



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

**ESTUDIO, ANÁLISIS Y PROPUESTA PARA REDUCIR EL  
DESPERDICIO DE PILAS ZINC CARBÓN EN RAYOVAC  
SPECTRUM BRANDS**

**Edgardo Esteban Izaguirre Rosales**

Asesorado por: Inga. Sigrid Alitza Calderón De de León

Guatemala, octubre de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO, ANÁLISIS Y PROPUESTA PARA REDUCIR EL  
DESPERDICIO DE PILAS ZINC CARBÓN EN RAYOVAC  
SPECTRUM BRANDS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**EDGARDO ESTEBAN IZAGUIRRE ROSALES**  
ASESORADO POR: INGA. SIGRID ALITZA CALDERÓN DE DE LEÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Angel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson.
EXAMINADOR	Ing. José Vicente Guzmán Shaul
EXAMINADOR	Ing. Cesar Augusto Akú Castillo
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

### **ESTUDIO, ANÁLISIS Y PROPUESTA PARA REDUCIR EL DESPERDICIO DE PILAS ZINC CARBÓN EN RAYOVAC SPECTRUM BRANDS,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, el 16 de mayo de 2006.

Edgardo Esteban Izaguirre Rosales.

## **DEDICATORIA A:**

- Dios** Ser supremo que me ha acompañado desde antes del comienzo de mi carrera, y agradezco no sólo por estar aquí el día de hoy, sino por cada uno de esos pequeños instantes que estuvo allí para poder llegar hasta aquí y por la sabiduría que obtengo de Él.
- Mis padres** Por darme ese ejemplo de lucha, dedicación, sencillez, ternura y esperanza de poder luchar por mis sueños. Gracias por iniciar todo esto hace ya 26 años, ante todo gracias por sus sacrificios y entrega a sus hijos.
- Mi esposa** Anamaria, por apoyarme y estar conmigo en los momentos más trascendentales de mi vida, por darme aliento para seguir adelante y creer en mí, por disfrutar y alegrarse por mis sueños, tomándolos como que también son sueños tuyos.
- Mis hermanos** Vickita y Alejandro, por estar conmigo y creer en mí.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

- Dios** Por apoyarme
- Mi asesora** Inga. Sigrid Calderón, por sus enseñanzas, su tiempo y dedicación para poder llevar a cabo esta investigación.
- Mis amigos** Marco Antonio, Marvin, Edwin, Mario, Luis Fernando, Javier, Marlene, Werner, Diego, María José y todos aquellos que en algún momento estuvieron para darme un empujón y seguir adelante.
- Mi abuelo** Oscar Izaguirre, por compartir su sueño conmigo.
- Mis jefes** Luis Escobar, Ronald Velásquez, Mario Aguilar, por apoyarme y aconsejarme
- La Facultad de Ingeniería**  
Gracias por albergarme desde el primer día, y prepararme para toda la vida
- Rayovac Guatemala, S.A.**  
Por permitirme realizar esta investigación.
- Mi patria Guatemala**  
Donde me siento orgulloso de haber nacido

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b> .....	V
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b> .....	IX
<b>GLOSARIO</b> .....	XI
<b>RESUMEN</b> .....	XIII
<b>OBJETIVOS</b> .....	XV
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	XVII
<b>1. ASPECTOS GENERALES DE RAYOVAC GUATEMALA</b> .....	1
1.1 Historia y antecedentes de la empresa.....	1
1.2 Ubicación.....	1
1.3 Estructura organizacional.....	3
1.3.1 Visión, misión y valores.....	4
1.4 Departamento de Producción.....	5
<b>2. ANÁLISIS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN, ENSAMBLE Y EMPAQUE</b> .....	7
2.1 Diagnóstico de la situación actual.....	7
2.1.1 Análisis FODA.....	7
2.2 Descripción del proceso de producción de la pila, en los distintos departamentos.....	9
2.2.1 Materiales utilizados para la elaboración de la pila.....	20
2.2.2 Maquinaria empleada para la elaboración de la pila.....	23
2.2.3 Etapas de la elaboración de la pila.....	26
2.2.4 Transportación de la pila.....	27
2.2.5 Almacenamiento de la pila.....	28

2.3	Conocimiento de la pila.....	28
2.3.1	Materiales que la conforman.....	29
2.3.2	Cómo reaccionan los materiales.....	30
2.3.3	Aislamiento de los materiales para su buen funcionamiento.....	31
2.4	Histograma de los reportes de producción relacionados con el desperdicio de pila.....	32
2.4.1	Porcentaje de desperdicio por departamento.....	34
2.5	Estudio de defectos en la pila.....	35
2.5.1	Recopilación de Información.....	35
2.5.1.1	Recepción de datos de los distintos departamentos del desperdicio generado por máquina.....	36
2.5.1.2	Muestreos estadísticos de los distintos defectos que tiene la pila, que generan pérdida en el proceso.....	37
2.5.1.3	Principales causas que generan los distintos defectos en la pila.....	39
2.5.1.4	Entrevistas a los operadores y supervisores de los principales defectos en la pila y las causas que lo provocan, para obtener la información necesaria..	40
2.5.2	Análisis de datos obtenidos.....	42
2.5.3	Análisis de las operaciones que generan el mayor porcentaje de desperdicio.....	43
2.5.3.1	Diagrama de Pareto.....	44
2.5.3.2	Interpretación del Diagrama de Pareto.....	46
2.5.4	Determinación de las causas raíces que generan el desperdicio.....	46
2.5.5	Determinación de puntos críticos y cuellos de botella....	48



2.6	Estudio y análisis de derrame.....	48
2.6.1	Materiales que reaccionan de forma desfavorable por tener contacto directo con otros materiales.....	49
2.6.2	Recolección de información de las principales causas de derrame en la pila.....	50
2.6.3	Muestreo estadístico de pilas derramadas para determinar sus defectos.....	50
2.6.4	Diagrama de Pareto de las causas de derrame.....	52
2.6.5	Interpretación de resultados.....	54
2.7	Análisis estadísticos de límites y gráficos de control.....	54
2.7.1	Cálculos preliminares.....	55
2.7.2	Recopilación de información en reportes y fuentes directas	53
2.7.3	Cálculo de límites para el proceso requerido.....	56
2.7.4	Diagramación de límites determinados.....	58
2.7.5	Implementación de resultados.....	61
<b>3</b>	<b>PROPUESTA PARA LA REDUCCIÓN DEL DESPERDICIO DE PILA.</b>	<b>63</b>
3.1	Análisis de los resultados obtenidos.....	63
3.2	Propuesta para la reducción de defectos que generan el desperdicio de pila en el proceso.....	64
3.2.1	Propuesta para el proceso de inspección de la pila.....	65
3.2.2	Propuesta para la identificación de la maquinaria que está provocando los defectos en la pila.....	66
3.2.3	Propuesta para la identificación de las causas que generan el desperdicio.....	66
3.2.4	Propuesta de formato que indique la cantidad de desperdicio generado.....	67
3.2.4.1	Por máquina.....	67
3.2.4.2	Por departamento.....	68
3.2.4.3	General.....	69

3.2.5 Propuesta de porcentaje máximo de desperdicio permitido.....	70
3.2.5.1 Por máquina.....	71
3.2.5.2 Por departamento.....	72
3.2.5.3 General.....	73
3.3 Propuesta para la disminución de derrame en la pila.....	74
3.4 Propuesta para la implementación de fijación de objetivos por departamento.....	77
3.5 Implementación de la reducción de las principales causas de defectos que generan el desperdicio en el proceso de la pila...	79
3.6 Análisis de la implementación de la disminución de costos por la reducción del desperdicio (lo planificado frente a lo real).....	81
<b>4 ELABORACIÓN DE MANUALES QUE BRINDEN MEJORAS A LA REDUCCIÓN DEL DESPERDICIO.....</b>	<b>85</b>
4.1 Manual para medir el desperdicio en cualquier parte del proceso.....	85
4.2 Manual para reconocer los principales defectos de la pila que generan desperdicio.....	87
4.3 Manual de materiales que provocan derrame en la pila por ser corrosivos.....	89
4.4 Manual de materiales que conforman la pila, que no pueden tener contacto directo entre ellos porque generan desperdicio..	90
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>91</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>93</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>95</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>97</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1	Plano de la planta.....	2
2	Organigrama de la empresa.....	3
3	Partes de la pila.....	6
4	Departamento de extrusión.....	11
5	Departamento de mezclas.....	13
6	Departamento de las básicas.....	15
7	Departamento de ensamble.....	17
8	Departamento de empaque.....	18
9	Diagrama de flujo del proceso.....	19
10	Vale de requisición de materiales.....	21
11	Histograma de los reportes de producción.....	33
12	Histograma del porcentaje de desperdicio durante el 2006.....	34
13	Principales defectos encontrados en la pila por muestreos.....	39
14	Diagrama de Pareto de los defectos de la pila en el proceso...	45
15	Diagrama de Pareto de causas que provocan derrame en la pila.....	53
16	Límites de extrusión.....	58
17	Límites de las básicas.....	59
18	Límites de ensamble.....	60
19	Límites de empaque.....	61
20	Desperdicio máximo permitido por departamento.....	73
21	Comparación de <i>pinch off</i> frente a sierra.....	75
22	Comparación de sensores foto celda frente a fibra óptica.....	76

23	Peso ideal de mezcla en la pila.....	77
24	Comparación de radios que disminuya la arruga.....	79
25	Implementación de mejoras al proceso.....	81
26	Comparación de desperdicio frente a mejorado.....	82

## TABLAS

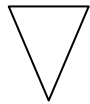
I.	Diagnóstico FODA del proceso de producción.....	8
II.	Conocimiento de materiales que conforman la pila.....	29
III.	Defectos encontrados que generan pérdidas.....	38
IV.	Explicación de las principales causas de desperdicio.....	41
V.	Información para graficar Diagrama de Pareto.....	45
VI.	Conocimiento de los defectos que provocan derrame en la pila...	51
VII.	Información para graficar Diagrama de Pareto.....	52
VIII.	Desperdicio por departamento en el 2005.....	55
IX.	Formato de desperdicio por máquina.....	68
X.	Formato de desperdicio por departamento.....	69
XI.	Formato desperdicio general.....	70
XII.	Desperdicio máximo permitido por máquina.....	71
XIII.	Desperdicio máximo permitido por departamento.....	72
XIV.	Comparación de costos.....	83
XV.	Manual de medición del desperdicio.....	86
XVI.	Manual de principales defectos y causas del desperdicio.....	87
XVII.	Manual de materiales corrosivos.....	88
XVIII.	Manual de materiales que no pueden tener contacto directo...	90

XIX.	Funciones que desempeñan cada uno de los materiales.....	97
XX.	Resumen de los defectos en los que se puede recuperar la pila.....	99
XXI.	Defectos que generan pérdidas en las distintas inspecciones...	100
XXII.	Resumen de las causas que provocan el rechazo eléctrico....	101



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>MP</b>	Materia Prima
<b>PT</b>	Producto terminado
<b>LCS</b>	Límite de control superior
<b>LIC</b>	Límite inferior de control
<b>P</b>	Porcentaje de desperdicio
<b>N</b>	Número total de pilas



Almacenamiento



Operación



Transporte



Inspección





## GLOSARIO

<b>Corto</b>	Cuando la pila sufre una descarga eléctrica y pierde sus propiedades
<b>Domeado</b>	Doble que se le hace a la pila para poder soportar otro material encima.
<b>Manganeso</b>	Materiales naturales con propiedades, las cuales sirven para generar la carga positiva en la pila.
<b>Myca</b>	Grasa que sirve para que la ficha de zinc resbale mejor.
<b>Roldana</b>	Papel de cartón que se encuentra dentro de la pila y sirve de separador entre materiales de la pila.
<b>Semipila</b>	Pila con las capacidades para ser usada, que no tiene la forma adecuada para ser vendida en el mercado.



## RESUMEN

Toda empresa cuyo proceso de producción es alto, debe tener un control adecuado del desperdicio, para el aprovechamiento al máximo de los materiales que en volúmenes grandes representan una cantidad significativa de ahorro.

El desperdicio es un factor importante en cualquier proceso productivo, debido a que si los niveles de desperdicio son altos, los costos para la elaboración de cierto número de unidades se incrementan, por lo que es importante mantener niveles bajos de desperdicio que nos permitan mantener los costos bajos.

Es por ello, la necesidad de establecer niveles de desperdicio bajos que permita aprovechar al máximo la materia prima, conocer cuáles son las principales causas que generan el desperdicio a lo largo del proceso, el porcentaje máximo permitido por departamento, para optimizar el uso de los materiales para la elaboración de la pila.

Es importante poder controlar la materia prima en el proceso, puesto que las variaciones de uso, surgen por ejemplo, de niveles de desperdicio altos en el proceso debido a que se consume más materiales del establecido al inicio de mes para elaborar cierto volumen de producción.

Considerando las diferentes necesidades en la reducción de costos, se propone mejorar los sistemas y controles de desperdicio para reducir la cantidad de pila mala en el proceso productivo, poder identificar cuáles son

los principales defectos que provocan el desperdicio, establecer niveles máximos permitidos de desperdicio en cada departamento, aumentar los volúmenes de producción evitando desperdiciar más pila de lo permitido, aumentar la eficiencia de producción logrando disminuir el tiempo de reparaciones, porque se tiene identificado cuál es el defecto que está afectando la máquina, todo esto a través de propuestas para reducir el desperdicio.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Establecer un mejor control del nivel de desperdicio de materiales a lo largo de todo el proceso de producción en Rayovac Guatemala, a través de un sistema propuesto que permita reducir el desperdicio para el mejor aprovechamiento de los materiales en el proceso productivo.

### **Específicos**

1. Establecer los niveles adecuados de desperdicio que generen un ahorro a la empresa.
2. Diseñar un sistema que permita identificar qué maquinaria está generando mayor desperdicio.
3. Elaborar un sistema que permita llevar el control diario del nivel de desperdicio por departamento para poder reaccionar de forma inmediata al problema.
4. Estandarizar los niveles de desperdicio en cada departamento.
5. Ayudar en la reducción del desperdicio general en la planta.
6. Determinar la importancia que debe existir entre la cantidad de pila producida y la cantidad de desperdicio generado.

7. Implementar un sistema que permita cuantificar el porcentaje de desperdicio diario.
8. Ayudar al mejoramiento de la productividad de la fábrica en cuanto a niveles de desperdicio se refiere.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación, da a conocer el comportamiento del desperdicio a lo largo del proceso en la fábrica de pilas zinc carbón Rayovac Guatemala. Para ello, primero se presenta una breve descripción del proceso de producción que se realiza para la elaboración de la pila, los materiales de los que está compuesto, los niveles de desperdicio de cada departamento, los cuales serán de utilidad para realizar los análisis para la disminución del desperdicio.

Se describe la forma en la cual se lleva a cabo el control del desperdicio y los niveles del mismo, que se manejan en cada uno de los departamentos de la planta, los defectos de la pila para determinar cuáles son las principales causas que provocan desperdicio en el proceso de producción. Una vez citados los problemas, se dan a conocer algunas técnicas de ingeniería y conceptos teóricos, que se utilizarán como herramientas para implementar mejoras que ayuden al buen funcionamiento de la maquinaria, y a mantener niveles más bajos de desperdicio en la planta de pilas Rayovac Guatemala.

Se hace mención de un análisis propuesto para la mejora del control de materiales y con ello, colaborar en la reducción del desperdicio en la planta y mantener bajos índices de desperdicio. Por otro lado, se establecen nuevos sistemas de recopilación de desperdicio, esto con el fin de poder determinar cuál es el porcentaje real de desperdicio y en qué departamento es donde se está desperdiciando más materiales, además de tener presente cuáles fueron las causas que lo están provocando. Finalmente, se describe cómo se debe llevar a cabo dicha propuesta, es decir, todas aquellas herramientas necesarias para poder realizarlas





# **1. ASPECTOS GENERALES DE RAYOVAC GUATEMALA**

## **1.1 Historia general y antecedentes de la empresa:**

En 1961, en Guatemala se funda la empresa con el nombre de "DURALUX", S.A. con capital 100 % guatemalteco (Fam. Arzú, Ing. Luis de Ojeda), Tecnología Japonesa. La empresa hace su primera pila el 6 de febrero de 1961. Pilas zinc carbón con el nombre de Duralux.

En 1962 se vende 75% de la empresa a Rayovac Corporation (ESB). La primera pila RAY-O-VAC se fabrica el 15 de Agosto (día de la Asunción). En 1975, se desliga de Rayovac y pasa a ser parte de INCO (International Nickel Company). 1985 INCO decide vender, compra ROV Limited.

En 1999 Rov Limited vende la compañía y Rayovac Corporation la compra nuevamente. En el 2003, se instala el segundo turno, por cierre de Honduras, República Dominicana y México.

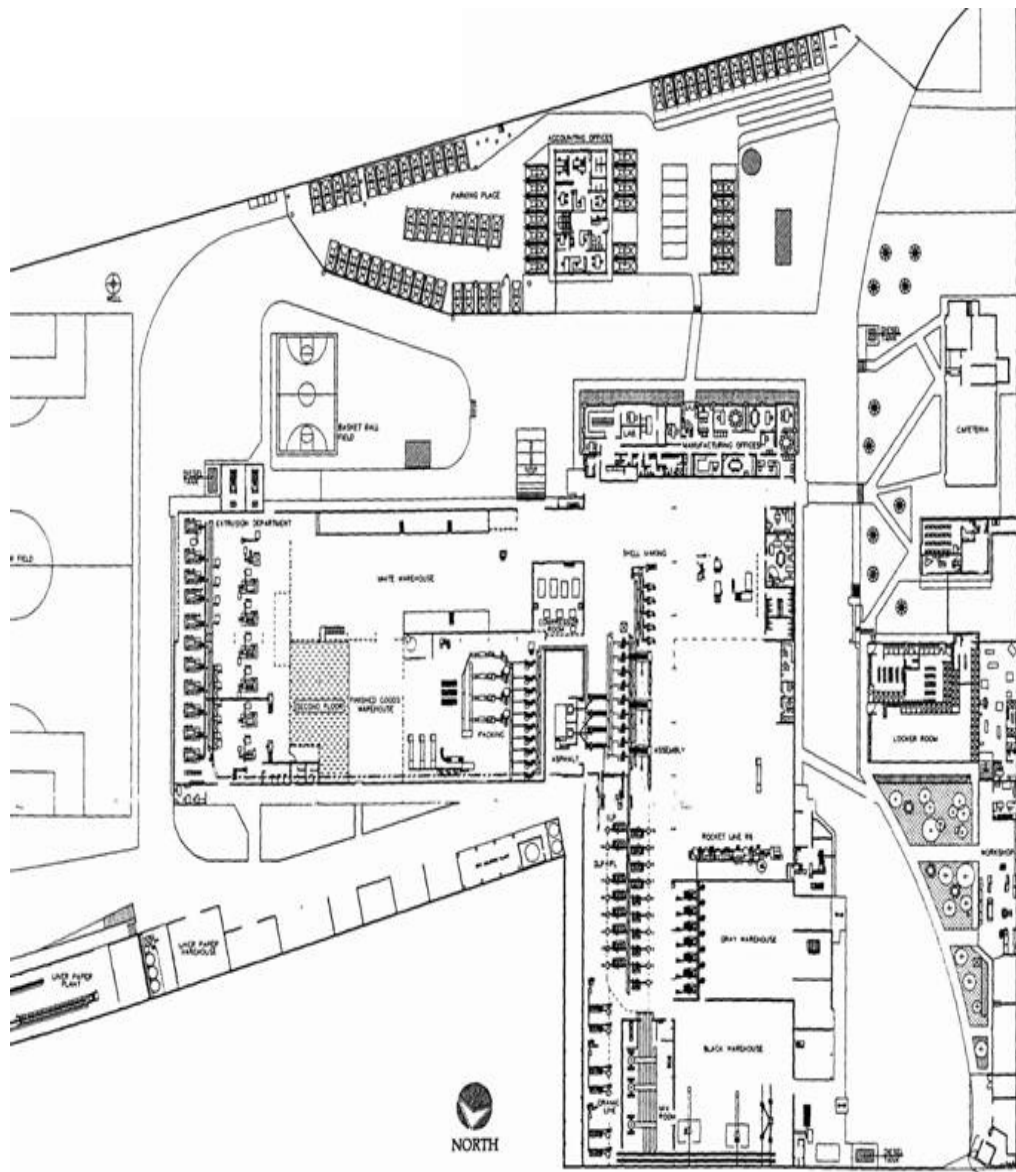
Actualmente la compañía cuenta con 250 personas destinadas a realizar la producción, almacenaje y transportación de la pila hacia las distintas distribuidoras.

## **1.2 Ubicación**

Rayovac Guatemala se encuentra ubicada en la colonia Santa Isabel Jocotales, zona 6, Guatemala.

A continuación se muestra el plano de la planta Rayovac, el cual sirve para visualizar la distribución de cada una de las áreas involucradas en la que se observa las distintas maquinarias que sirven para la elaboración del proceso en cada uno de los distintos departamentos.

**Figura 1. Plano de la planta Rayovac Guatemala.**



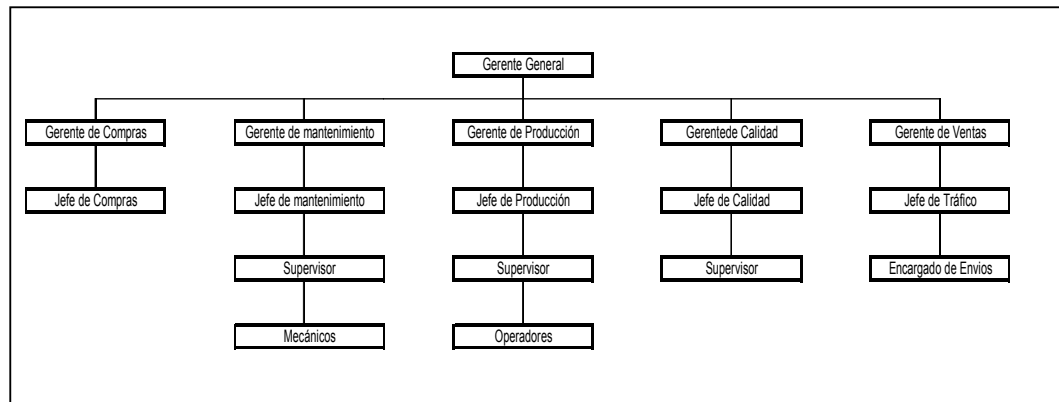
En este plano se puede observar como esta distribuida la planta, los accesos que tiene para ingresar y la maquinaria con la que cuenta cada departamento.

### 1.3 Estructura Organizacional

En toda organización se tiene que tener claro cual es la finalidad de la empresa, hacia donde quiere llegar, como lo va a lograr, bajo que principios esta establecida para su buen desempeño y funcionamiento.

La estructura organizacional de Rayovac Guatemala se muestra a continuación en la siguiente figura:

**Figura 2. Organigrama de la empresa**



El anterior organigrama indica como esta el nivel jerárquico en cada uno de los distintos departamentos que integran la empresa.

Fuente: Recursos humanos de Rayovac Guatemala.

### **1.3.1 Visión**

“Convertirnos en una empresa de productos de consumo masivo, orientados al consumidor y enfocados al desarrollo de marcas, ofreciendo productos diferenciados dirigidos a generar en su consumo una experiencia única en todo momento”.

Fuente: Recursos humanos de Rayovac Guatemala.

- **Misión**

“Enfocarnos principalmente en el consumidor, alinearnos con nuestros clientes para lograr en conjunto el éxito, promover una atmósfera que permita contar con empleados comprometidos y apasionados por el negocio”.

Fuente: Recursos humanos Rayovac Guatemala.

- **Valores**

Integridad, confiabilidad y responsabilidad.

Fuente: Recursos Humanos Rayovac Guatemala

#### **1.4 Departamento de Producción**

El departamento de producción debe cumplir con la demanda del producto en el mercado, produciendo pila de buena calidad a un costo bajo, con un nivel alto de eficiencia y bajo desperdicio.

Para la elaboración de la pila cuentan con 175 personas encargadas de operar máquinas para producir y alcanzar los niveles adecuados de producción requeridos, además cuentan con 10 supervisores que se encargan de velar porque los colaboradores cumplan con sus funciones establecidas en cada uno de sus puestos de trabajo.

Además realizan reportes de producción e informes que permitan mejorar el proceso productivo, también hay 2 jefes de turnos encargados de que se cumplan los pedidos de producción y coordinar la producción para cumplir con el mercado.

A continuación se muestra cada una de las partes que sirven para la elaboración de la pila en el proceso productivo, con esto se puede conocer de que esta formado el producto que se fabrica en Rayovac, sus partes, en donde se localizan y en que orden se colocan.

**Figura 3. Partes que conforman la pila zinc carbón.**



Rayovac Guatemala produce 3 tipos de baterías:

- Tamaño “D”: Este tipo de pila es la que más se produce alcanzando niveles de producción diarios de 800,000 pilas.
- Tamaño “C”: Este tipo de pila es la que tiene menor demanda alcanzando niveles de producción diarios de 40, 000 pilas.
- Tamaño “AA”: Este tipo de pila tiene unos niveles de producción de 400,000 pilas por día.

## **2. ANÁLISIS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN, ENSAMBLE Y EMPAQUE**

Para producir la pila debe recorrer por cada uno de los distintos departamentos que se encuentran en Rayovac Guatemala (extrusión, mezclas, básicas, ensamble y empaque), con el fin de que cada uno de ellos aporte los materiales que conforman el producto para que este en condiciones adecuadas de ser usado.

Durante este proceso surgen desperfectos provocados por la maquinaria, materia prima y mano de obra como se indicará en el siguiente inciso. Que afectan el buen funcionamiento y rendimiento de la pila provocando desperdicio en el proceso productivo.

### **2.1 Diagnóstico de la situación actual**

Para analizar de qué forma se puede reducir el desperdicio de la pila en el proceso de producción es necesario saber en que condiciones se encuentra actualmente la empresa.

#### **2.1.1 Análisis FODA**

Mediante esta herramienta se permite visualizar cuales son las áreas fuertes, las oportunidades, las debilidades y las amenazas que existen dentro de Rayovac Guatemala.

A continuación se realiza un diagnóstico FODA a la empresa para determinar las áreas débiles y fuertes en el proceso productivo, con el fin de establecer los parámetros necesarios que permitan mejorar las condiciones de esta.

**Tabla I. Diagnóstico FODA del proceso de producción.**

<p><b>FORTALEZAS</b></p> <p>a. Sistema de medición de la eficiencia.</p> <p>b. Buena comunicación entre departamentos</p> <p>c. Mayor capacidad instalada en base al plan de producción.</p> <p>d. Personal de trabajo con mucha experiencia.</p>	<p><b>OPORTUNIDADES</b></p> <p>a. Aumentar los niveles de producción por más demanda en el mercado</p> <p>b. Realizar diversos tipos de pila por pedidos especiales.</p> <p>c. Conseguir materiales más baratos con otros proveedores.</p> <p>d. Ganar nuevos clientes.</p>
<p><b>DEBILIDADES</b></p> <p>a. Diversidad de repuestos que no permiten estandarizar maquinaria.</p> <p>b. Por ser proceso en línea dependen del siguiente departamento para trabajar.</p> <p>c. Sus materias primas son difíciles de manejar.</p> <p>d. Hay materiales que no pueden tener contacto entre sí.</p>	<p><b>AMENAZAS</b></p> <p>a. Constantes apagones que bajan la producción y la eficiencia</p> <p>b. Las materias primas son exportadas por lo que los costos de los materiales no dependen de la empresa.</p> <p>c. Los pagos se realizan en dólares por lo que dependen de la tasa del dólar.</p> <p>d. Existen otras marcas de baterías en el mercado con las mismas características.</p>



Este análisis sirve para visualizar de forma global cual es la situación de Rayovac Guatemala y que deficiencia existe en el proceso productivo que relaciona la calidad de los materiales, el clima y los volúmenes de producción.

## **2.2 Descripción del proceso de producción de la pila, en los distintos departamentos**

El proceso de producción para la elaboración de la pila es un proceso en línea, en el cual un departamento depende de lo que pueda abastecer el anterior para poder trabajar, lo que significa que si en el departamento anterior o posterior existen problemas mecánicos el proceso de producción se detiene.

La planta cuenta con cinco departamentos los cuales son: extrusión, mezclas, básicas, ensamble y empaque.

- **Extrusión:**

Donde se elabora el vaso de zinc el cual sirve de base para que se coloquen los materiales que componen la pila, el cual es transportado hacia el departamento de las básicas por medio de cables aéreos para suministrar de manera adecuada y constante la siguiente etapa del proceso.

La materia prima que se utiliza en este departamento es la más costosa de la planta y el volumen que se utiliza es muy grande, debido a que la ficha se pide por tonelada y cada una contiene 75,000 fichas/toneladas.

Por el peso que tiene cada bolsa, si se llega a realizar una mala operación se puede lastimar una parte de los materiales (ficha doblada y ovalada), si el proveedor manda mala ficha (gruesa, menor peso) o si se le coloca más lubricación de lo normal se puede perder una tonelada completa que implica dejar de producir 75,000 vasos.

Este departamento cuenta con dos tipos de maquinaria para la elaboración del proceso las cuales son: Prensa la cual tiene la capacidad de suministrar 175 vasos/min, y Trimmer el cual tiene la capacidad de suministrar 200 vasos/min.

Por su velocidad si el operador no esta atento a sus máquinas puede sacar vaso malo (corto, golpeado y con pared delgada) o si no se arranca de manera adecuada (que caliente antes de tiempo y hacer la graduación adecuada), además si la máquina tiene algún desperfecto (punzón malo, boquilla floja, pared delgada y fondo delgado), puede provocar desperdicio.

Este departamento tiene 18 Prensas y 15 trimmer's, tiene la característica que su maquinaria es automatizada por lo que cada operador tiene 4 máquinas a su cargo.

A continuación en la siguiente figura se tiene la foto del departamento de extrusión en la que se observa las máquinas que sirven para realizar el vaso de zinc.

**Figura 4. Departamento de Extrusión**



- **Mezclas:**

Se coloca la materia prima que se elabora en este departamento en la parte interna del vaso, consiste en una combinación de polvos con cierta cantidad específica de cada material, agua y solución, para el buen funcionamiento y desempeño.

En este departamento es donde se emplean más materiales para la elaboración del producto y se trabaja mediante una formulación dependiendo el tipo de pila que se esté realizando D, C o AA.

Por la cantidad de materiales que se utilizan en este departamento y por lo volátil que es la materia prima, se puede desperdiciar a la hora de que los mismos se agregan a lo largo del proceso por ejemplo: cuando los operadores colocan más material del requerido para la producción, y la mezcla sale con diferentes propiedades.

Los materiales que se manejan en este departamento adquieren humedad del ambiente por lo que es necesario que la materia prima este bien tapada y cubierta alejada del agua para que no se endurezca.

En este departamento hay dos tipos de máquina que se emplean para poder realizar las operaciones respectivas (cilindros y abbie), a diferencia de otros departamento, en este existe una combinación entre las funciones que desempeña la maquinaria y las funciones de los operadores.

Es el departamento menos automatizado en el que muchas operaciones son manuales por la forma en que se trabaja ya que se tienen que pesar los materiales de forma exacta.

A continuación en la siguiente figura se tiene la foto del departamento de mezclas en la que se observa las máquinas que sirven para realizar el producto.

**Figura 5. Departamento de mezclas**



- **Básicas:**

Se realiza lo que se conoce como semipila la cual consiste en colocarle al vaso zinc un papel separador tanto en el fondo como alrededor de la parte interna, seguido por la combinación de polvos, electrodo, roldana de compresión y papel de sello.

La materia prima que se utiliza en este departamento es la que evita que la pila se ponga en corto, por lo que es importante que el papel separador, mezcla y electrodo se encuentren en buenas condiciones, de lo contrario provocan pérdidas en el proceso (Carbón quebrado, roldana de

fondo descentrada, roldana de compresión hundida y sin roldana de sello o compresión) porque en la máquina no pasa por tener diferentes medidas.

En este departamento es donde se mide la eficiencia de la planta y se hace la semipila, por la cantidad de máquinas que se utilizan para fabricar la pila y la velocidad que estas tienen es difícil detener la máquina de forma inmediata cuando está teniendo algún defecto.

Estas máquinas automatizadas tienen una velocidad de 105 pilas/min, y se cuenta con 20 máquinas para la elaboración de la pila, cada operador tiene dos máquinas a su cargo.

Por la velocidad que estas máquinas tienen cuando el operador no abastece de materiales la máquina puede provocar desperdicio porque se produce pila que no posee todos los materiales que debe llevar, además si no está atento y la máquina tiene algún desperfecto (desalineada, sensores eléctricos malos), también sale desperdicio.

A continuación en la siguiente figura se tiene la foto del departamento de las básicas en la que se observa las máquinas que sirven para realizar la semipila.

**Figura 6. Departamento de básicas**



- **Ensamble:**

Donde se le da la forma a la pila, colocándole el blindaje que es una lámina de metal donde lleva el logotipo de la pila, la ficha de fondo que se une con un tubo de cartón para poder sostener la semipila y el sello de asfalto que permite que este fija y no tenga movimiento.

Por ser el departamento donde más operaciones se realizan la materia prima asume un papel importante debido a que si viene con algún defecto (fondo lastimado, blindaje con mala litografía y tubo despegado), puede provocar desperdicio de pila.

Es el departamento que tiene más máquinas para la elaboración de la pila, por la diversidad de la herramienta que se utiliza es difícil tener bajo control todas las máquinas sin que exista alguna que pueda presentar problemas en el proceso (pila mal engargolado, sin asfalto, sin tubo, blindaje traslapado).

Los defectos pueden ser provocados por la maquinaria (si esta desalineada, no esta alimentando bien o si apacha la pila) o por mala operación (no abastecer de materiales principalmente).

Hay 4 tipos distintos de maquinaria las cuales son: winning, bibra, asfaltadora y ensambladora.

La velocidad de cada una de las máquinas que existen en este departamento varían una de la otra, la velocidad de la winning es de 750 tubos/min, la velocidad de la bibra es de 200 blindajes/min, la velocidad de la ensambladora es de 200 pilas/min, la velocidad de la asfaltadora es de 525 pilas/min. Para la elaboración de la pila este departamento cuenta con 3 winning, 9 bibras, 9 ensambladoras y 4 asfaltadoras.

A continuación en la siguiente figura se tiene la foto del departamento de ensamble en la que se observa las máquinas que sirven para darle forma a la pila.



**Figura 7. Departamento de ensamble**



- **Empaque:**

Donde se le coloca la tapa y el sello de garantía que indica que la pila no ha sido usada y esta en condiciones de ser vendida, además de la prueba eléctrica para poder garantizar y almacenar el producto terminado.

Este es último departamento por el cual pasa la pila para ser terminada y es donde se pueden observar todos los defectos que son generados en los otros departamentos (arrugada, sucia, derramada), y que no fueron detectados anteriormente.

Por la cantidad de pila que se recibe del departamento del ensamble esta se puede lastimar y se ensuciar en las fajas de transportación hacia el empaque.

La velocidad de la cerradora es de 225 pilas/min y la velocidad del plato es de 500 pilas/min, para el proceso se cuentan con 9 Cerradoras y 4 Platos.

Por lo rápida que es la maquinaria si el operador no abastece constantemente de tapa la máquina provoca que salga desperdicio, además si la no esta pendiente del sello de garantía puede que salga pila sin sello.

Si la materia prima viene mala (tapa doblada o mal cortada) provoca desperdicio, si el sello de garantía viene con añadiduras hace que la máquina se atore y pase pila sin sello.

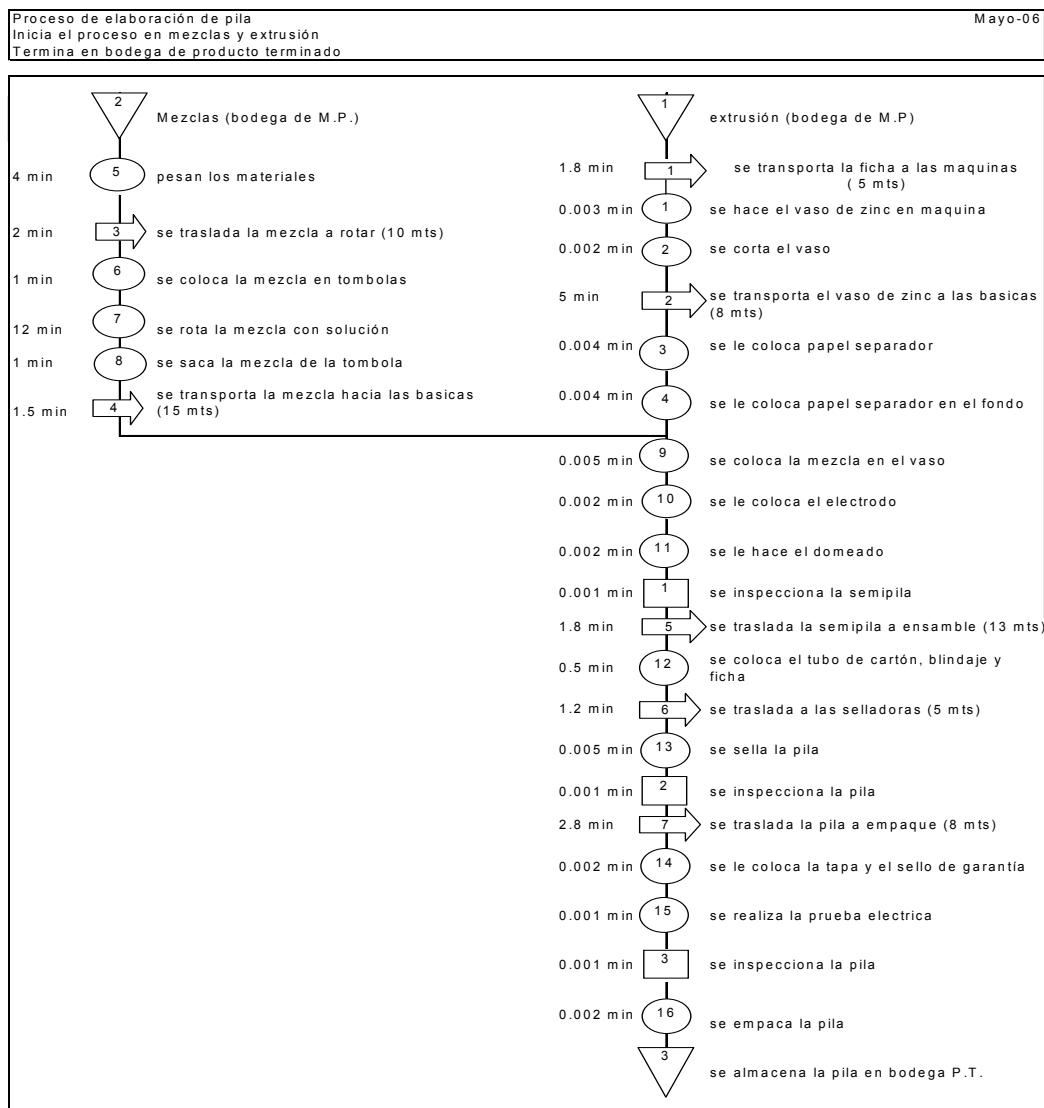
A continuación en la siguiente figura se tiene la foto del departamento de empaque en la que se observa las máquinas que sirven para realizar la pila.

**Figura 8. Departamento de empaque**



A continuación se muestra el siguiente diagrama de flujo del proceso para la elaboración de la pila, el cual consiste en mostrar cada una de las etapas por la que el producto es transformado, se observa cada una de las operaciones que se realizan en la planta, el tiempo que cada una de estas requiere y los pasos que se necesitan para producir en la planta Rayovac Guatemala.

**Figura 9. Diagrama de flujo del proceso para la producción de pila**



### Continúa Figura 9. Resumen diagrama de flujo del proceso

RESUMEN			
EVENTO	NÚMERO	TIEMPO	DISTANCIA
OPERACIONES	16	20.033 min	64 mts
INSPECCIONES	3	0.003 min	
TRANSPORTES	7	16.1 min	
ALMACENAMIENTOS	3	indeterminado	

En este diagrama se observa cada una de las distintas operaciones que se realizan para fabricar la pila y el tiempo que se toma en cada una de ellas, además muestra el proceso de producción en línea, por lo que si existe algún problema mecánico (máquina desalineada, faja mala, sensores malos y falta de repuestos) en el departamento anterior o posterior, el flujo de pila se ve disminuido.

#### 2.2.1 Materiales utilizados para la elaboración de la pila

Para la elaboración de la pila, la materia prima que se utiliza es material fabricado por empresas nacionales como internacionales debido a la diversidad de compuestos que se necesitan para generar el funcionamiento de la pila y que en el país no se cuenta con estos recursos (manganesos, zinc y electrodos), para su fabricación.

Los materiales que son necesarios para elaborar la pila son solicitados por cada uno de los supervisores de cada departamento, a través de una requisición por día, la cual consiste en un vale (cada departamento tiene diferente numeración y diseño) en el que se le solicita a la bodega de materia prima al inicio de la producción pidiendo la cantidad necesaria para poder trabajar en todo el turno y tener los insumos que requiere cada área.

A continuación se muestra un ejemplo de un vale de requisición de materiales a bodega en el cual cada supervisor solicita la cantidad que quiere para producir durante el turno de producción.

**Figura 10. Requisición de materiales**

REQUISICIÓN DE MATERIALES A BODEGA		
		No correlativo    00001
Departamento: <u>Extrusión</u>		Fecha: <u>25-Jun-06</u>
Código	Descripción	Cantidad (Kg)
11602	Ficha de zinc tamaño "D"	12,000
11603	Ficha de zinc tamaño "C"	1,000
11604	Ficha de zinc tamaño "AA"	4,000
<div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="border-top: 1px solid black; width: 30%;"></div> <div style="border-top: 1px solid black; width: 30%;"></div> <div style="border-top: 1px solid black; width: 30%;"></div> </div> <p style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <span>Firma Supervisor</span> <span>Firma Bodeguero</span> <span>Firma Encagado Bodega</span> </p>		

En este vale se registra la cantidad de materiales que se necesitan, el código de cada uno de estos con un correlativo para que se lleve un mejor control.

**a. Extrusión:**

Los materiales que se utilizan en este departamento son los siguientes:

- Ficha de zinc
- Grafito y myca

Si se utiliza más myca y grafito de lo que esta especificado en la formula provoca que el vaso salga más largo y con paredes delgadas, generando pérdidas en el proceso.

**b. Mezclas:**

Los materiales que se utilizan en este departamento son los siguientes:

- Manganesos electrolíticos
- Cloruro de amonio
- Biclорuro de mercurio
- Oxido de zinc
- Cloruro de zinc
- Agua

**c. Básicas:**

Los materiales que se utilizan para la elaboración de la semipila son:

- Papel separador
- Papel de cartón para roldana de fondo, compresión y sello
- Electrodo

**d. Ensamble:**

Los materiales que se utilizan en este departamento son los siguientes:

- Papel cartón para tubo
- Lamina de metal para hacer el blindaje
- Ficha metálica
- Sello de asfalto

**e. Empaque:**

Los materiales que se utilizan en este departamento son los siguientes:

- Ficha troquelada de metal
- Sello de garantía de poliéster
- Bandeja de cartón de papel craft
- Termoencogible de polipropileno
- Caja de cartón corrugado

**2.2.2 Maquinaria empleada para la elaboración de la pila**

La maquinaria empleada en la planta Rayovac Guatemala para la elaboración de la pila en su mayoría es automatizada, por lo que existe la deficiencia que por su velocidad si hay algún problema en el proceso puede salir bastante desperdicio si no se detecta a tiempo como se explicó en el inciso 2.1.

**a. Extrusión:**

En el departamento de extrusión cuenta con 2 tipos de máquinas para la elaboración del proceso las cuales son:

- **Prensa:** en la que su función es transformar la ficha en vaso mediante un golpe de extrusión para transformarla, teniendo un vaso con una forma de pichel en la parte superior. Por su velocidad puede sacar vaso malo (corto, golpeado y con pared delgada) si no se arranca de manera adecuada.
- **Trimmer:** en la cual le da un corte parejo al vaso y elimina el pichel que trae de la Prensa que permite tenerlo listo para poder utilizarse en el proceso de producción. Si esta muy frío genera pelo al vaso y rebaba haciendo que arrugue en el departamento de las básicas.

**b. Mezclas:**

La maquinaria con la que cuenta este departamento es:

- **Cilindros:** que es donde se pesan todos los materiales que necesita la mezcla según la formula que se este haciendo. Si no se coloca la cantidad adecuada de materiales genera que el voltaje varié en cada bolsa.
- **Abbie:** en la cual se rotan todos los materiales pesados en el Cilindro y se le agrega la solución que es una mezcla de agua con cloruro de zinc por medio de bombeado. Cada bolsa de mezcla tiene una capacidad para 8,000 pilas/bolsa. Si se inyecta doble solución la mezcla sale húmeda y se desperdician todos los materiales que la conforman.



**c. Básicas:**

La máquina que se utiliza se llama:

- **Rovac:** en la cual recibe el vaso del departamento de extrusión, le coloca los papeles separadores, la mezcla, electrodo y le hace el doblado en la parte superior al vaso para dejar la pila preparada para que le den forma. Si no se tiene el cuidado adecuado provoca mucha semipila mala (arrugada, sin materiales y mala compactación).

**d. Ensamble:**

Tiene cuatro tipos diferentes de máquinas las cuales son:

- **Winning:** que su función es hacer tubos de cartón donde se colocará la semipila que viene de las Básicas. Si la altura no es la adecuada provoca que se trabe en los carriles y no pase el tubo bueno.
- **Bibras:** que son las máquinas que transforman las placas de metal en cilindros conocidos como blindaje. Si el engrape no es el adecuado provoca que la pila salga traslapada.
- **Ensambladora:** que es la máquina que recibe la semipila que viene de las básicas y la coloca en el tubo de cartón para luego colocarle el blindaje. Si no esta alineada apacha pila.
- **Asfaltadora:** que es la máquina que le coloca el sello de asfalto a la pila para que este fija y no se este moviendo. Si las guías se encuentran desalineadas provoca que salga manchada de asfalto.

#### **e. Empaque:**

En este departamento concluye la elaboración del producto y cuenta con 2 tipos de maquinaria:

**Cerradora:** Que es la que le coloca la tapa a la pila y el sello de garantía además de realizarle la prueba eléctrica para determinar si la pila está en buenas condiciones. Si se encuentra desalineada provoca que apache la pila y quede en corto.

**Plato:** Que es donde se coloca la pila en bandejas de 24 unidades y se le coloca el termoencogible para que la pila no se caiga de la bandeja y pueda ser empacada en cajas de cartón. Si el plato esta sucio provoca que el producto terminado se ensucie del fondo.

#### **2.2.3 Etapas de la elaboración de la pila**

Las etapas por las cuales la pila se transforma para quedar como producto terminado abarca desde que todos los materiales se complementan para formar la Semipila en el departamento de las básicas, en la cual ya esta en condiciones de ser usada pero por cuestiones de imagen y mercado no se puede vender el producto al mercado, en esta se genera los desperfectos como pila con arruga, mancha de mezcla y derramada por no tener bien colocado el papel separador.

La siguiente etapa ocurre cuando sale del departamento del ensamble que es donde queda fija dentro del tubo de cartón y el blindaje de metal por medio del sello de asfalto. El principal defecto es la pila manchada de asfalto.

En el empaque tiene dos etapas en su elaboración; la primera cuando esta terminada con su sello de garantía y ya pasó la prueba eléctrica, en donde se acumula los desperfectos que hacen que el voltaje disminuya (mal colocado el papel separador, mala compactación y mal sello de asfalto), así queda lista para el mercado en forma individual, la otra etapa es cuando se encuentra en presentación de 24 unidades lista para ser almacenada en las cajas de cartón.

#### **2.2.4      Transportación de la pila**

Por los volúmenes diarios que se maneja en la planta y la cantidad de pila que tiene que ser transportada de una lado a otro, este es un factor importante para tener un buen ritmo de producción.

Para transportar el vaso de zinc al departamento de las Básicas se utilizan unos cables aéreos por lo delicado del material, para evitar que se lastime el vaso antes de ser usado en el proceso, los cables tienen una capacidad para transportar 2,000 vasos/min. Si los cables se salen de los rodillos lastiman el vaso provocando arruga en la siguiente área de trabajo.

En los siguientes departamentos por el peso que representa transportar la pila y la capacidad de alimentación de las maquinas se utilizan fajas de hule de 1.5 pulgadas de espesor y 16 pulgadas de ancho capaz de alimentar a cada uno de los departamentos, por el espesor de la faja de hule, al saturarse mucho se rompe el engrape y se para el proceso, si esta vacía se cae la pila.

### **2.2.5 Almacenamiento de la pila**

Ya finalizado el proceso de elaboración de la pila, se almacena en la bodega de producto terminado donde existe el inconveniente del espacio y que se contamina con la materia prima (materiales de mezcla y polvo) cuando hay demasiado inventario, en cajas de cartón que se conocen como fardos.

La forma de almacenarlos fardos depende de la cantidad de espacio que exista en bodega, si hay suficiente espacio se estiba hasta 5 camas, si no se estiba hasta de 10, hay dos presentaciones distintas, la de 288 en donde se almacena en la caja de cartón 12 bandejas de 24 unidades cada bandeja y la de 480 en la que se almacena 20 bandejas.

Todo está en función de si la pila es vendida en Guatemala o en el extranjero (se empaca y almacena en fardos de 288), mientras que si es localmente se almacena en fardos de 480.

## **2.3 Conocimiento de la pila**

Para analizar cuales son las causas que provoca los desperfectos (materiales, reparaciones mecánicas, clima y cuestiones operativas), con el fin de saber los defectos, se tiene que conocer como es el funcionamiento de la pila.

Como reaccionan cada uno de los materiales por las propiedades físicas y químicas que no pueden tener contacto directo entre ellos o con otros materiales (zinc, hierro y mezcla), bajo que condiciones trabaja en cada uno de los distintos departamentos para su buen desempeño, que materiales pueden tener contacto directo entre sí y cuales no porque provocan pérdidas en el proceso.

### 2.3.1 Materiales que la conforman

A continuación se muestra la tabla de los materiales más importantes de la pila los cuales se agregan en las diferentes áreas que participan en el proceso de la pila. Se describe las características de cada uno de ellos, en que parte de la pila están ubicados y el orden en el que son colocados. Para tener un conocimiento general de la materia prima que se utiliza.

**Tabla II. Materiales que conforman la pila de zinc carbón.**

ORDEN	MATERIAL	DESCRIPCIÓN
1	Vaso de zinc	Vaso en el que se coloca parte de los materiales que conforman la pila
2	Roldana de fondo	Papel que se coloca en la parte inferior del vaso
3	Papel methocel	Papel separador que se coloca alrededor del vaso en la parte interna
4	Mezcla	Combinación de materiales que producen una carga positiva polarizante la cual va dentro del vaso
5	Electrodo	Carbón que se encuentra en medio del vaso y toca el fondo del vaso
6	Roldana de sello	Papel que se coloca en la parte superior del vaso
7	Tubo	Cartón que en el cual se coloca el vaso con los materiales
8	Blindaje	Lamina que recubre el cartón
9	Asfalto	Asfalto que se coloca encima de la roldana de sello
10	Tapa	Tapadera de metal que se coloca encima del electrodo
11	Sello de garantía	Papel que va en encima de la tapa

Con esta tabla se tiene el conocimiento de cada uno de los distintos materiales que conforman la pila, se sabe en que parte del proceso se coloca cada material y el orden de cada uno de ellos.

### **2.3.2 Cómo reaccionan los materiales**

El comportamiento de la pila depende de la calidad de los materiales si viene en buenas condiciones al hacer su ingreso a la planta (cumple con el peso adecuado, tiene las propiedades químicas y físicas adecuadas, no se encuentra lastimado).

El clima que exista debido a que cuando hay mucha humedad los materiales cambia sus propiedades físicas y químicas.

La relación entre materiales, debido a las propiedades químicas que tiene la mezcla despolarizante que reacciona de forma inmediata con materiales como el hierro, zinc y el cobre.

La importancia de que se tenga materiales que sirven como aislantes de otros, como el papel separador y la roldana de fondo, para que evite que tengan contacto directo entre sí, de lo contrario provoca que la pila se descargue generando pérdidas al proceso.

Antes de que ingrese la materia prima al proceso, se toma una muestra para las pruebas con el fin de determinar si las propiedades de cada uno de ellos están dentro de los parámetros establecidos en la planta (pureza, resistencia y porcentaje de contaminación).

Además los materiales reaccionan de una manera distinta dependiendo del clima que haya, en el invierno los materiales adquieren humedad en sus propiedades y resulta difícil que se puedan complementar.

Si los materiales no llevan la cantidad adecuada por unidad, se coloca más material del establecido en el estándar del proceso y se desperdicia materia prima o que el producto salga rechazado y si el orden en el que se coloca cada uno de los materiales no es el adecuado el voltaje y amperaje de la pila se puede ver alterados provocando que se rechace por mala calidad.

### **2.3.3 Aislamiento de los materiales para su buen funcionamiento**

Hay algunos materiales que no pueden tener contacto directo entre si por las propiedades que tienen cada uno de ellos, se puede mencionar: la mezcla despolarizante, el vaso zinc, el asfalto, la tapa de metal y el blindaje estos son los que se emplean para formar el producto.

Además existen otros que no contribuyen de manera directa en la elaboración de la pila, pero están dentro del proceso tal es el caso de las herramientas con la que se hacen las reparaciones a la maquinaria y que entre sus propiedades tengan hierro y cobre.

Al tener contacto directo los materiales mencionados anteriormente con otros elementos que conforman la pila alteran la calidad del producto y provocan que se rechace porque no cumple con los requisitos estipulados para venderla en el mercado (bajo voltaje, mal amperaje y derrame).

La mezcla es un material corrosivo y no puede tener contacto directo con el vaso de zinc porque se descarga, por eso se coloca papel separador en la parte interior y en el fondo del vaso.

El asfalto no puede tener contacto directo con la mezcla porque se pierde la cámara de gas que hay entre ellos por medio de la roldana de sello.

El blindaje no puede tener contacto directo con la tapa porque pone la pila en corto y la descarga quedándose sin voltaje.

Estos materiales no pueden tener contacto directo entre sí porque provocan que durante el proceso de producción el desperdicio se incremente.

#### **2.4 Histograma de los reportes de producción relacionados con el desperdicio de la pila**

Los reportes que se realizan en Rayovac Guatemala registran la producción de cada una de las máquinas y el desperdicio que cada una genera en los distintos departamentos.

Además de tener un historial de cual a sido el comportamiento de la maquinaria en las distintas áreas del proceso.

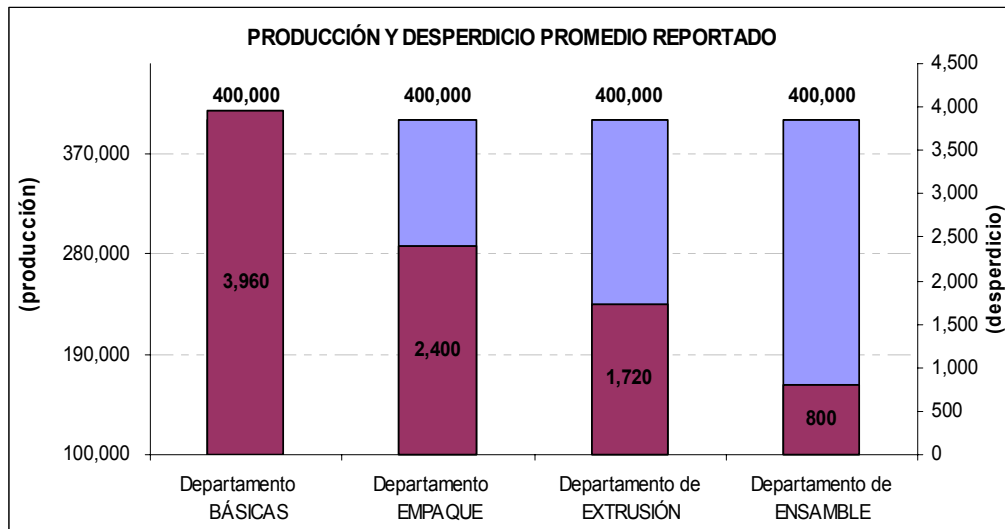
El desperdicio generado en cada uno de los distintos departamentos provocado ya sea por la mala calidad de la materia prima (diferentes propiedades químicas y físicas, menos peso del establecido, medidas estándares distintos y material lastimado), el clima (humedad, lluvia y mucho viento).

Los desperfectos mecánicos en la maquinaria (lastima la materia prima, no coloca de forma adecuada los materiales y no detecta cuando lleva algún material), representan un costo para la empresa ya que son insumos que se dejan de aprovechar.



En el siguiente gráfico se muestra los reportes de producción en el que permite interrelacionar los desperfectos con la cantidad realizada en cada área de trabajo, además indican cual es el departamento que genera mayor cantidad de desperdicio en la planta, para saber en que sector se tiene la mayor fuente de desperdicio en el proceso productivo.

**Figura 11. Histograma de los reportes de producción.**



Esta gráfica muestra el comportamiento del desperdicio en los distintos departamentos, en base a la producción reportada, con estos datos permite visualizar en que área se genera más pérdidas y a que departamento se le tiene que dar mayor prioridad.

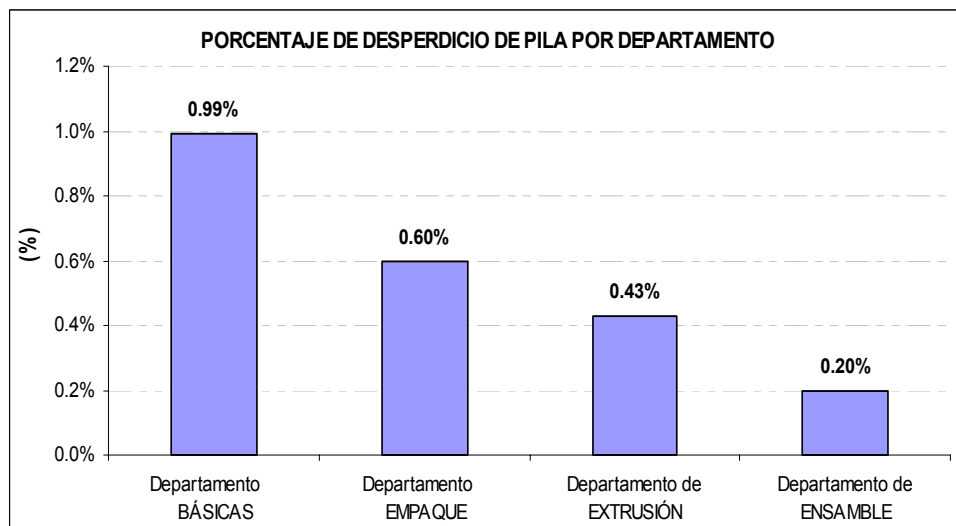
### 2.4.1 Porcentaje de desperdicio por departamento

El volumen diario de producción que se maneja en Rayovac Guatemala puede generar que el desperdicio se aumente, debido a que si los niveles de pila son altos se tienen que cumplir las metas no importando si se esta generando mucho desperdicio y los resultados se observan al final del mes cuando se saca un consolidado del desperdicio.

Como existen varias causas que pueden provocar el desperdicio (materia prima, clima, maquinaria, reparaciones mecánicas), y como hay diversidad de máquinas para la elaboración del producto que no se visualiza de manera inmediata donde se esta generando las perdidas.

En la siguiente gráfica se tiene el porcentaje de desperdicio en cada departamento, información obtenida del historial de desperdicio de la empresa, el cual permite saber en que área se esta generando la mayor cantidad de desperfectos durante el 2006 no importando el volumen de producción que se esté haciendo debido a que el dato es porcentual.

**Figura 12. Histograma del porcentaje de desperdicio durante el 2006.**



En esta gráfica se puede observar que el departamento de las básicas es el que más desperdicio genera y que el porcentaje general de pérdidas al sumar todas las áreas esta en 2.22%.

## **2.5 Estudio de defectos en la pila**

A lo largo del proceso de producción surgen varios defectos en la pila (arruga, con bajo voltaje, derramada y apachada), que generan desperdicio provocados por maquinaria y por mala calidad del producto suministrada por el departamento anterior (vaso malo, semipila lastimada y defectuosa).

Además de los defectos atribuidos a causas externas como mala materia prima (manganesos, fondo lastimado y carbón quebrado), cambios en el ambiente (humedad y lluvia), y contacto directo entre materiales (mezcla con zinc principalmente).

### **2.5.1 Recopilación de información**

Se debe tener la información real y confiable para identificar los defectos de la pila (apachada, lastimada y bajo voltaje), por la diversidad de desperfectos a lo largo del proceso no se puede visualizar cuales son los defectos más frecuentes que se presentan en el proceso de productivo.

Como hay varios departamento que contribuyen a la elaboración (extrusión, mezclas, básicas, ensamble y empaque) y en cada uno de ellos los defectos obtenidos son diferentes.

Es necesario clasificar los desperfectos por áreas para saber cuales son las causas que están provocando que se este desperdiciando material (mala herramienta, maquinas malas, mala calidad de los materiales, problemas con la transportación).

### **2.5.1.1 Recepción de datos de los distintos departamentos del desperdicio generado por máquina.**

Por tener una diversidad de máquinas en cada uno de los departamentos (extrusión, básicas, ensamble y empaque) para la elaboración de la pila y no estar identificadas adecuadamente, es difícil visualizar de que máquina provienen los desperfectos de la pila (apachada, golpeada, bajo voltaje y lastimada).

Al no estar identificadas las máquinas no se puede determinar si los defectos son provocados por materiales (lastimados, diferentes propiedades físicas y químicas), maquinaria (no colocando bien los materiales, lastimando y malas reparaciones) o por el ambiente (humedad y lluvia).

Si la causa del desperdicio se debe alguna razón en particular o el defecto se está dando en todas, lo cual podría ser atribuido a un defecto de otro departamento (vaso de zinc malo, semipila lastimada, sin algún material o mal ensamblada), que se detectó al unirse con otro insumo o a la materia prima que se está utilizando.

Teniendo como base en el reporte de producción de cada departamento se puede obtener la cantidad de desperdicio y el porcentaje que se generó por la producción, ya sea por máquina o el total por departamento.

El siguiente ejemplo permite calcular el porcentaje de desperfectos en las distintas áreas del proceso, efectuando una división de la cantidad de pila mala generada por la máquina o el departamento entre la producción.

$$\% \text{ desperdicio por máquina} = \frac{280 \text{ pilas}}{30,000 \text{ pilas}} * 100$$

$$\% \text{ desperdicio por máquina} = 0.933 \%$$

Si se quiere obtener el desperdicio por departamento, la fórmula sería

$$\% \text{ desperdicio por departamento} = \frac{2,758 \text{ pilas}}{381,145 \text{ pilas}} * 100$$

$$\% \text{ desperdicio por departamento} = 0.723\%$$

### **2.5.1.2 Muestreos estadísticos de los distintos defectos que tiene la pila, que generan pérdidas en el proceso**

Para determinar que defectos afectan el proceso de producción (por materiales, maquinaria o el proceso), es necesario realizar muestreos de las pérdidas que se genera en la producción (arruga, derramada, apachada, bajo voltaje).

Con esto se conoce cuáles son los defectos más comunes, el procedimiento a emplear es muestrear al 100% las pérdidas reportadas en el proceso durante una semana para tener el comportamiento de las pérdidas semanal y no tener información de un día que posiblemente la causa del desperdicio se dio únicamente en ese día.

En la siguiente tabla se muestra los principales desperfectos que se dan en el proceso productivo en los departamentos que elaboran la pila (básicas, ensamble y empaque), información que se obtuvo de muestrear al 100% el desperdicio en cada área de trabajo durante una semana, ordenados de mayor a menor para saber cuales son los principales defectos que generan más de pérdidas en la producción.

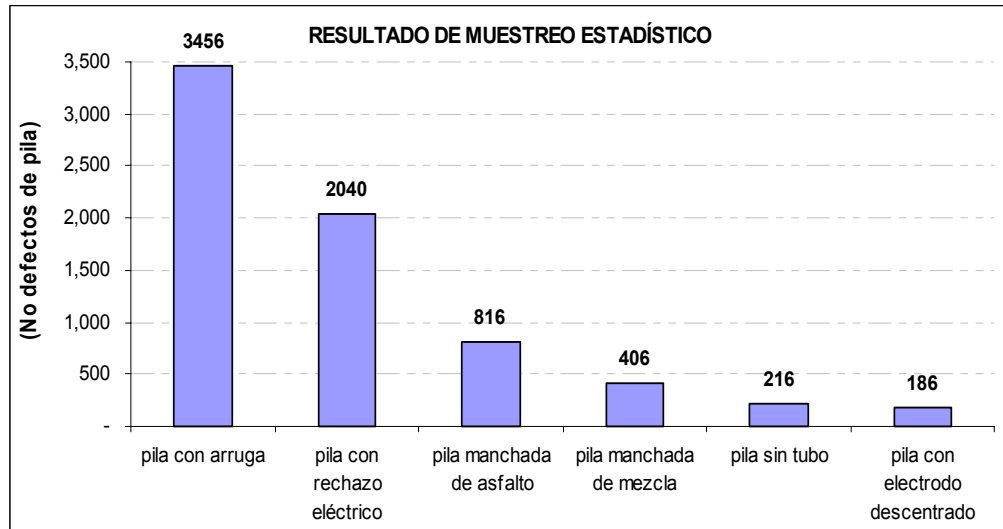
**Tabla III. Defectos encontrados que provocan pérdidas en el proceso de producción**

Defectos en la pila	Cantidad
Pila con arruga	3,456
Pila manchada de asfalto	2,040
Pila manchada de mezcla	816
Pila apachada	406
Pila sin tubo	216
Pila con electrodo descentrado	186
Total	7,120

Al tener la información recopilada se puede visualizar cuales son los defectos que afectan el buen desempeño en el proceso y que provocan pérdidas en la producción y permite identificar en que parte y como es que salen las perdidas reportadas.

En el siguiente gráfico se ilustra las principales causas que provocan pérdidas en el proceso, con la información obtenida de muestrear al 100% el desperdicio en los departamentos, y cuales son los problemas que hacen que la cantidad de pila mala este alta (2.22% desperdicio total).

**Figura 13. Principales defectos encontrados en la pila.**



En la gráfica se muestra que las dos principales causas de pérdidas en el proceso son: la pila con arruga la cual se genera en el departamento de las básicas seguida del rechazo eléctrico que es detectada en el departamento de empaque aunque la causa algunas veces es por otros departamento pero como en el empaque se realiza la prueba eléctrica es allí donde se detecta.

### **2.5.1.3 Principales causas que generan los defectos en la pila**

Los desperfectos de la pila en el proceso tienen que ser generados por alguna razón (materia prima, maquinaria, reparaciones mecánicas o problemas operativos), al determinar en que departamento se provocan los defectos (golpeada, bajo voltaje y sucia), permite analizar que es lo que esta influyendo para que la pila salga con ese problema, ya que si fuera algo normal toda la pila estuviera saliendo mala por esas causas pero solo sale cierta cantidad con ese defecto.

Las razones porque se puede generar desperdicio están afectadas por la calidad de los materiales, la humedad del ambiente, el mantenimiento de la maquinaria, los ajustes mecánicos y cuellos de botella.

Las principales causas que provocan que la pila salga defectuosa se enumeran a continuación:

- Máquinas desalineadas
- Radios de domeado distintos
- Sensores en mal estado
- Guías descentradas
- Materia prima en mal estado

#### **2.5.1.4 Entrevistas a los operadores y supervisores de los principales defectos en la pila y las causas que lo provocan, para obtener la información necesaria**

Con el conocimiento de las personas que colaboran para que la pila se produzca, se sabe cuales son las principales deficiencias que presenta el proceso productivo en Rayovac Guatemala.

Las principales causas que influyen para generar pérdidas en el proceso se deben a los siguientes problemas:

- Los materiales no tienen las mismas propiedades con las que se trabaja (muy duros, lastimados y no pesan lo mismo).
- La humedad afecta directamente al comportamiento de la mezcla despolarizante
- Malas reparaciones a la maquinaria (no componen el problema de una vez sino solo lo reparan para el turno).



- La velocidad de las máquinas no permite visualizar si el producto esta bien y si lleva algún desperfecto la cantidad de defectos se ve aumentado.

Con el conocimiento de los colaboradores y con el muestreo del desperdicio al 100% realizado, en la siguiente tabla se da una explicación de los principales defectos encontrados y a que es atribuido que se den estos desperfectos en el proceso productivo.

**Tabla IV. Explicación de cada uno de los principales defectos que contribuyen a que el desperdicio se aumente.**

Núm	DEFECTO EN LA PILA	DESCRIPCIÓN
1	Pila con arruga	Provocada porque el radio de domeado es distinto, la copa del doblez esta desgastada, la copa del fondo esta movida, la máquina esta desalineada o defecto en el vaso.
2	Pila con rechazo eléctrico	Provocada porque la mezcla tienen contacto directo con el vaso, sensores en mal estado, bajo voltaje en la mezcla, no lleva papel separador en alguna parte del vaso.
3	Pila manchada de asfalto	Provocada porque las cadenas que transportan la pila a las asfaltadoras están sucias, las guías están descentradas, mal posición de sensores o los inyectores están tapados.
4	Pila manchada de mezcla	Provocada porque los pines del extractor están sucios, humedad de la mezcla, humedad del ambiente, guías corridas o el molde lastimo una pila anteriormente.
5	Pila sin tubo	Provocada porque el tubo viene largo, el sensor de alimentación esta malo, la ficha defectuosa.
6	Pila con electrodo descentrado	Provocada porque las guías están descentradas, la mezcla tiene mucha humedad, el tiempo de la carbonera esta malo o la roldana de compresión esta descentrada.

En esta tabla se observan los principales defectos que afectan a que exista desperdicio en la planta, al tener conocimiento de cada uno de ellos y porque es que se originan se puede encontrar la solución que permita reducir las pérdidas en el proceso productivo de Rayovac Guatemala y con esto aprovechar mejor los insumos.

## **2.5.2 Análisis de datos obtenidos**

Con la información obtenida, sabiendo que el desperdicio general en la planta durante todo el año 2006 esta en 2.22% y que las deficiencias se pueden dar por desperfectos en el proceso y por causas ajenas al proceso como lo es el clima y la materia prima.

La velocidad y la automatización de las máquinas no permiten visualizar de manera inmediata los defectos que se pueden estar generando, sino hasta llegar a una inspección donde la cantidad de pérdidas ya es considerable.

Los principales defectos que se encuentran en el proceso se dan en dos departamentos: las básicas y empaque. Ambos contribuyen con el 1.59% del desperdicio total de la planta.

Por la cantidad de máquinas que se utilizan para la elaboración de la pila no es visible de manera inmediata en donde se está dando el problema y que causa es la que lo está provocando.

También los sensores de las máquinas para evitar que se coloque mal los materiales o en otro de los casos que no coloque ciertos materiales que afecten la calidad del producto no están funcionando adecuadamente, debido a que entre las causas que provocan el rechazo eléctrico están la mala colocación, falta de y poco material.

A pesar que en extrusión y en mezclas no se puede medir el desperdicio de la misma forma que se hace en los demás áreas, porque estos no generan pilas, ya que estos son suministradores de materiales al departamento de las básicas, la buena calidad de los suministros (vaso de zinc y mezcla despolarizante), provoca que el proceso trabaje de una mejor forma y evita que el desperdicio se incremente por defectos en la materia prima.

Si la mezcla está demasiado húmeda no se puede trabajar con la eficiencia que se pretende porque hay que ajustar la máquina para que compacte de una buena manera, si el vaso viene con algún golpe desde extrusión provoca que la pila salga arrugada.

### **2.5.3 Análisis de las operaciones que generan el mayor porcentaje de desperdicio**

Las operaciones que generan mayor desperdicio están representadas en el departamento de las básicas en las máquinas rovac ya que en estas máquinas se hace lo que se conoce como semipila que es una pila con las condiciones para ser usada con la diferencia que no se puede utilizar porque no cumple con las presentaciones del mercado.

Ya que de los defectos muestreados la mayoría son provocados en las rovac, la pila con arruga, la mancha de mezcla, electrodo descentrado y en parte el rechazo eléctrico de la pila son originados de ese departamento.

El rechazo eléctrico de la pila que puede ser provocado por exceso de compactación, papel separador doblado, mal sello de asfalto, y estas deficiencias no se detectan sino hasta en empaque que es donde se realiza la prueba eléctrica para determinar si la pila está en condiciones de ser vendida en el mercado porque cumple con el voltaje y amperaje adecuados para ser usada.

### **2.5.3.1 Diagrama de Pareto**

El diagrama de Pareto es un gráfico que permite identificar cuales son las causas principales que están generando el desperdicio ya que nos indican que es lo que está originando el 80% de los problemas y son estas causas las que se les tiene que dar mayor prioridad.

#### **Metodología**

- Se recopila la información de las causas que se va a utilizar
- Se hace una sumatoria de todas causas de la información recopilada
- Se saca el porcentaje individual de cada causa dividiendo la causa entre la sumatoria de todas las causas
- Se saca un acumulado de los porcentajes de cada una de las causas
- Se coloca una columna con 80% que es el indicador del pareto
- Para graficar, se toma la columna de la información recopilada de las causas, el acumulado de los porcentajes y la columna del 80%.

En la siguiente tabla se proporciona la información necesaria para poder realizar el diagrama de Pareto y determinar en que porcentaje contribuye las principales causas de desperfectos.

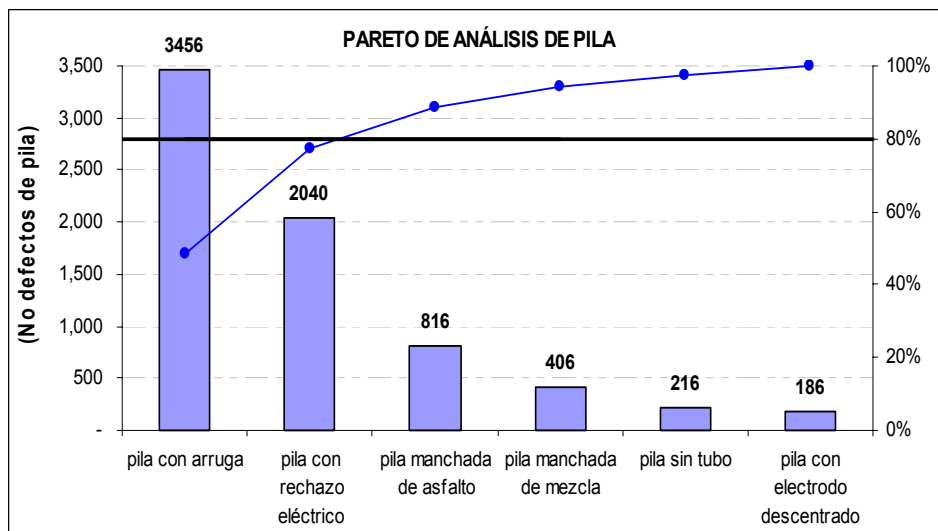
**Tabla V. Tabulación de datos para realizar el Diagrama de Pareto.**

Defectos en la pila	Cantidad	%	% Acum.	Líneal
Pila con arruga	3,456	48.54%	48.54%	80%
Pila manchada de asfalto	2,040	28.65%	77.19%	80%
Pila manchada de mezcla	816	11.46%	88.65%	80%
Pila apachada	406	5.70%	94.35%	80%
Pila sin tubo	216	3.03%	97.39%	80%
Pila con electrodo descentrado	186	2.61%	100.00%	80%
Total	7,120	100%		

Con esta información se sabe que la pila con arruga y el rechazo eléctrico contribuyen en un 77.19% al desperdicio general en la planta en el proceso de producción.

En el siguiente gráfico se coloca la información obtenida en la tabla anterior para realizar el diagrama de Pareto, y saber cuales son las causas que generan el mayor porcentaje del desperdicio en la planta.

**Figura 14. Diagrama de Pareto de las deficiencias de la pila.**



Con esta gráfica y empleando la herramienta del diagrama de Pareto la pila con arruga y el rechazo eléctrico afectan el porcentaje general de desperdicio de pila.

### **2.5.3.2 Interpretación del Diagrama de Pareto**

Con el Pareto se observa que las principales causas del desperdicio en el proceso de producción es la pila con arruga y el rechazo eléctrico, equivalentes al 77.19% del desperdicio total en la planta. Por lo que al mantener el principio 80-20, hay dos defectos que requieren mayor atención siendo los que aportan mayor cantidad de pérdidas a la empresa. Y hacen que no se aprovechen al máximo los insumos elevando el costo de la pila.

### **2.5.4 Determinación de las causas raíces que generan el desperdicio**

La arruga en la pila es un defecto que provoca que el producto pierda su amperaje debido a que al tener este defecto deja un orificio donde el asfalto penetra provocando que la cámara de gas se pierda.

Lo que ocasiona que la arruga se de son varias causas que se pueden dar de manera simultánea o individualmente y las podemos mencionar:

- Problemas con el vaso: el vaso tiene un grosor delgado, no soporta el impacto del domeado y se arruga la pila, el fondo del vaso esta disparejo y provoca que la pila se arrugue.
- Problemas con las copas de domeado: las copas de domeado por el tipo de pulido que llevan si se desgastan mucho provocan dos radios distintos que al pasar el vaso por la copa para hacer el domeado se arrugue la semipila

- Problemas con las guías de la rovac: si las guías de las máquinas están descentradas provocan arruga en la pila debido a que el tiempo de entrada a la copa esta desfasado y lastima el vaso provocando golpe en la pila.

El rechazo eléctrico es la segunda causa que genera el desperdicio y puede ser provocado por varios factores que al igual que la arruga se pueden dar de manera simultanea o de forma individual, el problema con el rechazo eléctrico a diferencia de la arruga es que el tiempo para detectar cual es la causa que lo está generando es más tardada por el recorrido que lleva la pila hasta la prueba eléctrica.

Entre las raíces principales de este defecto se menciona:

- Problemas con mezcla: si tiene mucha humedad, la cantidad de mezcla que lleva la pila se incrementa provocando una variación de voltaje y por lo tanto la pila se rechaza.
- Problemas con contacto: si el vaso de zinc tiene contacto directo con la mezcla se descarga, provocando que en la prueba eléctrica la pila se rechace.
- Problemas con sensores: si los sensores eléctricos están malos y se termina el papel separador no detecta que la máquina está produciendo pila sin papel separador provocando que la pila se rechace en el empaque.
- Problemas con el cierre de la pila: si la copa cerradora esta desgastada o descentrada la tapa tiene contacto directo con el blindaje descargando la pila, este es el defecto más fácil de identificar ya que este se da en el empaque que es donde se obtiene el rechazo.

### **2.5.5 Determinación de puntos críticos y cuellos de botella**

En Rayovac Guatemala, la planta trabaja en función del número de rovac que estén programadas para trabajar ya que en el departamento de las básicas es donde se mide la eficiencia, al existir problemas en las siguientes áreas de trabajo (desperfectos mecánicos, bajo suministro de materia prima y problemas eléctricos), provocan paros a la línea de producción.

Los cuellos de botella son provocados por desperfectos mecánicos que se den en alguno de los departamentos que provoquen que el flujo de alimentación hacia el otro departamento disminuya.

Otra razón por la cual se dan los cuellos de botella es si la faja que transporta la pila hacia algún departamento empieza a dar problemas porque se salió un rodó la capacidad de alimentación disminuye y la eficiencia se ve afectada.

Al tener una eficiencia baja provocada por algún problema en otro departamento tiene como consecuencias que el porcentaje de desperdicio se incremente porque la cantidad de pila mala no se puede distribuir en la producción porque el volumen total de la pila está muy bajo.

### **2.6 Estudio y análisis de derrame**

El derrame en la pila se da cuando la descarga que recibe la pila por algún defecto fuera de lo normal (papel separador doblado, roldana de fondo volteada, tapa y blindaje pegados), afecta sus compuestos de manera considerable dejando el producto sin carga haciendo que los materiales reaccionen consumiéndose toda la humedad de la mezcla provocando que la pila se caliente y saque agua que provoca que el blindaje se oxide.



### **2.6.1 Materiales que reaccionan de forma desfavorable por tener contacto directo con otros materiales**

Hay ciertos materiales que no pueden tener contacto directo con otros materiales que componen la pila por las propiedades físicas que cada uno de ellos tiene, debido a que reaccionan de manera negativa provocando derrame en la pila, que en consecuencia es desperdicio.

Los materiales que no pueden tener contacto entre si porque provocan que la pila se derrame son los siguientes:

- Mezcla con vaso de zinc
- Mezcla con asfalto
- Tapa con blindaje

Estos son los materiales que no pueden tener contacto directo porque provocan un derrame instantáneo lo que se conoce como pila en corto. Por eso la importancia de tener papel separador para aislar estos materiales y que no tengan contacto a lo largo del proceso de producción.

Para que estos defectos se detecten se necesitan buenos sensores que indiquen cuando la semipila no lleve papel separador, de lo contrario la pila seguirá mala hasta la prueba eléctrica que se realiza en el empaque por lo que la semipila que no es detectada por los sensores llega al empaque, y el tiempo transcurrido en que la maquina esta trabajando sin ser detectado el problema provoca que la cantidad de deficiencias aumente.

### **2.6.2 Recolección de información de las principales causas de derrame en la pila**

Para obtener la información de que es lo que está provocando el derrame en la pila, estudiar y analizar las causas que lo están generando es necesario identificar y separar el desperdicio generado por esta causa en el departamento de empaque.

Analizar que fue lo que provocó el derrame en la pila (contacto directo entre materiales, mal colocados y exceso de compactación), conocer cuales son otras causas menores que causan que se descargue el voltaje (contaminación de hierro y cobre), en el transcurso del tiempo.

### **2.6.3 Muestreo estadístico de pilas derramadas para determinar sus defectos**

El muestreo estadístico empleado es el de muestrear al 100% la pila derramada en el lapso de una semana para encontrar más variables que contribuyan a que la pila se derrame y poder recopilar mayor información.

Se sabe que hay materiales que no pueden tener contacto directo entre ellos porque provocan derrame (mezcla, zinc y asfalto), provocados por mala graduación de sensores, mala calidad del papel separador o defectos de arruga donde se filtra el asfalto.

A continuación se presenta la siguiente tabla, resultado de muestrear el desperdicio en el departamento del empaque durante un semana, en la que describe cada una de las principales causas que provocan que el voltaje se descargue y se derrame la pila, debido a que ciertos materiales tienen contacto directo entre ellos y por las propiedades físicas y químicas deben estar separados.

**Tabla VI. Conocimiento de las causas que provocan derrame.**

ORDEN	DEFECTO EN LA PILA	DESCRIPCIÓN
1	Sin roldana de fondo	Provoca derrame porque la mezcla tiene contacto directo con el vaso de zinc en el fondo de la pila.
2	Sin papel separador	Provoca derrame porque la mezcla tiene contacto directo alrededor con el vaso de zinc.
3	Roldana de fondo volteada	Provoca derrame porque la mezcla tiene contacto directo con el vaso de zinc.
4	Papel separador arremangado	Provoca derrame porque el papel separador se arruga y la mezcla tiene contacto directo con el vaso de zinc
5	Molde de la pila arremanga el papel separador	El molde que coloca la mezcla pasa lastimando el papel separador y provoca que la mezcla tenga contacto con el vaso de zinc
6	Roldana de sello descentrada	El asfalto se filtra en el orificio que deja la roldana de sello evitando que la pila tenga cámara de aire.
7	Tapa lastima por el cierre	Por el material de la tapa al tener contacto con el blindaje provoca que la pila se descargue.
8	Exceso de compactación	La pila lleva demasiado peso de mezcla y por la compactación que debe llevar el exceso de mezcla provoca que la pila se hinche.

En esta tabla se conoce cada una de las deficiencias que hacen que la pila se derrame y se desperdicie todos los materiales que la conforman, y describe cada uno de los problemas que originan que exista derrame en la pila.

#### 2.6.4 Diagrama de Pareto de las causas de derrame

El diagrama de Pareto permite identificar las principales causa de derrame en la pila, para analizar cuáles son los principales problemas que influyen a que el desperdicio de pila por derrame afecte al porcentaje total de desperdicio.

En la siguiente tabla se coloca la cantidad total de pila derramada identificada por cada una de las causas que lo generan con el fin de saber en que porcentaje influye cada una al desperdicio total por derrame.

**Tabla VII. Recopilación de información de las causas que contribuyen a que la pila pierda sus niveles de voltaje y amperaje**

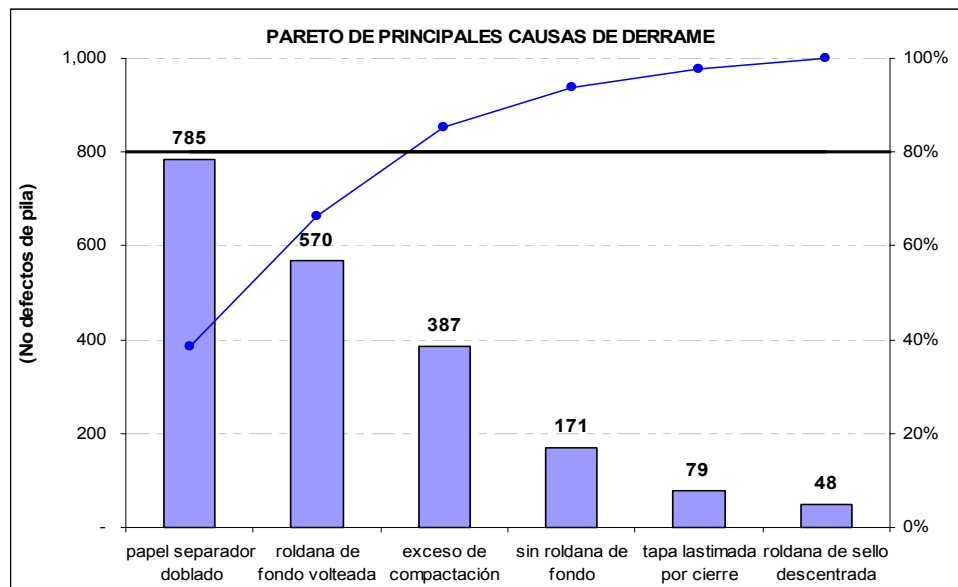
Causa	Cantidad	%	% Acum.	Lineal
Papel separador doblado	785	38.48%	38.48%	80%
Roldana de fondo volteada	570	27.94%	66.42%	80%
Exceso de compactación	387	18.97%	85.39%	80%
Sin roldana de fondo	171	8.38%	93.77%	80%
Tapa lastimada por cierre	79	3.87%	97.64%	80%
Roldana de sello descentrada	48	2.35%	100.00%	80%
Total	2,040	100%		

En esta tabla se tiene la información tabulada, y se observa que las principales causas del derrame en la pila se deben al departamento de las básicas y no al departamento del empaque.

El problema generado por el empaque en lo que respecta al rechazo eléctrico es del 3.87% y el resto es atribuido al departamento de las básicas, pero se detecta hasta la prueba eléctrica realizada en el empaque.

La siguiente gráfica sirve para visualizar cuales son las principales causas de derrame que contribuyen con el 80% del desperdicio total por este problema.

**Figura 15. Diagrama de Pareto de causas que provocan derrame en la pila.**



Con este gráfico se determina que las tres principales causas de derrame en la pila y que forman el 85.39% del desperdicio total son: papel separador doblada, la roldana de fondo volteada y exceso de compactación.

### **2.6.5 Interpretación de resultados**

El Pareto indica que es lo que se tiene que priorizar o dedicarle la mayor cantidad de tiempo para poder disminuir las principales causas que generan el mayor porcentaje de los problemas, el derrame de la pila es provocado principalmente por el papel separador doblado, roldana de fondo volteada y exceso de compactación.

Según el Pareto estas tres causas conforman el 85.39% del desperdicio que provoca derrame en la pila, estas se generan en el departamento de las básicas a pesar de que es detectado en el empaque.

### **2.7 Análisis estadísticos de límites y gráficos de control**

Para obtener niveles bajos de desperdicio es necesario que el porcentaje de desperdicio este limitado por un valor que no represente pérdidas a la planta.

Por esto es importante los límites que en este caso el límite que importa es el límite superior que nos indicará si el desperdicio esta bien o se encuentra alto.

Los gráficos de control sirven para ver si el desperdicio se encuentra bajo control o fuera de control por medio de los límites de control que se obtienen de recopilar información pasada (desperdicio del 2005) para llegar a establecer los niveles adecuados.

### 2.7.1 Cálculos preliminares

Para determinar los límites óptimos se usa el comportamiento de cada uno de los departamentos en el 2005 basándose en el desperdicio reportado para fijar los estándares que permitan trabajar durante el siguiente período debajo de las pérdidas reportadas anteriormente.

El desperdicio reportado durante todo el año 2005 en cada uno de los departamentos y dividirlo entre la producción de todo el año, con esto se determina cual había sido el porcentaje de desperdicio y se usan estos datos como base para poder trabajar.

### 2.7.2 Recopilación de información en reportes y fuentes directas

Con los parámetros que se toman como base de referencia, se procede a obtener los cálculos de los reportes de producción que es donde los supervisores consolidan la información del turno en la que incluye la producción y el desperdicio.

En la siguiente tabla se tiene el promedio del desperdicio por departamento durante todo el año, lo cual sirve para calcular el porcentaje de pérdidas en cada área del proceso por la producción realizada.

**Tabla VIII. Desperdicio por departamento en el 2005.**

DEPARTAMENTO	PRODUCCIÓN	DESPERDICIO	% DESPERDICIO
Extrusión	40,000	203	0.5075 %
Básicas	30,000	203	0.6766 %
Ensamble	70,000	90	0.1285 %
Empaque	75,000	408	0.544%

Esta tabla sirve como referencia para comparar si el desperdicio a aumentado en el 2006 o a disminuido y fijar los límites que permitan tener el desperdicio bajo control.

### 2.7.3 Cálculos de límites para el proceso requerido

Para calcular los límites se utilizan las cartas P, que consiste en que un producto no reúne ciertos atributos para pasar a la siguiente etapa del proceso, se le segrega denominándolo artículo defectuoso (desperdicio).

#### Formula 1. Para calcular los límites de control

$$LCS = P + 3\sqrt{\frac{P(1-P)}{N}}$$

$$\text{Línea central} = P$$

$$LIC = P - 3\sqrt{\frac{P(1-P)}{N}}$$

Las variables expuestas anteriormente representan lo siguiente:

- P Resultado de dividir el desperdicio total entre la producción total
- N Es la producción total



Los límites de control para cada uno de los distintos departamentos que forman parte de la elaboración de la pila quedan de la siguiente forma:

- Extrusión:

$$LSC = .5075 + 3\sqrt{.5075(1-.5075)/40,000} = 0.515 \%$$

$$\text{Línea central} = 0.5075 \%$$

$$LIC = .5075 - 3\sqrt{.5075(1-.5075)/40,000} = 0.5 \%$$

- Básicas:

$$LSC = .6766 + 3\sqrt{.6766(1-.6766)/30,000} = 0.6847 \%$$

$$\text{Línea central} = .6766 \%$$

$$LIC = .6766 - 3\sqrt{.6766(1-.6766)/30,000} = 0.6684 \%$$

- Ensamble:

$$LSC = .1285 + 3\sqrt{.1285(1-.1285)/70,000} = 0.1322\%$$

$$\text{Línea central} = 0.1285\%$$

$$LIC = .1285 - 3\sqrt{.1285(1-.1285)/70,000} = 0.1247\%$$

- Empaque:

$$LSC = .544 + 3\sqrt{.544(1-.544)/75,000} = 0.5458 \%$$

$$\text{Línea central} = .544$$

$$LIC = .544 - 3\sqrt{.544(1-.544)/75,000} = 0.5422 \%$$

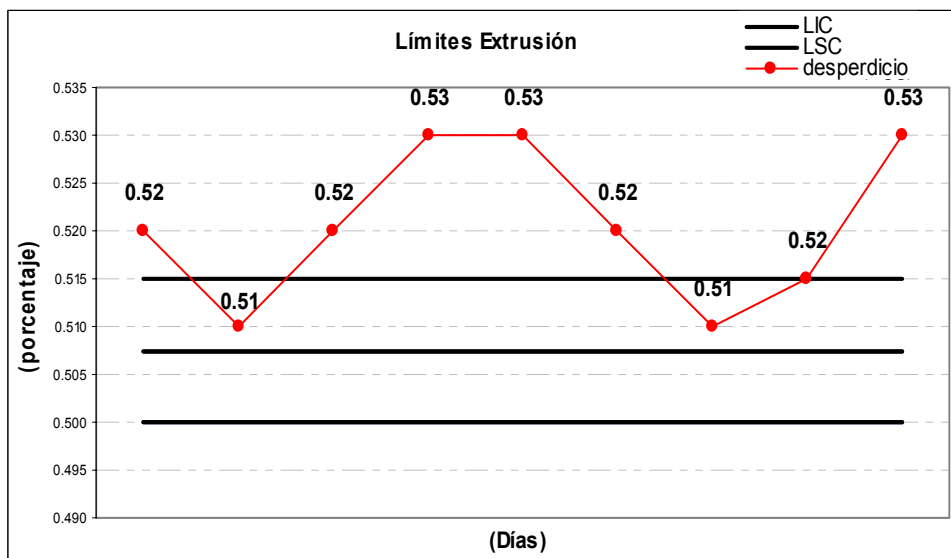
#### 2.7.4 Diagramación de límites determinados

Los límites indicaran si el proceso de producción está bajo control o fuera de control en cada uno de los distintos departamentos, colocando diariamente el porcentaje de desperdicio reportado.

Si el punto a graficar se encuentra dentro de los límites ese departamento tiene su desperdicio bajo control ese día, si se encuentra fuera del límite superior el desperdicio esta fuera de control y hay que corregir las causas que provocaron los desperfectos en esa área de trabajo.

En la siguiente gráfica se coloca el resultado obtenido en el cálculo de los límites de control para el departamento de extrusión en la que delimita el rango en el que se debe trabajar para tener el desperdicio bajo control, con los valores del desperdicio diario se tiene lo siguiente comportamiento:

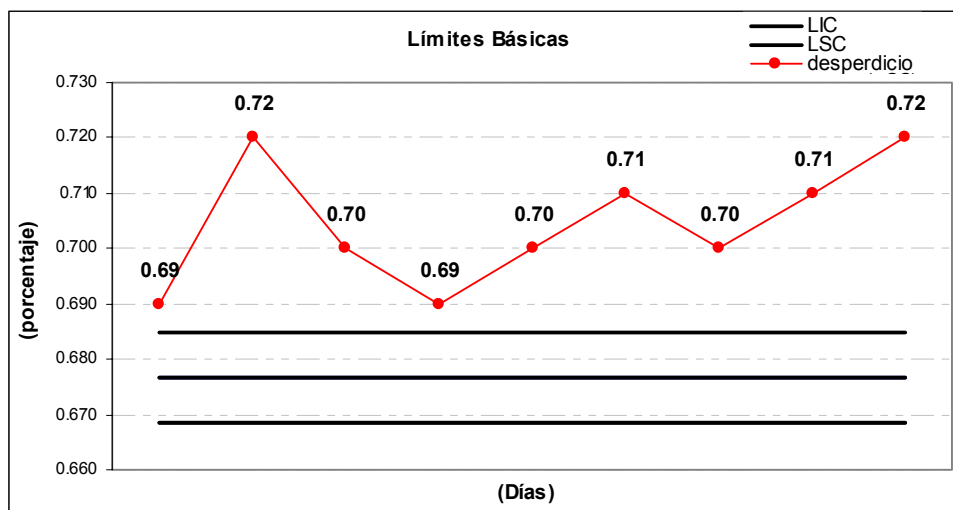
**Figura 16. Límites establecidos para el departamento de extrusión**



Este gráfico permite llevar un registro diario del desperdicio y del comportamiento del desperdicio, con lo valores indica que esta fuera de control (por hacer más de un arranque en el turno y desperfectos mecánicos).

En la siguiente gráfica se coloca el resultado obtenido en el cálculo de los límites de control para el departamento de las básicas en la que delimita el rango en el que se debe trabajar para tener el desperdicio bajo control, con los valores del desperdicio diario se tiene lo siguiente comportamiento:

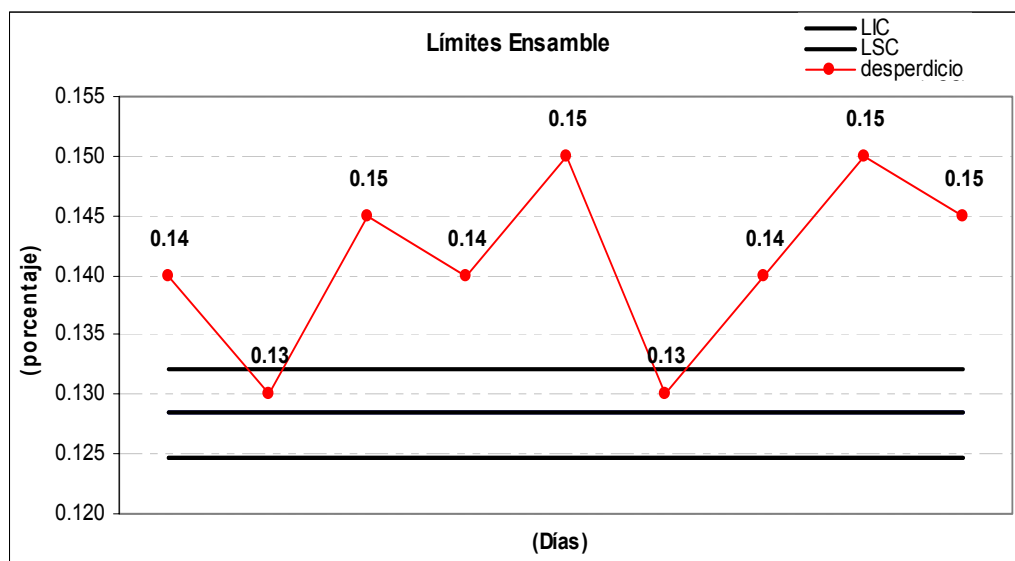
**Figura 17. Límites establecidos para el departamento de las básicas**



Este gráfico permite llevar un registro diario del desperdicio y del comportamiento de las básicas, se observa que el desperdicio (arruga, electrodo descentrado y mancha de mezcla), no se encuentra bajo control debido a que las pérdidas reportadas están fuera de los límites de control, este departamento afecta las pérdidas en el empaque (derrame), por lo que hay que ponerle mayor atención.

En la siguiente figura se colocan los límites de control para el departamento del ensamble que es el departamento que menos desperdicio genera en la planta, lo que permite que se mantenga en bajos niveles y bajo control

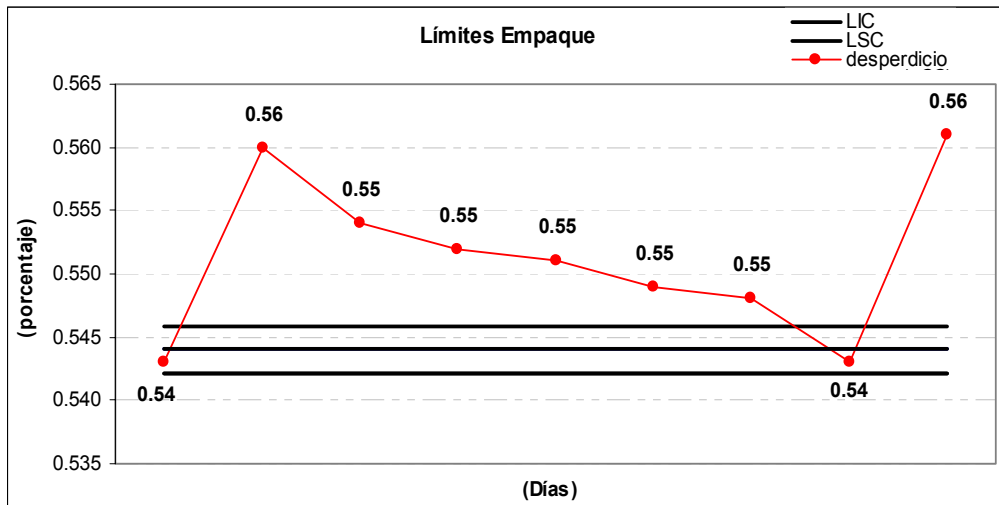
**Figura 18. Límites establecidos para el departamento de ensamble**



Este gráfico permite llevar un registro diario del desperdicio y del comportamiento del desperdicio, a pesar de ser el departamento con menor porcentaje de desperdicio esta fuera de control por no estar dentro de los valores establecidos.

En la siguiente gráfica se coloca el resultado obtenido en el cálculo de los límites de control para el departamento de empaque en la que delimita el rango en el que se debe trabajar para tener el desperdicio bajo control, con los valores del desperdicio diario se tiene lo siguiente comportamiento:

**Figura 19. Límites establecidos para el departamento de empaque**



Este gráfico permite llevar un registro diario del desperdicio y del comportamiento del desperdicio, en este departamento se consolidan los defectos de otras áreas de trabajo (derrame, apachada y sucia), y el porcentaje de pérdidas se encuentra fuera de control, la mayor parte de las pérdidas es atribuido a las básicas.

### **2.7.5 Implementación de resultados**

Teniendo los límites establecidos para cada departamento y colocando los datos del desperdicio diario en cada sector que contribuye a la producción de la pila, se observa que el porcentaje de pérdidas a lo largo del proceso se encuentra fuera de control mostrando niveles más altos de los permitidos.

Al tener el porcentaje de desperdicio elevado provoca que el costo de la pila sea mayor por no aprovecha de una manera adecuada las materias primas utilizando más material del necesario para fabricar la batería.



### **3. PROPUESTA PARA LA REDUCCIÓN DEL DESPERDICIO DE PILA**

El desperdicio es provocado principalmente por dos causas: la pila con arruga y el rechazo eléctrico ambas son generadas por el departamento de las básicas en su mayoría, en este capítulo se brindan soluciones que permitan reducir las pérdidas y mejorar el proceso productivo para aprovechar al máximo los materiales.

#### **3.1 Análisis de resultados obtenidos**

El departamento de las básicas es el que tiene los niveles de porcentaje más altos del desperdicio y es el que contribuye principalmente a que el desperdicio en el empaque por rechazo eléctrico este alto.

La pila con arruga es la causa principal del desperdicio en las básicas y el papel separador doblado es la que contribuye a que el rechazo eléctrico este alto en el empaque.

Es necesario implementar acciones que disminuyan la cantidad de pila con arruga y hacer que la confiabilidad de las rovac sea mejor para reducir las deficiencias que provocan derrame en la pila.

Ambas causas, la pila con arruga y el rechazo eléctrico contribuyen en un 77.19% al desperdicio general de la planta, al lograr disminuir estas deficiencias se estaría reduciendo el desperdicio general que es de 2.22%.

### **3.2 Propuesta para la reducción de defectos que generan el desperdicio de pila en el proceso**

Para reducir el desperdicio total de la planta se propone disminuir los desperfectos en los tres departamentos que presentan el mayor porcentaje de pérdidas (básicas, empaque y extrusión).

Para bajar el desperdicio en las básicas que actualmente es de 0.99% comparado con el total que es de 2.22%, hay que reducir la cantidad de pila con arruga, por ser la principal causa de desperdicio.

El problema generado por la pila arrugada se debe a que no tiene el domeado adecuado que soporte el impacto del dobles, por lo que se propone encontrar el radio adecuado que permita que la pila tenga un buen domeado y que lastime lo menos posible a la batería.

El segundo porcentaje de desperdicio es el rechazo eléctrico que actualmente es de 0.60% comparado con el total que es de 2.22%, el cual es generado principalmente por el papel separador doblado por lo que se propone encontrar un sistema confiable que permita que los sensores que detectan que este bien colocado funcionen de manera adecuada, de la misma forma con los sensores de la roldana de fondo.

El tercer porcentaje de desperdicio es el de extrusión que actualmente es de 0.43% comparado con el total que es de 2.22%, el cual se debe principalmente a el arranque de una prensa ya que el vaso tiene que llegar a cierta altura mínima para que pueda ser cortado, por lo que se propone hay diseñar un sistema de arranque que evite que se desperdicie mucha materia prima.



Al lograr disminuir el porcentaje de desperdicio en estos tres departamentos que actualmente en el año suman un 2.02% del desperdicio total que es de 2.22%.

La pérdida disminuiría de manera considerable porque estos tres departamentos representan el 91% del desperdicio de la planta y se aprovecharía de mejor manera los materiales que sirven para la elaboración de la pila y se mantendrían los costos bajos de la pila.

### **3.2.1 Propuesta para el proceso de inspección de la pila**

A lo largo del proceso existen inspecciones que velan por la calidad de la pila, la función de las inspecciones es desechar todas aquellas pilas que tengan algún defecto (arruga, sucia, sin algún material y manchada), ya sea que estos defectos se puedan corregir o se desperdicie la pila, en los departamentos donde hay inspecciones (básicas, ensamble y empaque).

En cada uno se utilizan diferentes cajas para colocar el desperdicio que sale en el proceso, si tomamos como base el ensamble que es el departamento que tiene el desperdicio más bajo de la planta, las cajas que se utilizan en este departamento tienen una capacidad de almacenaje de 90 pilas, mientras que el departamento de las Básicas es de 195 y en el Empaque es de 209 pilas.

Para poder identificar y visualizar que el desperdicio en algún departamento este alto, se propone estandarizar en toda la planta las cajas donde se almacena el desperdicio y reemplazar las cajas donde se almacena el desperdicio en las básicas y el empaque por cajas de 90 pilas para poder identificar y visualizar de manera más rápida si existe algún departamento que presente alguna deficiencia que este contribuyendo a generar mucho desperdicio de manera más rápida ya que la caja de 90 unidades se llena más rápido que una caja de 195 o de 203 unidades

### **3.2.2 Propuesta para la identificación de la maquinaria que está provocando los defectos en la pila**

Para la elaboración de la pila se utilizan varias máquinas y de varios tipos, por lo que se propone poder identificar las máquinas que elaboran la pila, por medio de colores y señas que no afecten la imagen del producto al mercado, por lo que se propone lo siguiente:

- Vaso: hacer círculos internos alrededor del vaso por el número de máquina que este trabajando.
- Semipila: identificarlas con marcadores en distintas posiciones para saber en base al color que máquina es, las posiciones podrían ser: en el fondo, abajo, en medio y arriba de la semipila y los colores podrían ser rojo, verde, negro y azul si se trabajan más de 12 rovac.
- Pila: marcar en la parte interna del sello de garantía para visualizas de que cerradora es la pila que esta saliendo una línea para la cerradora 1 y así sucesivamente.

### **3.2.3 Propuesta para la identificación de las causas que generan el desperdicio**

Se propone designar a una persona para que efectué muestreos diarios del desperdicio que sale en las básicas para determinar cuales son las principales causas (arruga, mancha de mezcla o carbón descentrado), y poder reducir las deficiencias encontradas al siguiente día para actuar de manera inmediata y no esperar al final del mes los resultados del porcentaje de desperdicio.

Así mismo se propone designar a una persona que se encargue de muestrear el desperdicio en el empaque para determinar cuales son las causas que están generando el desperdicio en el empaque (rechazo eléctrico, derrame, lastimada o sucia), si son por causas del departamento, o por deficiencias de las rovac (mezcla, roldana de fondo o el papel separador). Para avisar que se efectúen las reparaciones y correcciones necesarias y reducir el rechazo eléctrico.

Con esto se lleva un registro diario de cómo se esta comportando el desperdicio y de cuales son las causas que lo están generando para realizar las reparaciones y arreglos necesarios que eviten que el desperdicio se incremente.

### **3.2.4 Propuesta de formato que indique la cantidad de desperdicio generado**

El desperdicio en cada uno de los departamentos puede ser provocado por la maquinaria, reparaciones mecánicas, funcionamiento y mala calidad de la materia prima. Para que los desperfectos esten a la vista y a el conocimiento de todos en cualquier instante se propone incorporar los siguientes formatos:

#### **3.2.4.1 Por máquina**

Con la propuesta de tener un formato por máquina se puede tener información semanal y determinar cual maquinaria esta en mejores condiciones y compararla con la peor en cada departamento para estandarizar el funcionamiento de cada una de ellas.

En la siguiente tabla se tiene el formato que permite medir el porcentaje de desperdicio en cualquier parte del proceso, dividiendo las unidades malas entre la producción realizada.

**Tabla IX. Formato de desperdicio por máquina.**

Departamento de Producción				
Control de desperdicio por maquina				
Fecha	Maquina	Producción	Desperdicio	Porcentaje

Con este formato se podrá determinar cual es el comportamiento de las maquinas y compararlas entre sí para realizar reparaciones basándose en la maquina que genere mayor desperdicio.

**3.2.4.2 Por departamento**

Con la propuesta de tener un formato por departamento se puede determinar en que condiciones se encuentra cada uno de ellos para que de una idea de cual es al que se le tiene que prestar más atención porque su nivel de desperdicio está alto.

En la siguiente tabla se tiene el formato del porcentaje de desperdicio por departamento en el que se suman todas las unidades malas y se dividen entre la producción del departamento para tener el dato de cuanto es la pérdida por día.

**Tabla X. Formato de desperdicio por departamento.**

Departamento de Producción				
<b>Control de desperdicio por departamento</b>				
Fecha	departamento	Producción	Desperdicio	Porcentaje

Con este formato se podrá comparar el comportamiento de cada departamento para determinar si alguno en particular está contribuyendo a que el desperdicio general se incremente.

**3.2.4.3 General**

Con la propuesta de tener un formato global de cómo esta el desperdicio en cualquier momento permite tener un panorama de cuales son los resultados que se esperan al final del mes y no esperar tener esa información hasta que es el cierre contable que es cuando se tienen los datos.

En la siguiente tabla se obtiene la información general del porcentaje de perdidas en toda la planta día a día con el fin de que se tenga un panorama global de que departamento provoca durante el turno de producción que el desperdicio total se incremente.

**Tabla XI. Formato de desperdicio General.**

Departamento de Producción 					
Control de desperdicio general					
Fecha	Extrusión	Básicas	Ensamble	Empaque	Total

Con este formato permite visualizar el porcentaje general del desperdicio día a día y poder saber si los resultados están bien.

**3.2.5 Propuesta del porcentaje máximo de desperdicio permitido**


Se propone determinar valores máximos que permitan mantener niveles bajos de desperdicio (que se mantenga entre 1% y 1.5%), y que no representen pérdidas a la empresa, donde los costos de los materiales no sean altos y se pueda aprovechar al máximo la materia prima.

### 3.2.5.1 Por máquina

Se propone colocar en cada máquina que contribuya a la elaboración de la pila los porcentajes de desperdicio adecuados para que la gente pueda visualizar si se encuentra en niveles bajos de desperdicio o esta alta en desperdicio.

La siguiente tabla muestra el porcentaje máximo permitido por cada máquina que contribuye para realizar la pila, con esta se pretende que la gente se involucre en lo que respecta al desperdicio y detengan la máquina cuando el porcentaje de pérdidas sea mayor a la tabla.

**Tabla XII. Desperdicio máximo permitido por máquina**

Departamento de Producción		
<b>DESPERDICIO MÁXIMO PERMITIDO POR MAQUINA</b>		
DEPARTAMENTO	MAQUINARIA	PORCENTAJE
Extrusión	Schuller	0.25%
Extrusión	Trimmer	0.05%
Básicas	Rovac	0.27%
Básicas	Inspección	0.27%
Ensamble	Ensambladora	0.05%
Ensamble	Asfaltadora	0.05%
Empaque	Closing	0.10%
Empaque	Probadora	0.30%

Con este formato se puede determinar en cualquier momento como esta el porcentaje de desperdicio en cada una de las máquinas de la planta que contribuyen a la elaboración de la pila y detenerla si se encuentra por encima de los niveles.

### 3.2.5.2 Por departamento

Se propone colocar en cada departamento el porcentaje de desperdicio máximo permitido para cada uno el cual consiste en la suma de los porcentajes individuales fijados a cada una de las máquinas que conforman cada área de trabajo, lo que significa que si la maquinaria mantiene un nivel bajo de desperdicio el departamento en general se encontrará bajo.

En la siguiente tabla se coloca el porcentaje de pérdidas máximo permitido por departamento con el fin de que cada supervisor procure que su departamento se encuentre por debajo de este dato para que el porcentaje general este bajo.

**Tabla XIII. Desperdicio máximo permitido por departamento**

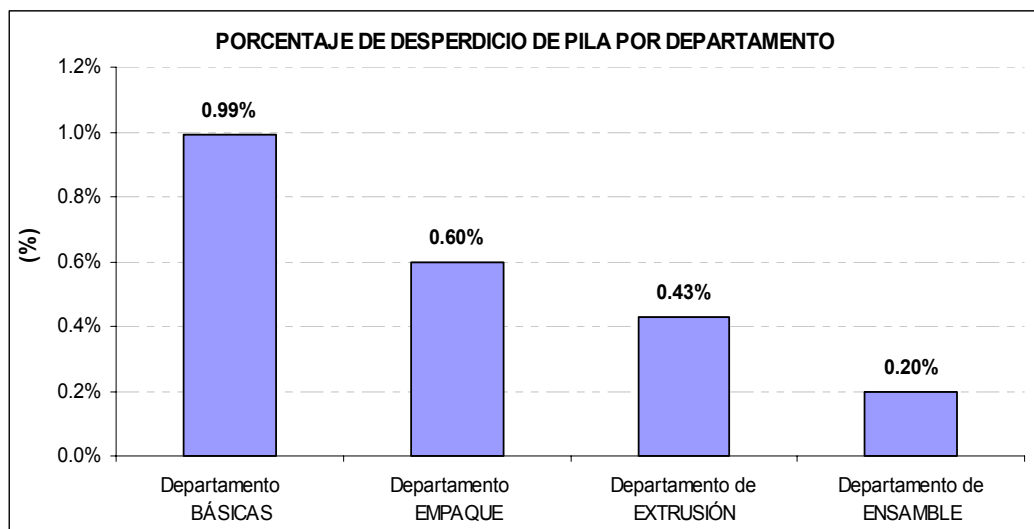
<b>DEPARTAMENTO</b>	<b>PRODUCCIÓN</b>	<b>DESPERDICIO</b>	<b>% DESPERDICIO</b>
Extrusión	40,000	120	0.30 %
Básicas	30,000	162	0.54 %
Ensamble	70,000	70	0.10 %
Empaque	75,000	300	0.40 %

Con este formato de porcentaje máximo permitido por departamento se tendrán valores de desperdicio general más bajos de los que se tienen actualmente en la planta (1.34% comparado con un 2.22%).



En la siguiente gráfica se coloca de mayor a menor el porcentaje de desperdicio máximo permitido por departamento para que el supervisor de cada departamento sepa cual es el valor con el que puede trabajar su departamento.

**Figura 20. Desperdicio máximo permitido por departamento.**



Al tener estos valores el desperdicio general se puede disminuir en un 39.63% de lo que esta actualmente logrando aprovechar de mejor manera los materiales y reduciendo los costos del desperdicio.

### 3.2.5.3 General

Con las propuestas de que se tengan niveles bajos de desperdicio en cada uno de los distintos departamentos que contribuyen a la elaboración de la pila.

Al mantener las máquinas bajo control y los departamentos con niveles de desperfectos adecuados en la planta se obtiene un porcentaje de desperdicio máximo permitido de 1.34% comparado con el actual que es del 2.22%, con estos porcentajes de pérdidas se está reduciendo en un 39.63% al desperdicio del 2006.

### **3.3 Propuesta para la disminución de derrame en la pila**

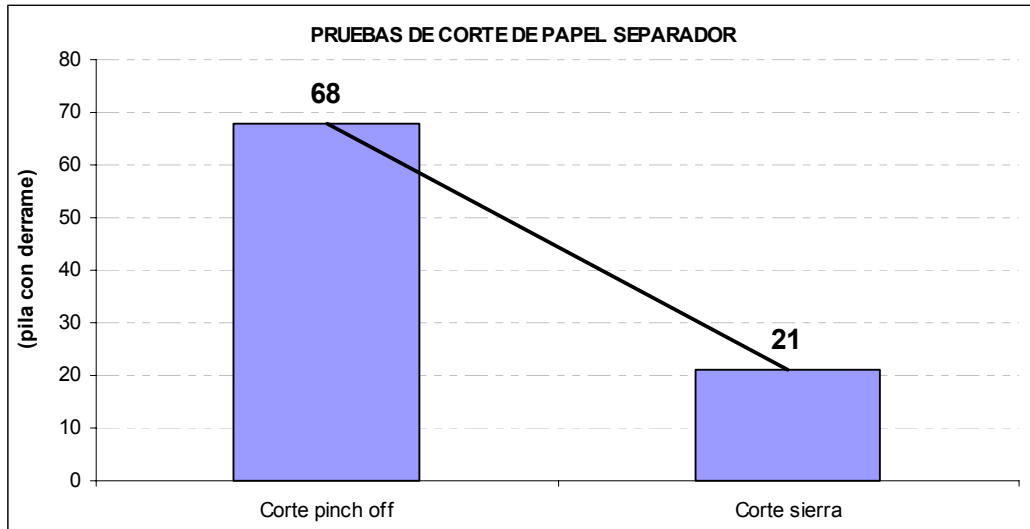
Las tres principales causas por las que hay derrame en la pila es porque el papel separador esta mal colocado y se dobla en cualquier parte interna del vaso, la roldana de fondo este volteada y la última que la pila lleve exceso de compactación la mezcla.

Actualmente el papel separador se corta con *pinch off* y deja rebaba en el corte lo que genera que al ingresar la mezcla al vaso de zinc se doble en algunas de las esquinas y tenga contacto directo con el vaso, lo que se propone es cambiar el sistema de corte de papel con sierra que brinda un corte parejo que elimina la rebaba y que en el momento que penetre la mezcla no se dobla el papel separador porque la rebaba está eliminada.

Se realizaron pruebas en una rovac de cambiar el corte de papel separador *pinch off* por corte de sierra y compararlo con otra rovac que tiene corte de *pinch off* para analizar el comportamiento de cada una y observar si la pila derramada disminuye al eliminarse la rebaba del papel.

En la siguiente gráfica se tiene la comparación de corte pinch off con corte sierra en la que se observa que la cantidad de pila derramada se disminuye al usar corte de sierra para el papel separador

**Figura 21. Comparación de corte de *pinch off* frente a sierra.**

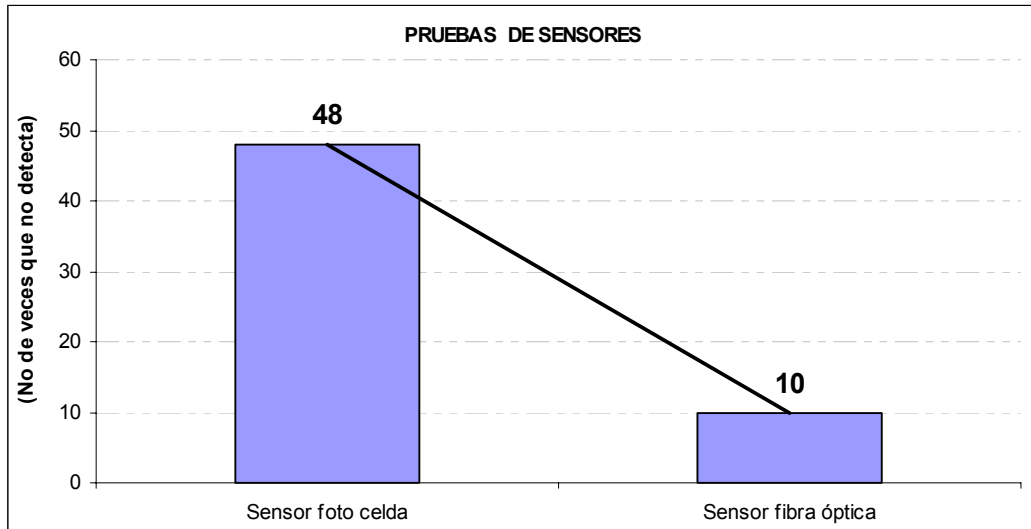


En la anterior gráfica se observa la disminución del desperdicio por cortar el papel separador con sierra en vez de cortarlo con *pinch off* logrando una reducción de 21 pilas malas a 68 pilas malas con el corte normal, disminuyendo en un 69.11% la cantidad de pila mala por derrame provocado por papel separador doblado.

La propuesta para eliminar la posibilidad de que la pila se derrame porque no lleve roldana de fondo, es colocar sensores de fibra óptica que son más rígidos a los procesos productivos y que tienen mayor capacidad de detectar la ausencia de algún material a altas velocidades de producción que los sensores con foto celdas que se contamina el lente de viruta y deja de mandar señal si por alguna razón no lleva algún material la pila.

En la siguiente gráfica se compara una rovac con sensor de fibra óptica con otra que tiene sensor de foto celdas para analizar el comportamiento de cada una, y determinar cual es más confiable cuando no lleva el material, el resultado es el siguiente:

**Figura 22. Comparación de sensores foto celda frente a fibra óptica**



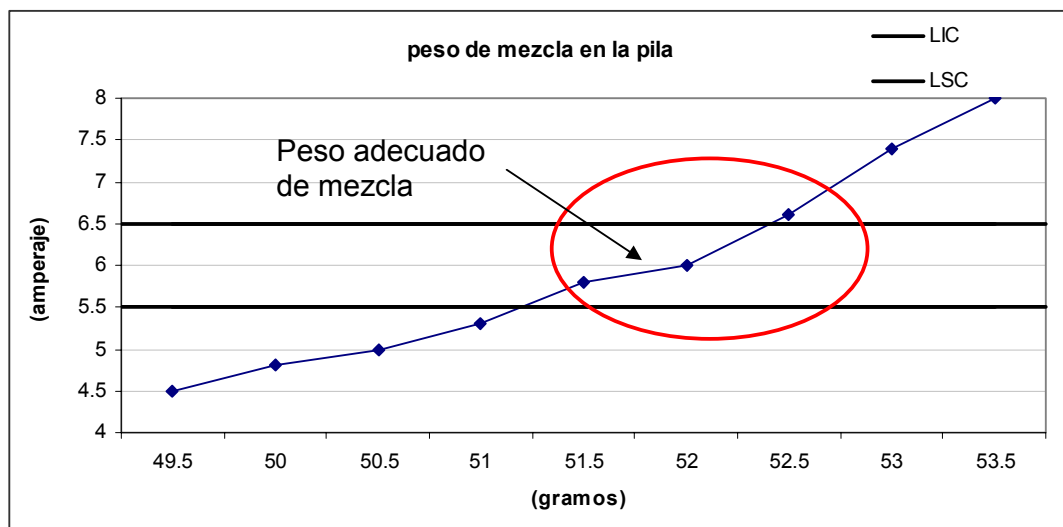
Con estos resultados se observa que la fibra óptica disminuye en un 79.16% la causa que no se detecte que la pila lleva mal colocada la roldana de fondo, logrando reducir de 48 pilas malas a 10 por el cambio de sensores.

El exceso de compactación produce que el amperaje de la pila se vea alterado y reaccione antes de tiempo, además de que la pila lleva más mezcla de la estipulada, provocando que la pila eleve sus costos, la propuesta es determinar cual es el rango de peso adecuado de mezcla que debe llevar la pila para que su rendimiento sea bueno y no provoque que la pila se derrame y se vaya material de más.

Se tomó una rovac para realizar pruebas de compactación y determinar su rendimiento de amperaje para fijar el rango de peso de mezcla que debe llevar la pila y compararlo con el amperaje de la pila adecuado.

En la siguiente gráfica se colocan distintos pesos de mezcla para compararlos con el amperaje que cada uno de estos da en la pila para determinar cual es el rango de mezcla adecuado que permite tener una buena compactación y un buen nivel de amperaje.

**Figura 23. Peso ideal de mezcla en la pila**



Como se puede observar en la gráfica, el rango ideal de mezcla que debe llevar la pila está entre los 51.5 gramos a 52.5 gramos para tener al amperaje y compactación adecuado para el buen funcionamiento de la pila.

### **3.4 Propuesta para la implementación de fijación de objetivos por departamento**

Se propone que todos los departamentos realicen una presentación mensual para analizar cuales fueron sus resultados del mes con esto todos los trabajadores están en la misma sintonía por eso la importancia de fijar objetivos mensualmente en cada departamento para que al efectuar las revisiones de cómo estuvo el desempeño del mes se pueda visualizar el

trabajo realizado en cada uno de las áreas de trabajo, por lo que se propone que a cada departamento se le fijen objetivos en las siguientes áreas:

- Eficiencia
- Desperdicio
- Inventarios
- Accidentes
- Ausentismo

Al tener presente cada departamento los objetivos que se tienen que cumplir en el mes, se podrá ver una sintonía en todas las áreas de la planta de lo importante que es para la empresa cada una de se pretenda medir. Y con esto se logra que al final del mes se tengan buenos resultados generales, por la contribución individual de cada departamento.

A cada departamento se le tiene que poner los mismos parámetros a excepción del desperdicio que no puede ser igual para todos los departamentos.

- Eficiencia (80 %)
- Desperdicio (varia en cada departamento)
- Inventarios (que las variaciones de mes no sean desfavorables)
- Accidentes (cero)
- Ausentismo (abajo del 4%)

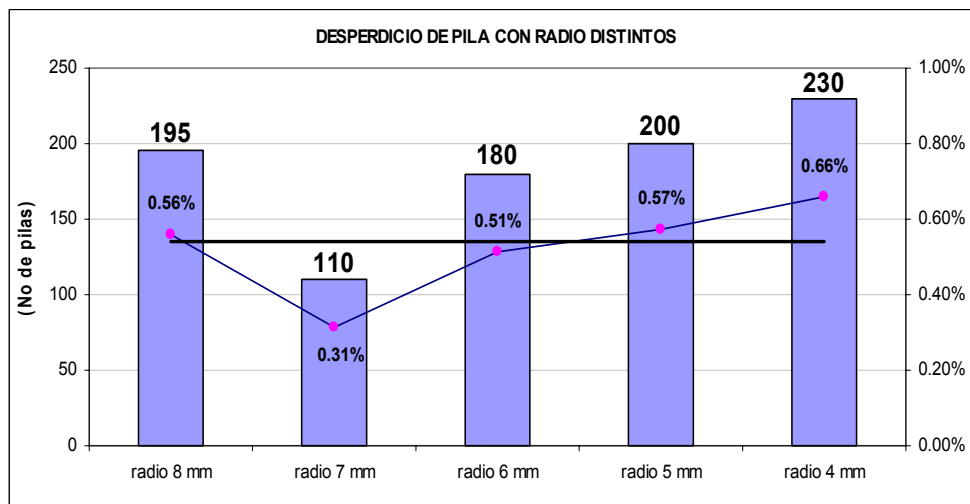
Si se cumplen estos parámetros mes a mes se podrá observar mejores resultados en la planta a nivel general.

### 3.5 Implementación de la reducción de las principales causas de defectos que generan el desperdicio en el proceso de la pila

Con la propuesta de reducir la pila con arruga se elaboró una serie de copas con distintos radios de domeado para determinar cual era el radio que generaba menos arruga en la pila.

En la siguiente gráfica se colocan los distintos radios con los que se trabajó para determinar cual era el que provoca menos arruga a la pila y reducir las pérdidas por arruga.

**Figura 24. Comparación de radios para hacer el domeado**



Se puede observar en la gráfica anterior que si se trabaja con un radio de 7mm para hacer el domeado el porcentaje de desperdicio por pila con arruga disminuye y se obtienen mejores resultados en el departamento de las básicas, con este radio se disminuye de 230 semipilas malas a 110, reduciendo en un 52.17% la pila con arruga, logrando que aumente la producción de la pila y se aproveche al máximo los materiales en este departamento.

Se realizó pruebas con una máquina de cada departamento para evaluar el comportamiento a lo largo del proceso de cómo se reducía el desperdicio con las propuestas realizadas para disminuir las causas principales.

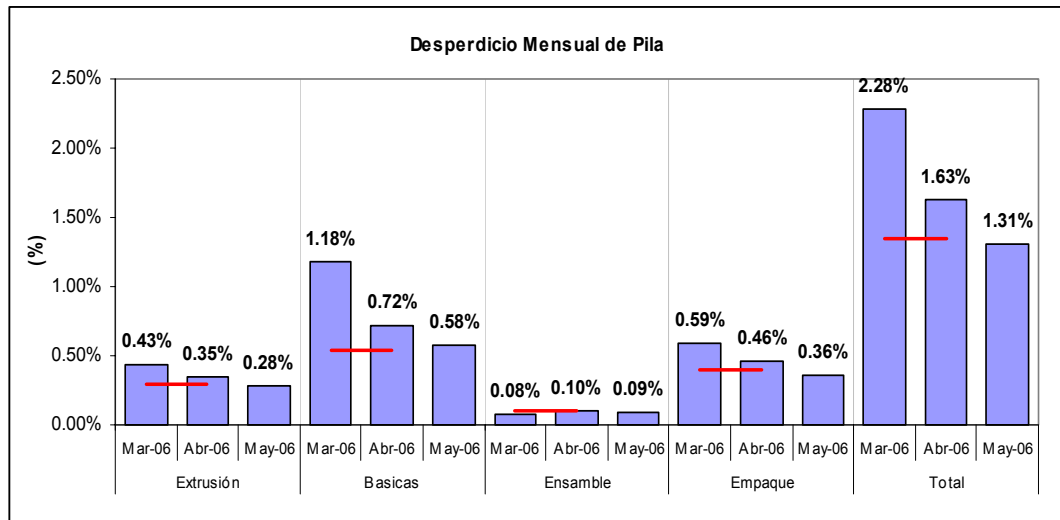
Las propuestas que se realizaron para observar si el nivel de desperdicio disminuye a nivel general y en los departamentos efectuando cambios en cada área de trabajo son las siguientes:

- Extrusión: modificar el sistema de arranque colocando a dos personas arrancar una maquina en lugar de que una persona arrancara la máquina.
- Básicas: colocar una copa que tuviera radio de 7mm para hacer el domeado de la semipila y evitar que saliera con arruga, cambiar el sensor de foto celda por fibra óptica para detectar de una mejor manera si por alguna razón la pila no lleva algún material que provoque que la pila se derrame, fijar el rango de peso de mezcla que debe llevar la pila para evitar que la pila lleve un exceso de compactación y se derrame por mucha mezcla.
- Empaque: se le hizo mantenimiento a las puntas que realizan la prueba eléctrica para evitar que exista un falso rechazo y que se tire pila buena.



En la siguiente gráfica se compara el desperdicio en cada departamento con las pérdidas generadas al implementar las propuestas en una máquina de cada departamento y determinar si el porcentaje de pérdidas a disminuido o no.

**Figura 25. Implementación de mejoras al proceso para determinar si el porcentaje de desperdicio general disminuye (propuesto frente a real)**



En esta gráfica se observa que el desperdicio general está por encima del desperdicio con las propuestas implementadas una máquina de cada departamento 2.28% vs 1.31% logrando reducir el desperdicio en un 42.54%.

### 3.6 Análisis de la implementación de costos por la reducción del desperdicio (lo planeado frente a lo real)

Con los resultados obtenidos, se puede observar la disminución en el porcentaje de desperdicio por las mejoras implementadas en las máquinas que sirven para la elaboración de la pila.

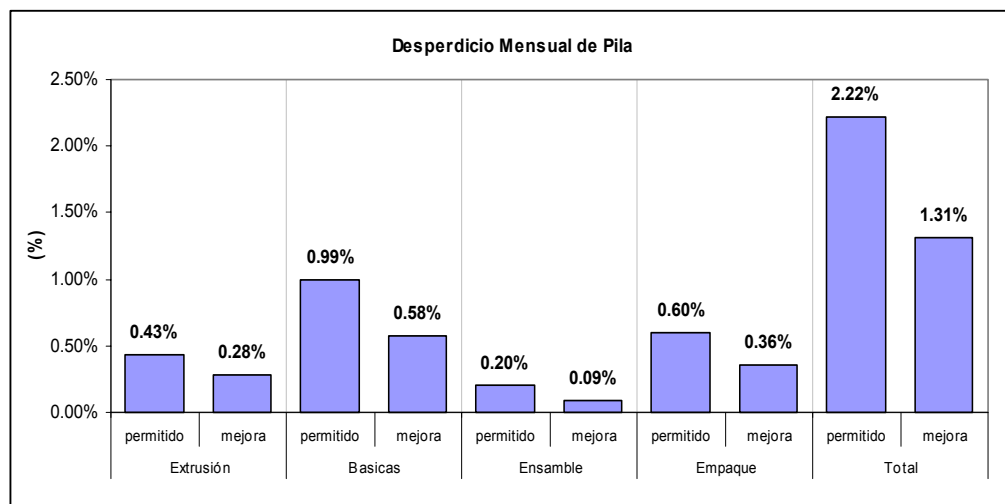
Las pruebas en cada una de las máquina que se utilizó para hacer las modificaciones tardaron 3 meses y se puede comparar el comportamiento del porcentaje de desperdicio antes de hacer los cambios y después de hacer los cambios.

Si se toma en cuenta que cada mes el promedio de producción es de 20, 000,000 de pila podemos sacar el costo de cuanto se gasta en el desperdicio y compararlo con el desperdicio que sale ya con las mejoras, para comparar cuanto sería el ahorro que se estaría generando.

En resumen, se puede observar que el comportamiento del desperdicio con las mejoras realizadas en las causas principales que generan desperdicio es menor al desperdicio permitido en Rayovac Guatemala.

En la siguiente gráfica se coloca el porcentaje de desperdicio permitido frente a las mejoras que se implementaron en cada departamento para comparar si existe una reducción en las pérdidas en el proceso.

**Figura 26. Comparación del desperdicio permitido frente a mejorado**



Con estos resultados se aprecia que las propuestas hechas para disminuir el desperdicio y eliminar los defectos de la pila funcionan y permiten tener un desperdicio general de 1.31 % comparado con el actual que es de 2.22% logrando una reducción de 40.99% del desperdicio general.

Al disminuir la pila con arruga cambiando el radio de domeado a 7mm, cambiar el corte del papel separador por sierra, cambiar el sensor por fibra óptica y cambiar el sistema de arranque en extrusión de un operador por dos operadores se nota la mejora en los resultados finales del mes.

Asumiendo que el costo de la pila es de Q 1.00 para poder calcular el ahorro que se obtendría por las mejoras realizadas tendríamos los siguientes resultados:

**Tabla XIV. Comparación de costos**

<b>COSTO PERMITIDO</b>			
Producción	Permitido	Pila mala	Costo
20,000,000	2.22%	444,000	Q 444,000
<b>COSTO CON MEJORAS</b>			
Producción	Mejoras	Pila mala	Costo
20,000,000	1.31%	262,000	Q 262,000
<b>AHORRO</b>			
Producción	Mejoras	Pila mala	Costo
20,000,000	0.91%	182,000	Q 182,000

Con estos resultados, al realizar las mejoras en todas la máquinas tendría un ahorro de Q182,000 quetzales al mes, en desperdicio y mantendría unos niveles de desperdicio más bajos que los niveles de desperdicio que se tienen permitidos para la elaboración de la pila, sus costos estarían más bajos y se podría aprovechar de una mejor manera la materia prima en cada uno de los distintos departamentos.



## **4. ELABORACIÓN DE MANUALES QUE BRINDEN MEJORAS A LA REDUCCIÓN DEL DESPERDICIO**

Para dejar establecido que el desperdicio se tiene que medir continuamente y diariamente en todas las áreas de la planta para mantener niveles que permitan tener costos bajos y aprovechar al máximo los materiales, se realizó una serie de manuales para colocarlos en las máquinas y que puedan ser herramientas útiles para identificar, encontrar y reducir el desperdicio.

### **4.1 Manual para medir el desperdicio en cualquier parte del proceso**


El desperdicio es fundamental en cualquier proceso de producción, por lo que es importante tener herramientas que permitan medir el comportamiento del desperdicio a lo largo del proceso para poder actuar de manera inmediata y solucionar las causas que están afectando a que el desperdicio aumente.

Los pasos para medir el desperdicio en cualquier parte del proceso se tienen que basar en las siguientes características:

- Producción de la máquina: que este funcionando el contador de la máquina para realizar la medición.
- Conocer los defectos que salen de esa máquina para poder identificarlos.
- Separar los defectos que tenga la máquina antes de realizar el análisis

En la siguiente tabla se colocan los pasos que se tienen que seguir para medir el desperdicio en cualquier parte del proceso y con esto obtener la información si la maquinaria esta con niveles altos o bajos de desperdicio.

**Tabla XV. Manual de medición del desperdicio.**


Departamento de Producción	
Medición del desperdicio	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Tomar la producción de 1,000 unidades.</li><li>• Separar el desperdicio que sale durante la producción de 1,000 unidades</li><li>• Si las unidades defectuosas que salen durante las 1,000 unidades producidas son iguales o mayores que 5 la máquina se tiene que parar la máquina porque está sacando muy alto el desperdicio y notificar para que se repare.</li><li>• Si las unidades defectuosas equivalen a 4 ó 3 unidades se debe repetir el proceso de contar 1,000 unidades para ver si se sigue comportando de igual forma si aumenta en la segunda prueba se tiene que para la máquina y notificar para que se realicen reparaciones.</li><li>• Si las unidades defectuosas equivalen a dos o menos unidades la máquina puede seguir trabajando sin ningún problema porque el desperdicio esta controlado.</li></ul>	

#### **4.2 Manual para reconocer los principales defectos de la pila, que generan desperdicio**

A lo largo del proceso existe una diversidad de defectos que son provocados como parte del proceso, los defectos principales son los que generan la mayor cantidad de desperdicio en la pila y provocan que los niveles de desperdicio se mantengan altos.

En la siguiente tabla se tienen los principales defectos que provocan pérdidas en el proceso y las causas que los originan para que al instante en que salgan se pueda notificar para hacer las reparaciones necesarias.

**Tabla XVI. Manual de principales defectos y causas del desperdicio**

Departamento de Producción Principales defectos de la pila	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pila con arruga: este problema se origina en el departamento de las básicas, consiste en un golpe que lleva la semipila, este defecto es provocado por el espesor del vaso de zinc, el radio del domeado muy pequeño, guías de la rovac están descentradas.</li><li>• Pila con electrodo descentrado: este problema se da en el departamento de las básicas, consiste en que el electrodo sale torcido de la rovac, este defecto es provocado por la humedad de la mezcla, tiempo perdido de la carbonera, roldana de compresión corrida.</li></ul>	

**Continuación Tabla XVI. Manual de principales defectos y causas del desperdicio**

Departamento de Producción



Principales defectos de la pila

- Pila sin tubo: este problema se da en el departamento de ensamble, consiste en que la pila no lleva el recubrimiento de cartón, este defecto es provocado porque el sensor de la ensambladora no detecta que la pila va sin tubo.
- Pila apachada: este problema se da en el departamento de ensamble, consiste en que la pila sale aplastada, este defecto es provocado porque la ensambladora pierde el tiempo de alimentación de la semipila, la zapata esta torcida y desvía la pila en la salida de la ensambladora.
- Pila rechazada por amperaje: este problema se da en el departamento de las básicas pero se detecta en el ensamble que es donde se realiza la prueba eléctrica, consiste en que la pila se descarga antes de ser usada, este defecto es provocado por exceso de compactación, papel separador doblado, sin roldana de compresión, roldana de fondo volteada.




### 4.3 Manual de materiales que provocan derrame en la pila por ser corrosivos

Por la composición de la pila hay ciertos materiales que no pueden tener contacto porque provocan derrame principalmente con la mezcla que es un material corrosivo.

En la siguiente tabla se muestran los materiales que no pueden tener contacto directo con la mezcla por las propiedades químicas y físicas de cada uno de ellos por lo que se debe evitar que estos materiales se encuentren cerca de la mezcla sin estar aislados, los cuales son:

**Tabla XVII. Manual de materiales corrosivos**


Departamento de Producción	
Materiales que no pueden tener contacto con la mezcla	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Hierro: este material no puede tener contacto con la mezcla porque hace que la pila se hinche.</li><li>• Zinc: no puede tener contacto con la mezcla porque hace que la pila reaccione antes de ser usada.</li><li>• Materiales con aleaciones de hierro: no pueden tener contacto con la mezcla porque descargan la energía de la mezcla.</li><li>• Metales: no pueden tener contacto con la mezcla porque hacen que la mezcla pierda propiedades y se descargue con el tiempo.</li><li>• Cobre: no puede tener contacto con la mezcla porque provoca que la mezcla se contamine y disminuya sus capacidades.</li></ul>	

#### **4.4 Manual de materiales que conforman la pila, que no pueden tener contacto directo entre ellos porque generan desperdicio**

Hay ciertos materiales que sirven para la elaboración de la pila que no pueden tener contacto directo entre ellos porque hacen que la pila pierda sus propiedades por eso la importancia de tenerlos separados por otro material.

En la siguiente tabla se colocan todos los materiales que contribuyen de manera directa al proceso los cuales no pueden tener contacto directo entre si porque generan pérdidas en el proceso, por lo que tienen que estar aislados para su buen funcionamiento.

**Tabla XVIII. Manual de materiales que conforman la pila que no pueden tener contacto directo entre sí.**

Departamento de Producción	
Materiales que no pueden tener contacto entre sí	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Vaso de zinc con la mezcla: no pueden tener contacto entre ellos porque se reacciona la mezcla antes de ser utilizada la pila.</li><li>• Semipila con semipila: no pueden tener contacto el electodo de una semipila con el fondo de una semipila porque se descargan las dos semipilas.</li><li>• Asfalto con mezcla: si tienen contacto el asfalto con la mezcla se seca la mezcla y pierde sus propiedades haciendo que la pila este con bajo voltaje.</li><li>• Tapa con blindaje: no pueden tener contacto directo porque hacen que la pila entre en corto y se descargue.</li></ul>	

## CONCLUSIONES

1. El desperdicio general en la planta está en 2.22%, generado principalmente por los departamentos de las básicas, empaque y extrusión. Al reducir el desperdicio en estos tres departamentos, el desperdicio general se mantendrá bajo.
2. La pila con arruga es la principal causa de desperdicio en las básicas, al cambiar el radio de domeado a 7 mm se reduce la pila con arruga en un 41.41% a como está actualmente.
3. El papel separador doblado es la causa principal de desperdicio en el empaque; al cambiar el corte de *pinch off* por corte de sierra, el desperdicio de pila con el papel separador doblado se reduce en un 69.11% del desperdicio actual generado por este defecto.
4. El exceso de compactación provoca que la pila tenga bajo su amperaje, al encontrar el rango ideal de peso de mezcla de 51.5 gramos a 52.5 gramos, se obtiene un mejor desempeño en el amperaje de la pila y se evita que la pila lleve material de más.
5. Con las mejoras propuestas se logra reducir el desperdicio de un 2.22% a un 1.34% el desperdicio general de la planta.
6. Por la diversidad de la maquinaria con la que se trabaja, no se puede detectar fácilmente por qué máquina es provocado el defecto, al identificar cada una de ellas por medio de una identificación y un color específico determinar de dónde está saliendo el defecto y no parar todas las máquinas hasta que se encuentra cuál es la que la falla.

7. El desperdicio general se obtiene de la sumatoria de los desperdicios en todos los departamentos, con los formatos de control de desperdicio se puede determinar cuál es el desperdicio por día total y en cada uno de los departamentos.
  
8. Al lograr disminuir las principales causas que generan el desperdicio en la planta, se contribuye a que se trabaje con una mejor eficiencia, porque no se está parando la máquina para efectuar reparaciones y contribuye a que se tengan niveles bajos de desperdicio en la planta.

## RECOMENDACIONES

1. Si una máquina está trabajando con el porcentaje de desperdicio más alto de lo permitido, no se tiene que dejar trabajar y se tienen que efectuar las reparaciones necesarias.
2. Cuando analicen el desperdicio de algún departamento, se tiene que tomar en cuenta que las causas pueden ser generadas por el departamento anterior.
3. Para recopilar la información diaria del comportamiento del desperdicio, se tienen que brindar los formatos a cada uno de los distintos departamentos para que puedan ir llenando los datos.
4. Las máquinas que contribuyen a la elaboración de la pila siempre tienen que estar identificadas, para poder detener alguna máquina que esté generando desperdicio a tiempo sin que ésta provoque que el porcentaje de desperdicio aumente.
5. Es importante analizar el desperdicio que sale en cada departamento, para saber cuáles son las causas principales que están generando el desperdicio.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Gutiérrez Pulido, Humberto. **Calidad total y productividad.** Editorial McGRAW-HILL, 1997.
2. Hodson, William K. **Manual del ingeniero industrial.** Editorial McGRAW-HILL. Edición 1998.
3. Hansen y Garhe. **Control de la calidad teoría y aplicaciones.** Editorial Díaz de Santos.
4. Salvendy, Gabriel. **Biblioteca del ingeniero industrial.** Ediciones ciencia y técnica, S.A. 1990.
5. Don Hellring. **Administración.** Thompon editors, 2002.
6. [www.Rayovac.com](http://www.Rayovac.com). (Abril 2006)
7. [www.Gestiopilis.com/Electricidad\\_pilasybaterias\\_funcionamientodelapila.htm](http://www.Gestiopilis.com/Electricidad_pilasybaterias_funcionamientodelapila.htm)  
(Abril 2006)





## ANEXOS

En la siguiente tabla se coloca la función que desempeña cada uno de los materiales en la pila para su buen funcionamiento, y el orden en el que están colocados los materiales.

**Tabla XIX. Función que desempeñan los materiales en la pila**

MATERIAL	DESCRIPCIÓN
Vaso de zinc	Material donde se coloca la mezcla, por sus características almacena mejor las capacidades de energía, además que por sus características físicas y químicas cuesta que la mezcla se consuma el zinc.
Roldana de fondo	Papel que se coloca en la parte inferior del vaso para evitar que la mezcla tenga contacto directo con el vaso de zinc
Papel separador	Se coloca alrededor del vaso en la parte interna, para evitar que la mezcla tenga contacto con el zinc y que por las características del papel, permite que la humedad de la mezcla se mantenga
Mezcla	Combinación de materiales (manganesos, cloruro de amonio, oxido de zinc, bicloruro de mercurio, cloruro de zinc y agua), al combinarse generan energía positiva, la que perdura hasta que la mezcla pierde su humedad.
Electrodo	Colocado en la parte central del vaso, es la parte negativa de la pila que tiene contacto con la roldana de fondo, mezcla y tapa, para formar una reacción química que produce energía.

Roldana de sello	Permite aislar la mezcla del sello de asfalto además de ser la tapa de la cámara de gas que se produce entre el tamaño de la bobina de mezcla y este papel.
Tubo	Cartón que sirve de recubrimiento al vaso de zinc en la parte exterior, además de ser un aislante de derrames leves
Blindaje	Placa que su función principal es darle forma e imagen al producto.
Asfalto	Sello que permite que la pila se quede fija y rinde un mayor ambiente para que se forme mejor la cámara de gas
Tapa	Tapadera de metal que recubre al electrodo, y es un buen conductor.
Sello de garantía	Brinda la garantía de que la pila no ha sido utilizada y está sujeta por el cartón y el blindaje

Con la tabla anterior se sabe la función que desempeña cada uno de los distintos materiales que forman parte del proceso de elaboración de la pila.

En la siguiente tabla se colocan los reprocesos que se le hace a la pila por defectos que no generan pérdidas totales al proceso sino requieren de una operación adicional para recuperar el producto.

**Tabla XX. Resumen de los defectos que se pueden recuperar ya que no afectan el rendimiento y la calidad de la pila Rayovac Guatemala**

DEFECTO	DESCRIPCIÓN
Blindaje traslapado	El cierre del blindaje no es el adecuado lo que provoca que la pila este más ancha de lo normal .
Pila rayada	El blindaje se lastima en alguna parte del proceso y provoca que la pila tenga una mala presentación.
Blindaje sucio	En la transportación de la pila durante el proceso, la pila se cae y provoca que el blindaje se ensucie, provocando una mala imagen del producto en el mercado.
Pila sucia de asfalto	La pila se ensucia en la parte exterior del blindaje y el cartón, por un desfase de inyección con la pila, lo que provoca que la pila se manche y dé mala imagen.
Pila con sello levantado	El sello de garantía no se sujeta en ambos lados de la pila, sino sólo en uno de los dos lados, provocando que la pila no tenga su sello que garantiza que la pila no se ha utilizado.
Pila con sello angosto	El sello de garantía no tiene el tamaño adecuado lo que provoca que la pila tenga una mala imagen.

En la tabla anterior se muestran los defectos que se les hace un reproceso para poder recuperar parte de los materiales y volverlos a colocar en el proceso de producción.

En la siguiente tabla se colocan los defectos que son detectados en las inspecciones de los departamentos (básicas, ensamble y empaque) los cuales algunos se pueden recuperar, dependiendo si afectan la calidad y el rendimiento de la pila.

**Tabla XXI. Conocimiento de los defectos que provocan pérdida de materiales en las distintas inspecciones.**

ORDEN	DEFECTO EN LA PILA	DESCRIPCIÓN
1	Electrodo descentrado	Se pierde toda la semipila ya que al momento de colocarle la tapa, queda torcida, no permitiendo tener el suficiente contacto.
2	Roldana de sello descentrada	Se pierde el papel de sello debido a que al estar torcida la roldana de sello, el asfalto se puede filtrar en la semipila evitando que exista la cámara de gas.
3	Roldana de compresión descentrada	Se pierde toda la semipila debido a que al entrar el electrodo, se pasa llevando la roldana de compresión, reduciendo el amperaje de la pila.
4	Pila sin tubo	Si no se le ha colocado asfalto a la semipila, no se pierde ningún material, pero si ya se le colocó asfalto, se pierde la pila.
5	Pila con tubo doblado	Si no se le ha colocado asfalto, se pierde el tubo y el fondo, si ya se le colocó el asfalto se pierde toda la pila.
6	Pila sin fondo	Si no se le ha colocado asfalto, se pierde el tubo, si ya se le colocó asfalto se pierde toda la pila.

7	Pila manchada de asfalto	Se pierde el blindaje, ya que el asfalto se puede limpiar en la pila
8	Pila con sello levantado	Se pierde el sello de garantía que se le coloca a la pila

Estos son los defectos que se detectan en las inspecciones, los cuales, si no afectan el rendimiento y la calidad de la pila, se puede recuperar parte de los materiales y volverlos a meter al proceso productivo.

En la siguiente tabla se colocan las principales causas que provocan el rechazo eléctrico en la pila, y las razones por las cuales se dan estos defectos.

**Tabla XXII. Causas que provocan el rechazo eléctrico de la pila**

DEFECTO	DESCRIPCIÓN
Variación de voltaje	Cuando hay mucha diferencia de voltaje entre una máquina y otra, el rango de voltaje se abre, rechazando la pila que se sale del rango permitido.
Variación de peso	Al tener más mezcla la pila, su voltaje y amperaje se ven alterados, por lo que la pila es rechazada en la probadora.
Mal contacto de las puntas de prueba	La velocidad que tiene la máquina es distinta a la velocidad de la probadora, lo que provoca que tenga un mal contacto con la pila e indique una mala lectura.
Puntas malas	Las puntas que miden el voltaje y amperaje, se quiebran, y ya no tienen la flexibilidad para poder tomar las medidas de la pila, lo que provoca que no exista lectura y la pila sea rechazada.

Falso rechazo	La probadora no reconoce la lectura de la pila, porque su sistema interno tiene un problema eléctrico, y empieza a rechazar toda la pila sin importar qué voltaje y amperaje tenga.
------------------	---

Estos son los defectos que se presentan en el departamento de empaque por causas ajenas al proceso, sino debido al programa que mide el voltaje de las pilas