación de la explosión de materiales para la línea de producción D
  - 5.4. Diseño de un sistema de requisición de materiales para el proceso
- 6. ENSAYO DE SOLUCIÓN
  - 6.1. Integración del sistema de requisición de materiales MRP con el programa de producción
  - 6.2. Generación del sistema de órdenes de requisición automáticas
  - 6.3. Determinación de la reducción de la variación en el conteo mensual de materiales
  - 6.4. Presentación de resultados
  - 6.5. Discusión de resultados

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

## 8. DEFINICIÓN DE VARIABLES

Se dan a conocer las definiciones de las variables que están ligadas a esta investigación.

Tabla III. **Clasificación de las variables en la investigación**

Definición conceptual	Definición operacional	Unidad de medida	Método	Técnica	Instrumento
Variable independiente - Implementación del MRP II –					
La implementación del sistema MRP II	La variable independiente se medirá de dos maneras, como la ausencia o presencia del sistema MRP II	Presencia/ Ausencia	Analítico/ Estadístico	Simulación del programa/ Análisis estadístico	Excel y SAP/ Tendencias
Variable dependiente - Costo de almacenamiento -					
Valor monetario del espacio ocupado y los recursos involucrados en el almacenamiento	Se sumarán todos los costos del almacenamiento, incluido el costo de oportunidad por el espacio ocupado	Dólar	Histórico/ Analítico/ Documental	Análisis contable/ Observación Indirecta/ Lectura	Cuentas contables/ Documentos históricos digitales y físicos/ SAP/ Entrevista no estructurada

Continuación de la tabla III.

Definición conceptual	Definición operacional	Unidad de medida	Método	Técnica	Instrumento
Variable dependiente - Costo de mantenimiento -					
Valor monetario del mantenimiento y manejo de los productos en inventario	Se incluirá el costo de los recursos para el manejo del inventario y el costo de las pérdidas de materiales	Dólar	Histórico/ Analítico/ Documental	Análisis contable/ Observación Indirecta/ Lectura	Cuentas contables/ Documentos históricos digitales y físicos/ SAP/ Entrevista no estructurada
Variable dependiente - Costo de pedido -					
Valor monetario de ordenar producto	El costo total involucrado en la colocación de pedidos de materiales	Dólar	Histórico/ Analítico/ Documental	Análisis contable/ Observación Indirecta/ Lectura	Cuentas contables/ Documentos históricos digitales y físicos/ SAP/ Entrevista no estructurada
Variable dependiente - Productividad -					
Relación entre la producción obtenida y los recursos empleados	Se sumará el tiempo total involucrado en la requisición de materiales de los supervisores y el costo promedio por hora de los mismos	Tiempo / Dólar	Analítico/ Documental	Observación directa/ Estudio de tiempos/ Diagramas/ Análisis contable	Diagrama de procesos/ Medición de tiempos/ Análisis de costos

Continuación de la tabla III.

<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Método</b>	<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>
Variable dependiente - Control de inventarios -					
Proceso de adoptar procedimiento para limitar el costo total del inventario	La variación entre el inventario físico y el inventario proporcionado por el sistema	Dólar / Valor total del inventario	Análítico/ Documental	Observación directa / Análisis Contable / Diagrama	Cuenta contable / Registro histórico de inventarios / Histograma

Fuente: elaboración propia.



## **9. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

El enfoque que se empleará en la investigación será de tipo mixto, tanto cualitativo como cuantitativo, porque los datos que se obtendrán corresponden a ambos tipos.

En el caso del enfoque cualitativo será necesario, debido a que inicialmente se analizará la situación actual, así también características de la empresa que permitan determinar la forma en que debe ser implementado el proyecto.

Esta etapa de análisis inicial también estará amarrada al enfoque cuantitativo, como parte del análisis de la empresa es necesario tener una medida comparativa que permita, luego de haber implementado el proyecto, se puedan medir los resultados de este y el impacto positivo o negativo que pueda tener.

Debido a que la implementación de este sistema busca mejoras en los costos de inventario y en la productividad de la planta será necesario el enfoque cuantitativo para la recolección e interpretación de estos datos.

En cuanto a los alcances, la investigación abarcará dos tipos: exploratorio y descriptivo. La primera etapa exploratoria, en Guatemala, de la investigación consistirá en la búsqueda de bibliografías que permitan comprender como este sistema fue aplicado en otras empresas y que características tienen en común con la empresa donde se implementará el proyecto.

En cuanto a la etapa descriptiva será necesario la observación y obtención de datos de la situación actual de la empresa como punto de partida para el pilotaje, se pretende describir las características cuantitativas y cualitativas del fenómeno de estudio. En la fase de ejecución se pretende describir la relación del control de inventarios y la reducción en la variación del conteo de materiales.

En términos de las fuentes de información a que se acudirá será una investigación documental y de campo. En la primera etapa se hará acopio de información bibliográfica, estos conocimientos previos publicados permitirán sentar las bases para el estudio. En la segunda etapa, el trabajo de campo, la información necesaria del fenómeno de estudio será obtenida de manera directa en la empresa.

El tipo de estudio de acuerdo a su propósito se clasifica como una investigación activa porque la implementación del sistema MRP II está dirigida a mejorar el control de inventario e incrementar la productividad en el proceso particular de la fabricación de pilas.

El período de aplicación para la investigación será longitudinal porque la información del fenómeno será recopilado en dos momentos del tiempo, previo y posterior a la implementación del sistema.

La investigación abarcará dos áreas de estudio, debido a que se pretende que la implementación del proyecto genere beneficios en ambas. La primera es el área de logística, más concretamente el control y gestión de inventarios, el sistema pretende a través de la centralización de la información un mejor manejo de los inventarios, lo que a su vez busca reducir los costos implicados en esto.

La segunda área de estudio es la productividad, el sistema procura eliminar el procedimiento de requisición de materiales por parte de los supervisores para que puedan emplear ese tiempo en otras tareas que si agreguen valor al proceso, así como reducir el impacto del error humano en la solicitud de materiales.

El área de estudio será en la planta de manufactura de la empresa Rayovac Guatemala, S. A., ubicada en la 28 avenida A lote 2 finca San Rafael zona 6 Guatemala. Se estudiará la línea de producción de pilas tamaño D conformada por el departamento de mezclas, extrusión, impregnadora y cortadora de papel, máquinas básicas, ensamble y asfalto, cerradoras, empaque de producto terminado y bodega.

Para llevar a cabo la recolección de datos será necesario utilizar el método documental, el método analítico, el método estadístico, el método histórico y el método deductivo.

El método documental a emplearse en la investigación permitirá en la primera fase recopilar la información necesaria de fuentes secundarias, textos o documentos digitales y físicos, para fundamentarse en conocimientos previos ya conocidos y en la etapa de trabajo de campo la información documental del estado de la empresa, nivel de inventario, costos de inventario, frecuencia de pedidos, costo por pedido, tiempos de entrega de proveedores, etc.

El método deductivo permitirá fundamentar la investigación y establecer las bases del estudio yendo de la teoría general a un determinado caso particular.

El método histórico permitirá la búsqueda y análisis de antecedentes, los antecedentes a obtener serán acerca del sistema MRP II aplicado a empresas similares y los históricos de la empresa para el análisis de la situación actual.

El método analítico será empleado al momento de estudiar la bibliografía acerca del MRP, además será muy útil cuando se proceda a la investigación de campo. En esta segunda etapa permitirá analizar las observaciones que se realicen previos al pilotaje con el fin de poder conocer la situación actual de la empresa y poder tener una mayor claridad de que será posible alcanzar con la implementación del proyecto. En la fase final del análisis de datos permitirá establecer conclusiones y determinar correlaciones, si las hay, entre la implementación del sistema y la reducción de costos y aumento de productividad.

En cuanto al método estadístico será empleado durante la fase previa y de implementación del MRP, para poder establecer la demanda independiente y comprender si existen tendencias y/o estacionalidades que deban ser consideradas para asegurarse el correcto funcionamiento del sistema.

### **9.1. Diseño de la investigación**

El procedimiento para la implementación del proyecto consiste en recolectar información histórica que permita sentar el punto de partida para el proyecto. Esta información contempla variaciones de inventario, quiebres de inventario, demanda histórica, etc. Para esto será necesario consultar fuentes primarias como personal de la empresa a través de entrevistas no estructuradas y fuentes secundarias documentales.

Tabla IV. **Métodos, técnicas e instrumentos fase 1**

<b>Método(s)</b>	<b>Técnica(s)</b>	<b>Instrumento(s)</b>
Método analítico	Lectura	Fichaje
Método sintético	Fichaje	Comprensión
Método histórico	Fuentes primarias y	Resumen
Método documental	secundarias	Cuadros sinópticos

Fuente: elaboración propia.

## **9.2. Análisis situacional del control de inventarios e indicadores**

Posteriormente, será necesario analizar la situación actual de la empresa y diagnosticarla, para esto será necesario el uso de los datos recopilados anteriormente y el uso de un diagrama de Pareto para encontrar los factores que afectan en mayor proporción a los costos inventario.

Para calcular los costos de inventario es necesario tener establecido el valor total de estos, para lo cual será necesario el uso de observación directa y documentación digital. Además se establecerá el costo por hora de los supervisores y el tiempo que toma la requisición de materiales.

Seguidamente, analizar el *BOM* de la pila D y las etapas del proceso productivo, es necesario para la posterior creación del MRP el tener los datos exactos de materiales involucrados en la manufactura de la pila y el uso para generar puntos de reorden más precisos y mantener niveles de inventario óptimos. Además para un análisis más sencillo se dividirá la manufactura de la pila por fases y se clasificarán los materiales en cada una. Para llevar a cabo

esto es necesaria la observación directa y la información digital obtenida de *SAP*.

Tabla V. **Métodos, técnicas e instrumentos fase 2**

<b>Método(s)</b>	<b>Técnica(s)</b>	<b>Instrumento(s)</b>
Método analítico	Lectura	Comprensión
Método sintético	Fichaje	Resumen
Método histórico	Fuentes primarias	Cuadros sinópticos
Método deductivo	Matemática	Cuentas contables
	Análisis contable	Fórmulas de costos

Fuente: elaboración propia.

### **9.3. Diseño del sistema de requisición de materiales MRP II**

Elaboración del formato de plan maestro de producción para generar las necesidades de materiales, cantidades y salidas de producto terminado. Será necesario el uso de Excel y entrevistas no estructuradas con el personal de compras, manufactura y logística para establecer sus necesidades y que puedan ser cubiertas con el plan maestro de producción.

Creación del sistema MRP, para esto se hará uso de *SAP* y de Excel, además será necesaria la observación directa y la entrevista no estructurada con el supervisor de bodega, compras e importación para establecer las necesidades de bodega y tener tiempos de entrega de los proveedores, para esto último también será necesaria la recopilación de información histórica de fechas de pedidos y entrega de materiales.

Tabla VI. **Métodos, técnicas e instrumentos fase 3**

<b>Método(s)</b>	<b>Técnica(s)</b>	<b>Instrumento(s)</b>
Método analítico	Lectura	Resumen
Método sintético	Fichaje	Cuadros sinópticos
Método histórico	Matemática	Cuentas contables
Método deductivo	Análisis contable	Fórmulas de costos

Fuente: elaboración propia.

#### **9.4. Integración del sistema MRP II con el programa de producción y con la generación de órdenes**

Por último se debe integrar el MRP con el plan diario de producción y a través del uso de Excel, la creación de órdenes de requisición de materiales automáticas a través del MRP basadas en las necesidades diarias de producción. En esta etapa de la implementación del plan piloto será necesaria la observación directa y participativa con el fin de encontrar puntos débiles del sistema y poder mejorarlos.

En esta etapa se empleará el método deductivo, será necesario partir de la teoría general al caso específico de la empresa Rayovac Guatemala. En cuanto a las herramientas a emplearse estará el uso de Excel, el cuaderno de notas y el uso de diagramas como el de proceso para estandarizar el procedimiento del sistema.

Tabla VII. **Métodos, técnicas e instrumentos fase 4**

<b>Método(s)</b>	<b>Técnica(s)</b>	<b>Instrumento(s)</b>
Método analítico	Observación directa	Diagrama de procesos
Método deductivo	Observación participativa	Diagrama de Ishikawa Diagrama FODA

Fuente: elaboración propia.

### 9.5. Evaluación de cumplimiento de objetivos

En la última etapa del procedimiento se procederá a recopilar los resultados obtenidos durante la implementación, para esto será necesario el uso del método inductivo porque se pretende que en esta prueba piloto se cimenten las bases para luego replicar la implementación en las demás áreas de la empresa. Además será necesario el uso del juicio crítico para establecer conclusiones del proyecto.

Tabla VIII. **Métodos, técnicas e instrumentos fase 5**

<b>Método(s)</b>	<b>Técnica(s)</b>	<b>Instrumento(s)</b>
Método analítico	Observación directa	Análisis comparativo
Método inductivo	Análisis de resultados	

Fuente: elaboración propia.

## **10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN**

El estudio tiene dos fases, la fase de investigación teórica y la investigación de campo. Debido a esto es necesario emplear un conjunto de técnicas distintas para cada una de las dos fases.

### **10.1. Técnicas de investigación**

En la fase de investigación teórica será necesaria una exhaustiva investigación de la bibliografía, deberán ser consultadas fuentes secundarias. El fin será el de recopilar la mayor información posible que le permita al investigador fundamentar su estudio de investigación y complementar su propia experiencia. Serán consultadas fuentes bibliográficas digitales y físicas que incluyen tesis, libros, revistas, páginas web, etc.

Las técnicas empleadas que permitirán esto serán la lectura, el subrayado, las notas al margen y los resúmenes. Los instrumentos a utilizarse serán fichas de trabajo de cita textual, de resumen, de traducción y de información electrónica.

La observación directa será fundamental para comprender el fenómeno del estudio y cómo se comporta, además permitirá identificar las características del mismo.

Será necesaria la observación indirecta, esta permitirá analizar hechos pasados a fin de poder construir modelos y proyectarlos al futuro. Será necesaria la recopilación de información a través de documentos de la empresa

que la misma proporcione, entre estos se encuentran registros históricos, archivos digitales como documentos de Word, PowerPoint y Excel y datos del sistema SAP.

El uso de técnicas estadísticas será necesario, entre estas estarán: la media, la frecuencia, desviación estándar, análisis de tendencias, medias móviles y el alisado de datos. El uso de análisis situacional a través de instrumentos como gráficas como histogramas, de barras, de dispersión y de Pareto. Además será necesario el uso del análisis contable para el cual será necesario el uso de instrumentos como la cuenta, libros contables, SAP y cuaderno de notas. La entrevista no estructurada será útil para conocer las necesidades que debe suplir el proyecto dentro del trabajo diario de las personas afectadas por su implementación.

## **10.2. Tabulación de datos**

Para llevar a cabo la tabulación y análisis de datos será necesario emplear Excel para poder construir tablas y gráficas. Los datos que se pretende recopilar contemplan costos, variaciones de inventarios, pérdidas por materiales, quiebres de inventario, niveles de inventario, pronósticos y demanda, tiempos productivos, etc. Para luego proceder a analizarlos a través de técnicas estadísticas.

Las técnicas estadísticas de pronósticos permitirán comprender la demanda lo mejor posible, para poder llevar a cabo predicciones certeras que ayuden a que el sistema MRP sea funcional.

### **10.3. Interpretación de datos**

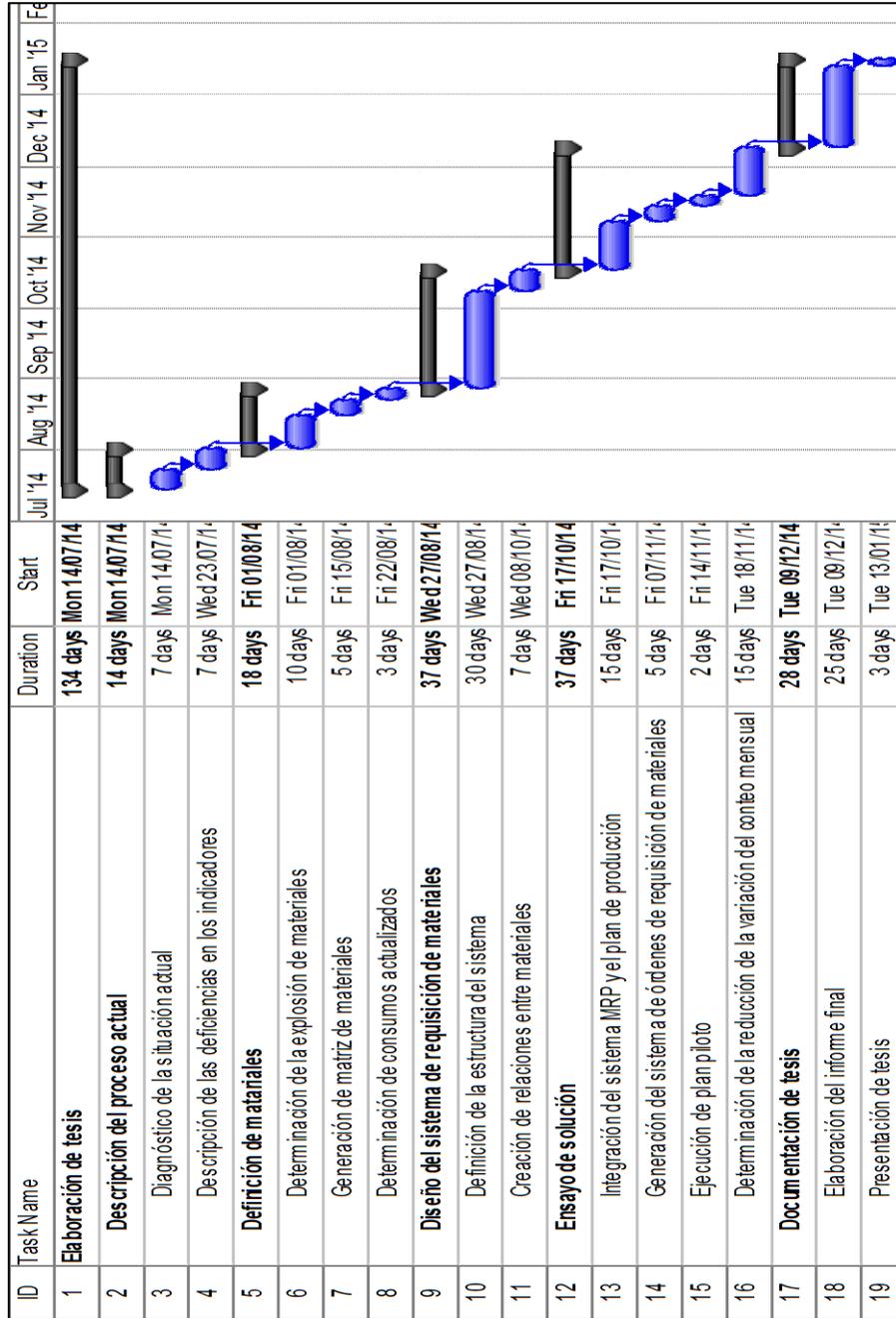
Los datos obtenidos a través de las técnicas de investigación y procesados a través de la tabulación deberán ser interpretados posteriormente. Los datos obtenidos serán representados en gráficas de Pareto, histogramas, diagramas de dispersión y diagramas de Ishikawa.

Estos diagramas permitirán realizar un análisis inicial de la empresa para conocer las debilidades y fortalezas de ésta, para estos datos el investigador procederá a utilizar el método inductivo junto con las técnicas antes mencionadas para interpretar la información cualitativa obtenida.

Gráficas de regresión, además serán interpretadas las entrevistas no estructuradas a través de gráficos de pastel. Será aplicado un juicio crítico razonado, basándose en los resultados tabulados y respaldado por los datos obtenidos. Para la interpretación de datos del tipo cuantitativo será necesario el método deductivo y el analítico, se deberán tabular los datos obtenidos y a través del uso de fórmulas contables y cálculos matemáticos interpretar estos datos.



## 11. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES





## **12. FACTIBILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

Se establece en esta sección la factibilidad de la investigación acorde a los recursos necesitados.

### **12.1. Recursos humanos**

Un investigador y analista de campo que labore durante dos horas diarias posterior a la jornada de trabajo. Debe poseer un año mínimo de experiencia en planeación. Estudios universitarios a nivel de maestría en gestión industrial. Con conocimientos avanzados en el uso de paquetes de Office, especialmente Excel. Ser una persona metódica, ingeniosa, analítica, responsable, dedicada y enfocada en los resultados.

Un encargado de materiales con un año mínimo de experiencia. Graduado a nivel de licenciatura en el área de ingeniería. Conocimientos de MRP, SAP y nivel avanzado de Excel. Debe ser ordenado, metódico, ingenioso, responsable, proactivo y analítico.

Un encargado de compras con diez años de experiencia mínima en el puesto. Conocimientos en el uso de Excel. Altas habilidades de negociación con proveedores.

Un supervisor de bodega con un año de experiencia en el puesto. Graduado a nivel de licenciatura en el área de ingeniería. Conocimientos en SAP, Excel, técnicas justo a tiempo y manejo de inventarios. Ser una persona ordenada, responsable y metódica.

Un supervisor encargado del área del plan piloto. Experiencia mínima de un año en el puesto. Conocimientos en producción y manejo de materiales justo a tiempo. Ser una persona proactiva, deductiva, inductiva, ingeniosa y analítica.

Un asesor con cinco años mínimos de experiencia en planeación u operaciones. Graduado a nivel de licenciatura en el área de ingeniería con maestría en gestión o similares. Conocimientos avanzados en el uso de Excel, SAP, MRP, producción, planeación, operaciones y gestión de inventarios. Ser una persona proactiva, ingeniosa, metódica, responsable, deductiva, inductiva, analítico, dotes para la inferencia y habilidades para gestionar información.

Tabla IX. **Recursos físicos**

<b>Cantidad</b>	<b>Concepto</b>
3	Oficinas de 4*5 m
1	Planta de producción de pilas
4	Escritorio ejecutivo
1	Sala de conferencias
1	Mesa de conferencia de 4 sillas
1	Mesa de conferencia de 8 sillas
4	Sillas ejecutivas
12	Sillas para mesas de conferencia

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Recursos tecnológicos**

Cantidad	Concepto
1	Computadora personal de 250 GB, Intel Core i5 de 3ra generación de 1.70 Ghz, 6 Gb DDR3 de memoria RAM. Pantalla de 17", un puerto USB 2.0 y dos puertos USB 3.0, HD-DVD-ROM. Windows 8 y paquete de Office 2007 o superior instalado.
1	Cámara fotográfica de 13.1 MP o superior
1	Calculadora portátil
1	Impresora multifuncional a color Canon Epson mP-1200
1	Impresora a color Canon Epson iP-1100
1	Retroproyector

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Recursos materiales**

<b>Cantidad</b>	<b>Concepto</b>
5	Resmas de papel bond blanco de 80 g tamaño carta
25	Lapiceros de color negro
5	Resaltadores color verde
4	Cartuchos de tinta Canon magenta
4	Cartuchos de tinta Canon amarillo
4	Cartuchos de tinta Canon cian
4	Cartuchos de tinta Canon negra
5	Lápices
2	Borradores
1	Sacapuntas

Fuente: elaboración propia.

## 12.2. Fuentes de financiamiento

Debido a que se cuenta con el apoyo de la empresa para llevar a cabo el proyecto, esta prestará sus instalaciones, equipo de oficina, equipo de cómputo y personal necesario para su realización. De esta manera el investigador no debe correr con esos gastos. En la tabla XII se encuentran los gastos en los que incurrirá el investigador para el proyecto.

Tabla XII. Recursos financieros

Cantidad unidades	Tiempo meses	Concepto*	Precio/ unidad/ tiempo	Total parcial
1	12	Asesor	Q 208,33	Q 2 500,00
1	12	Computadora personal Acer	Q 166,67	Q 2 000,00
1	12	Impresora multifuncional a color	Q 25,00	Q 300,00
5		Resmas de papel bond blanco de 80g tamaño carta	Q 60,00	Q 300,00
25		Lapiceros	Q 1,50	Q 37,50
5		Resaltadores	Q 2,75	Q 13,75
2		Cartuchos de tinta Canon magenta	Q 190,00	Q 380,00
2		Cartuchos de tinta Canon amarillo	Q 190,00	Q 380,00
2		Cartuchos de tinta Canon cian	Q 190,00	Q 380,00
2		Cartuchos de tinta Canon negra	Q 160,00	Q 320,00
5		Lápices	Q 1,00	Q 5,00
2		Borradores	Q 2,00	Q 4,00
1		Sacapuntas	Q 2,00	Q 2,00
<b>TOTAL</b>				<b>Q 6 622,25</b>

Fuente: elaboración propia.



### 13. BIBLIOGRAFÍA

1. Agapito, L. (2011). *Propuesta para Mejorar el Nivel de Servicio de los Centros de Distribución en una Empresa Embotelladora*. Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional, México.
2. Alma, A. (2005). *MRP II Evolución y Desarrollo*. Monografía, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
3. Arcila, J. y Puerta, L. (2005). *Diseño de políticas de inventarios para la empresa Agrocol S.A.* Monografía, Universidad de Medellín, Colombia.
4. Bernal, A. & Duarte, N. (2004). *Implementación de un Modelo MRP en una Planta de Autopartes en Bogotá, Caso Sauto LTDA*. Proyecto de investigación, Pontificia Universidad Javeriana, Colombia.
5. Godoy, R. (2010). *Método del promedio ponderado*. Recuperado en 25 de noviembre del 2013, de <http://www.gerencie.com/metodo-del-promedio-ponderado.html>. Universidad de la Salle, Costa Rica.
6. Gutiérrez, M. (2009). *Rediseño de Procesos del Sistema de Planificación y Control de la Producción de la Industria de Ingeniería-bajo-pedido Basado en las Tecnologías de Información*. Tesis de doctorado, Universidad Politécnica de Madrid, España.

7. Huertas, D. (2011). *Implementación de un Programa de Factores Críticos de Éxito (CFS) e Indicadores Clave de Desempeño (KPI) para Evaluar la Eficiencia en una Planta de Producción de Tortas de Carne*. Tesis, USAC, Guatemala.
8. Izaguirre, E. (2007). *Estudio, Análisis y Propuesta para Reducir el Desperdicio de Pilas Zinc Carbón en Rayovac Spectrum Brands*. Tesis, USAC, Guatemala.
9. Koskela, L. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction*. VTT, Finlandia.
10. López, J. (2007). *Control Óptimo de Sistemas de Inventarios con Costo Promedio*. Tesis, Universidad de Sonora, México.
11. Medina, A., Nogueira, D. & Negrín, E. (2002). *El Sistema MRP*. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, Cuba.
12. Miranda, L. (2004). *Desarrollo de un Método para Programar la Producción en una Industria Manufacturera de Velas Aromáticas, Basado en MRP II*. Tesis, USAC, Guatemala.
13. Mora, L. (2008). *Indicadores de la Gestión Logística*. ECOE. Colombia.
14. Mora, L. (2011). *Gestión Logística en Centros de Distribución, Bodegas y Almacenes*. ECOE. Colombia.
15. Nahmias, S. (2005). *Análisis de la producción y las operaciones*. CECSA. 2ª. Ed. México.

16. Narasimhan, Sim, et al. (1996). *Planeación de la producción y control de inventarios*. Pearson Prentice Hall, México.
17. Ordinola, A. (2008). *Análisis, diagnóstico y propuesta de mejora del sistema de planeamiento y control de operaciones de una empresa del sector pecuario*. Tesis, Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú.
18. Vidal, R. (s.f.). *Sistemas de producción*. Universidad Austral de Chile, Chile.
19. Womack, J. y Jones, D. (2005). *Lean Thinking*. Gestión 2000, España.
20. Zornosa, L. (2004). *Sistemas MRP*. Recuperado el 20 de Noviembre del 2013, de <http://www.gestiopolis.com/canales2/gerencia/1/mrp.htm>.

