



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

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ELABORACIÓN DE ASFALTO SUAVE PARA DISMINUIR  
EL COSTO DE MANUFACTURA DE LA PILA TAMAÑO "AA"**

**Jorge Francisco Carranza Dávila**

Asesorado por Inga. Miriam Patricia Rubio de Akú

Guatemala, agosto de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ELABORACIÓN DE  
ASFALTO SUAVE PARA DISMINUIR EL COSTO DE MANUFACTURA  
DE LA PILA TAMAÑO “AA”**

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**JORGE FRANCISCO CARRANZA DÁVILA**

ASESORADO POR INGA. MIRIAM PATRICIA RUBIO DE AKÚ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2006

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   | Lic. Amahán Sánchez Álvarez        |
| VOCAL III  | Ing. Julio David Galicia Celada    |
| VOCAL IV   | Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz     |
| VOCAL V    | Br. Elisa Yazminda Vides Leiva     |
| SECRETARIA | Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas   |

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

|            |                                      |
|------------|--------------------------------------|
| DECANO     | Ing. Sydney Alexander Samuels Milson |
| EXAMINADOR | Ing. Hernán Cortés Urioste           |
| EXAMINADOR | Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma   |
| EXAMINADOR | Ing. César Ernesto Urquizú Rodas     |
| 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:

### **PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ELABORACIÓN DE ASFALTO SUAVE PARA DISMINUIR EL COSTO DE MANUFACTURA DE LA PILA TAMAÑO “AA”,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 29 de noviembre de 2005.

Jorge Francisco Carranza Dávila

## **DEDICATORIA A**

### **DIOS**

Por guiarme siempre en el camino de la vida, por su amor e infinitas bendiciones derramadas sobre mi persona y toda mi familia.

### **MIS PADRES**

Por ser la razón de mi vida y el motor de mi corazón, por su apoyo incondicional y por darme la oportunidad de estudiar.

### **MIS HERMANOS**

Por hacerme sentir orgulloso de ser su hermano, por su cariño y sus consejos.

### **MIS ABUELAS**

Tía Yolanda y Mama Estela, por el amor y la alegría que siempre han brindado a mi vida, y por sus incontables esfuerzos.

### **WENDY**

Por la motivación, por ayudarme en todo momento y por estar a mi lado incondicionalmente. Te adoro y te amo.

## **MIS AMIGOS**

Mauricio, Pedro, Sergio, Vides, José Carlos, Luis, Carlos, José Manuel, Mariano, Daniel, Byron y todos aquellos que hicieron más fácil y alegre la vida universitaria.

# ÍNDICE GENERAL

|   |      |
|---|------|
| <b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b> .....                        | V    |
| <b>LISTA DE SÍMBOLOS</b> .....                              | VII  |
| <b>GLOSARIO</b> .....                                       | IX   |
| <b>RESUMEN</b> .....  | XI   |
| <b>OBJETIVOS</b> .....                                      | XIII |
| <b>INTRODUCCIÓN</b> .....                                   | XV   |
| <br>  |      |
| <b>1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA</b>                        |      |
| 1.1. Descripción del producto.....                          | 1    |
| 1.1.1. Tipo de producto.....                                | 1    |
| 1.1.2. Utilización.....                                     | 3    |
| 1.1.3. Mercado.....   | 4    |
| 1.2. Materia prima para la elaboración de la pila “AA”..... | 5    |
| 1.2.1. Vaso de zinc.....                                    | 6    |
| 1.2.2. Papel methocel.....                                  | 10   |
| 1.2.3. Roldana de fondo.....                                | 12   |
| 1.2.4. Mezcla electrolítica.....                            | 13   |
| 1.2.5. Roldana de compresión.....                           | 14   |
| 1.2.6. Casquillo.....                                       | 15   |
| 1.2.7. Electrodo de carbón.....                             | 16   |
| 1.2.8. Roldana de asfalto.....                              | 16   |
| 1.2.9. Asfalto suave.....                                   | 17   |
| 1.2.10 Tapa.....  | 19   |
| 1.3. Materia prima en la se enfocará el análisis.....       | 19   |
| 1.4. Descripción del proceso.....                           | 20   |

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| 1.4.1.    | Diagrama de flujo del proceso.....  | 21 |
| 1.4.2.    | Diagrama de recorrido.....  | 25 |
| <b>2.</b> | <b>ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL</b>  |    |
| 2.1.      | Descripción del material que se utiliza actualmente.....                                  | 27 |
| 2.1.1.    | Datos técnicos del asfalto.....   | 27 |
| 2.1.2.    | Proveedor.....  | 28 |
| 2.1.3.    | Costo.....  | 28 |
| 2.2.      | Proceso de sellado con asfalto.....   | 28 |
| 2.2.1.    | Descripción del proceso de sellado con asfalto<br>de la pila “AA”.....                    | 28 |
| 2.2.2.    | Dispositivos utilizados en el sellado de la pila.....                                     | 30 |
| 2.2.2.1.  | Tanques de precalentamiento de<br>asfalto.....  | 30 |
| 2.2.2.2.  | Dosificador.....  | 31 |
| 2.2.2.3.  | Asfaltadora.....  | 33 |
| 2.2.2.4.  | Llamas de precalentamiento y de sello.....  | 33 |
| <b>3.</b> | <b>PROPUESTA DE MEJORA</b>  |    |
| 3.1.      | Utilización de asfalto económico en sustitución del<br>asfalto suave.....                 | 35 |
| 3.2.      | Formulación del asfalto económico.....  | 37 |
| 3.2.1.    | Generalidades.....  | 37 |
| 3.2.2.    | Proporciones de los insumos utilizados en la<br>fabricación del asfalto económico.....    | 38 |
| 3.3.      | Descripción de la materia prima utilizada en la manufactura<br>del asfalto económico..... | 39 |
| 3.3.1.    | Asfalto trumbull.....   | 39 |
| 3.3.2.    | Otina.....  | 41 |



|          |   |    |
|----------|---|----|
| 3.4.     | Proceso de elaboración de asfalto económico.....                        | 43 |
| 3.5.     | Propuesta del sistema para la fabricación<br>del asfalto económico..... | 43 |
| 3.5.1.   | Estructura del sistema.....   | 44 |
| 3.5.1.1. | Tanque de mezcla.....   | 45 |
| 3.5.1.2. | Sistema de fundición para el aditivo... ..                              | 47 |
| 3.5.1.3. | Tanque almacén.....   | 48 |
| 3.5.1.4. | Estructura metálica.....  | 48 |

#### **4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA**

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 4.1    | Cálculo del batch de asfalto.....  | 51 |
| 4.1.1. | Demanda de pila “AA”.....  | 51 |
| 4.1.2. | Volumen de producción.....   | 51 |
| 4.1.3. | Niveles de inventario de asfalto.....  | 52 |
| 4.2.   | Propuestas de localización del sistema de producción<br>de asfalto en la planta..... | 54 |
| 4.2.1. | Bodega gris.....   | 54 |
| 4.2.2. | Línea Rocket.....  | 55 |
| 4.2.3. | Lugar óptimo, según condiciones.....   | 56 |
| 4.3    | Instalación del sistema de producción de asfalto en<br>la planta.....                | 57 |
| 4.3.1. | Estructura metálica.....   | 57 |
| 4.3.2. | Anclaje de los tanques de asfalto.....   | 61 |
| 4.3.3. | Aislamiento térmico.....   | 62 |
| 4.3.4. | Transporte de materiales.....  | 64 |
| 4.4.   | Operación del sistema de producción de asfalto.....                                  | 65 |
| 4.4.1. | Controles eléctricos.....  | 65 |
| 4.4.2. | Controles manuales.....  | 65 |
| 4.4.3. | Lecturas de temperatura en los tanques de asfalto.....                               | 67 |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 4.4.4.    | Manipulación y control del sistema de fundición de otina.....       | ..67      |
| 4.4.5.    | Elaboración y purga de asfalto en el tanque de fundición.....       | 68        |
| 4.4.6.    | Purga de asfalto del tanque almacén hacia la asfáltadora.....       | 71        |
| 4.4.7.    | Limpieza del sistema de elaboración de asfalto....                  | .71       |
| 4.4.8.    | Equipo de protección utilizado en el sistema.....                   | 72        |
| 4.4.9     | Normas de seguridad para la manipulación del sistema.....           | .73       |
| <b>5.</b> | <b>SEGUIMIENTO Y MEDICIÓN DE RESULTADOS</b>                         |           |
| 5.1.      | Seguimiento de la propuesta.....                                    | 77        |
| 5.1.1.    | Capacitación del operador del sistema de asfalto...                 | 77        |
| 5.1.2.    | Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo del sistema..... | 78        |
| 5.2.      | Resultados obtenidos de la puesta en marcha de la propuesta.....    | 81        |
| 5.2.1.    | Proporción de ahorro al utilizar el nuevo asfalto....               | 81        |
| 5.2.2.    | Aumento de la competitividad del producto.....                      | .82       |
| 5.2.3.    | Crecimiento del mercado al extenderse a nuevas fronteras.....       | .83       |
|           | <b>CONCLUSIONES.....</b>  | <b>85</b> |
|           | <b>RECOMENDACIONES.....</b>   | <b>87</b> |
|           | <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>  | <b>89</b> |

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS






|    |   |    |
|----|---|----|
| 1  | Partes de la pila.....                                      | 5  |
| 2  | Vaso de zinc tamaño “AA”.....                               | 7  |
| 3  | Flujograma de la extrusión de la ficha de zinc.....         | 8  |
| 4  | Bobina de papel.....  | 11 |
| 5  | Neumático alimentador de roldana de fondo.....              | 13 |
| 6  | Tarimas de asfalto suave.....                               | 18 |
| 7  | Construcción de una pila zinc-carbón.....                   | 21 |
| 8  | Tanque superior de asfalto en Línea Rocket.....             | 31 |
| 9  | Dosificador de la asfaltadora.....                          | 32 |
| 10 | Llamas de sello en asfaltadora.....                         | 34 |
| 11 | Llamas de precalentamiento.....                             | 34 |
| 12 | Asfalto Trumbull empacado.....                              | 39 |
| 13 | Asfalto Trumbull desempacado.....                           | 41 |
| 14 | Toneles de Otina compound.....                              | 42 |
| 15 | Tanque de fundición de asfalto.....                         | 46 |
| 16 | Estructura metálica de línea “D”.....                       | 49 |
| 17 | Vista de perfil de la estructura metálica propuesta.....    | 58 |
| 18 | Vista de elevación de la estructura metálica propuesta..... | 60 |
| 19 | Vista de planta de la estructura metálica propuesta.....    | 61 |
| 20 | Guarda protectora en hornos de línea “D”.....               | 63 |

|    |   |    |
|----|---|----|
| 21 | Campana extractora de vapores.....                            | 64 |
| 22 | Flujograma de la elaboración de asfalto económico.....        | 70 |
| 23 | Equipo de protección utilizado en el sistema.....             | 73 |
| 24 | Formato de actividades para operar el sistema de asfalto..... | 75 |
| 25 | Orden de trabajo preventiva para el sistema de asfalto.....   | 80 |

## **TABLAS**

|     |  |    |
|-----|--|----|
| I   | Características del asfalto suave y del asfalto económico..... | 38 |
| II  | Características principales del asfalto Trumbull.....          | 40 |
| III | Especificaciones de la otina.....                              | 43 |

## LISTA DE SÍMBOLOS

|   |   |
|---|---|
| <b>min</b>  | Minutos                                   |
| <b>m</b>  | Metros                                    |
| <b>MR</b>   | Minirovac                                 |
| <b>H1</b>   | Tanque de mezcla                          |
| <b>H2</b>   | Tanque almacén                            |
| <b>h1</b>   | Horno superior de asfalto en Línea Rocket |
| <b>h2</b>   | Horno inferior de asfalto en Línea Rocket |
| <b>TON</b>  | Tonelada                                  |
|  | Almacenamiento                            |
|  | Transporte                                |
|  | Operación                                 |
|  | Inspección                                |
|  | Demora                                    |



## GLOSARIO

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Anclaje</b>     | Dispositivo de sujeción que se utiliza para fijar maquinaria a determinado tipo de superficie.  |
| <b>Asfalto</b>     | Mezcla de hidrocarburos, de color negruzco, muy viscosa, usada en pavimentos y revestimiento de muros.  |
| <b>Dosificador</b> | Recipiente de tamaño pequeño donde se deposita el asfalto fundido para posteriormente sellar la semipila en la asfaltadora. El asfalto que se encuentra en este depósito se mantiene en constante circulación, con el fin de encontrarlo en la temperatura adecuada al momento del sellado. |
| <b>Fundición</b>   | Acción de derretir el asfalto para su posterior uso en el sellado de pila.  |
| <b>Herrumbre</b>   | Capa de hidróxido férrico hidratado, formado por la acción del aire húmedo sobre el hierro.   |

**Línea Rocket**

Conjunto de máquinas encargadas de finalizar el proceso de construcción de la pila "AA". Esta línea tiene como función insertar el carbón en la semipila, colocarle la roldana de asfalto, asfaltar la semipila, cerrarla, realizarle la prueba eléctrica y encajonarla en cajas de madera.

**Minirovac**

Máquina cuya función es la de construir la semipila "AA". Esta se encarga de agregar todos los componentes al vaso tales como: papel methocel, roldana de fondo, mezcla electrolítica, roldana de compresión y casquillo. Además realiza una prueba eléctrica a la semipila.

**Otina**

Compuesto lubricante basado en el petrolato, es posible que contenga extractos aromáticos residuales.



## RESUMEN

Existen varias estrategias que utilizan las empresas de nuestros días para competir en el mercado. Una de ellas es la de disminuir el precio de los productos sustituyendo la materia prima con algunos otros insumos de menor precio que no sacrifiquen la calidad del producto final.

En el presente trabajo de graduación se determinará la forma en que se puede sustituir el asfalto que se utiliza actualmente para sellar la pila “AA” con un asfalto de menor costo que se fabricará en la planta de producción de Rayovac Guatemala. Esto se logrará con la construcción de un sistema que permita la fundición y mezcla de todos los componentes que conformarán el asfalto económico.

Como primer punto, se describirá el proceso de fabricación de la pila “AA”, así como todas aquellas actividades que incidan en la llegada al consumidor final. Posteriormente, se presentará la forma en que se fabrica actualmente la pila “AA” haciendo énfasis en la utilización del asfalto importado. Más adelante, se propondrá una forma la que se puede disminuir el costo de la pila “AA”, es decir la elaboración de asfalto económico. También se incluirá información que puede ser de utilidad en caso de que la propuesta se lleve a cabo, y por último, se podrá observar una serie de aspectos que pueden servir para medir los resultados de la propuesta en el momento que la misma sea implementada.

Al tener construido el sistema se podrá elaborar asfalto económico, este proceso se integrará a la línea de fabricación de la pila “AA”.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Disminuir el costo de producción de la pila “AA” mediante la sustitución del asfalto importado por un asfalto económico fabricado en la planta de producción de Rayovac.

### **Específicos**

1. Crear un sistema que permita la manufactura del asfalto económico, logrando una manipulación sencilla y garantizando el cumplimiento de las normas de seguridad industrial.
2. Establecer los dispositivos que se requieran para la creación de dicho sistema.
3. Elaborar una propuesta detallada de la forma en que se instalará el sistema en la planta de producción.
4. Determinar las cantidades exactas de todos los insumos que se requieren para la elaboración del asfalto económico y así estandarizar su producción.
5. Generar un programa de producción de asfalto económico de acuerdo con la demanda de pila que posee la empresa.



## INTRODUCCIÓN

Cualquier empresa, tanto manufacturera, como de servicios, requiere de insumos para la elaboración de su producto. Dichos insumos casi siempre se adquieren a proveedores externos a la empresa, los cuales son elegidos por distintas características tales como rendimiento, precio, calidad, tiempo de entrega, entre otros.

En la actualidad la competencia es un factor determinante en la supervivencia de las industrias en el mercado; abaratar cualquier costo que intervenga en la elaboración de un producto o servicio sin alterar la calidad del mismo, es una de las metas preponderantes de los empresarios hoy en día.

Una de las formas de disminuir los costos de producción consiste en la búsqueda de insumos alternativos cuyo precio sea menor al del insumo que se utiliza regularmente y que funcione de manera similar sin alterar las atribuciones del producto o servicio. En estos casos se realizan pruebas con los sustitutos que se han encontrado en el mercado y se estudia de que manera pueden ser introducidos al proceso y que modificaciones se deben hacer al mismo para que dicho producto no sufra variaciones que lo hagan perder su esencia.

En algunas ocasiones las empresas se dedican a elaborar sus propios insumos y crean sistemas que les permiten realizar esta actividad sin comprometer el interés real que en este caso es el producto final. Además en estos casos se logra un total control sobre las atribuciones del insumo y se manejan de mejor manera los controles de producción, los niveles de inventario, la calidad y los costos del mismo.

Considerando la necesidad de disminuir costos sin comprometer la calidad de la pila que se elabora se propone un sistema de elaboración de asfalto, tomando en cuenta que la empresa ha realizado estudios en los que se ha concluido que es viable y económicamente factible la elaboración del asfalto mediante recursos que posee la empresa. La propuesta radica en el establecimiento de un sistema que permita elaborar la cantidad necesaria de asfalto que se requiere para cubrir la demanda del mismo en la elaboración de pilas.

# **1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA**

## **1.1. Descripción del producto**

Este es el punto de partida del presente trabajo de graduación ya que aquí se analizará de una manera muy general el producto que constituye la razón de ser de esta investigación.

### **1.1.1. Tipo de producto**

El producto que será objeto de análisis lo constituye la pila Rayovac en la presentación "AA". Como es bien sabido la pila o batería, de cualquier denominación, es una fuente de energía portátil, he aquí la razón de ser de la misma. Debido a esto, la pila constituye hoy en día un artículo de uso diario ya que existen muchas herramientas o dispositivos que, para su utilización, requieren energía proveniente de las baterías.

La pila es una fuente de energía que es utilizada para hacer funcionar diversos aparatos o dispositivos varios. La energía que proporciona una pila es resultado de una reacción química entre la mezcla, que constituye la parte positiva, y el vaso de zinc, que es la parte negativa. Esta reacción se da a través del electrodo de carbón que no es más que un conductor de la parte positiva. Cuando la reacción inicia se producen átomos de hidrógeno. La corriente y estos átomos son atraídos al electrodo de carbón.

En el momento en que el electrodo está cubierto por el hidrógeno, la pila está “polarizada” y la producción eléctrica se reduce hasta parar completamente debido a la saturación. Esto debe prevenirse si se quiere dar a la pila mayor tiempo de vida.

Para incrementar el tiempo de vida, se coloca dentro de la pila, entre el papel electrolítico y el electrodo de carbón, una “mezcla despolarizante” conteniendo bióxido de manganeso. Los átomos de oxígeno desplazados por el bióxido de manganeso se combinan con los de hidrógeno para formar agua; la pila se despolariza y continúa produciendo corriente.

El bióxido de manganeso es mezclado con agua, cloruro de amonio, negro de humo y otros elementos. Debido a esto es buen conductor de electricidad. Si esta mezcla estuviera en contacto directo con el zinc, se provocaría una reacción tan intensa que causaría lo que se llama un corto circuito y la pila estaría agotada antes de terminar su fabricación. Para evitarlo se utilizan materiales como papel liner y papel para roldana de fondo.

En la fabricación de la pila se deja un espacio en la parte superior a la cual se le conoce como “cámara de aire”, cuya finalidad es almacenar el producto de la reacción química, siendo estos agua y electrolito.

También es necesario recordar que la mezcla contiene agua, la cual no debe perderse, ya que si se seca la pila, deja de funcionar la misma. Es por ello necesario proveer a la pila un sello de asfalto que impida la pérdida de humedad.



El resto de componentes; etiqueta, tapa, fondo metálico, tienen el objeto de darle forma y protección para que el cliente reciba el producto en condiciones óptimas de uso.

Debido a sus características la pila es una fuente de energía relativamente fácil de fabricar y que por la cantidad de dispositivos portátiles existentes en la actualidad, se ha convertido en un producto de uso diario.

### **1.1.2. Utilización**

La pila, en cualquiera de sus presentaciones, constituye una fuente de energía portátil, es por ello que se ha tornado en un componente primordial para el uso de cualquier dispositivo transportable que requiera electricidad para su funcionamiento. La pila “AA” constituye un producto económico y de fácil acceso en el mercado.

Cabe destacar que, según las regiones de los países en los cuales se puede encontrar pila zinc-carbón, así es el uso que le dan los consumidores. Esto es muy importante para determinar su utilización, ya que hay ciertos sectores en los que no hay acceso a la energía eléctrica, como en el interior de nuestro país, y estas condiciones convierten a la pila en un producto de primera necesidad. Sin embargo, en zonas urbanas, donde si hay acceso a la energía eléctrica, el propósito de uso de la misma ya no es de primera necesidad aunque por las características de vida actuales, sirve para accionar diversos dispositivos necesarios en el diario vivir.

El fin primordial de una pila es el suministro de energía eléctrica en situaciones donde no se dispone de una línea que suministre electricidad proveniente de una central eléctrica; un ejemplo lo constituye una radio portátil o una linterna. Las células primarias ordinariamente llamadas baterías o pilas producen electricidad en un proceso químico irreversible, y es necesario eliminarlas y sustituirlas cuando se agotan.

### **1.1.3. Mercado**

Como se ha mencionado en anteriores ocasiones, la fabricación de la pila zinc-carbón es relativamente sencilla, es por ello que podría decirse que el costo de fabricación es más o menos barato. Otro factor es que por el volumen de producción, el costo de los materiales se minimiza, esto permite que el costo de la pila sea bajo.

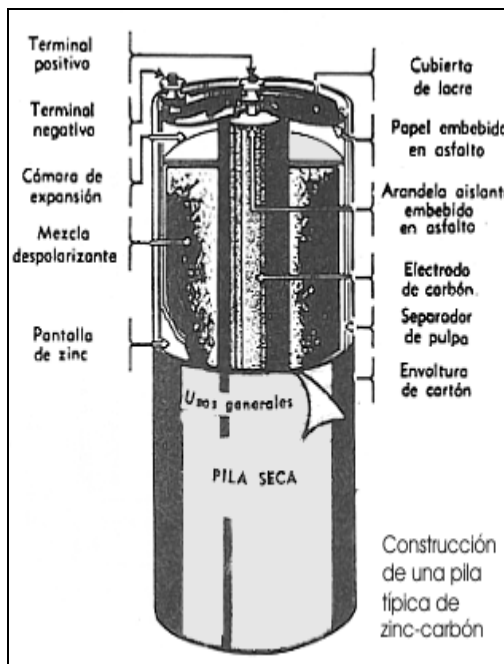
Es necesario destacar que existen productos sustitutos o paralelos a la pila zinc-carbón. El principal sustituto o competidor paralelo de la pila zinc-carbón lo constituye la pila alcalina. La pila alcalina, por su estructura y componentes, es una pila de mayor calidad y duración. Es pertinente mencionar que el proceso de fabricación de esta pila es altamente tecnificado y sus componentes, aunque son más perecederos y menos tóxicos, son más caros. Esto hace que el precio de la pila alcalina sea considerablemente más elevado.

Se puede destacar también que la pila zinc-carbón fabricada en Guatemala es exportada a otros países. El producto no sólo se queda en el mercado nacional, sino que se exporta a Latinoamérica y El Caribe; es por ello que la marca tiene una distribución transnacional. Por estas razones se le debe dar mucho énfasis a la calidad del proceso.

### 1.1. Materia prima para la elaboración de la pila “AA”

Habiendo realizado el anterior análisis, es posible examinar de manera más detallada toda la materia prima en que se conforma la pila “AA”, haciendo resaltar que aunque en su estructura la pila “AA” es muy parecida a la pila “D”, existen algunas diferencias. Y la diferencia principal radica en el tamaño que, como es bien sabido, la pila “AA” es más pequeña que la “D”, esto influye directamente en la capacidad de la pila, es decir en la duración; por lo tanto una pila tamaño “D” tiene más capacidad que una pila “AA”.

Figura 1. Partes de la pila



Fuente: **El Manual de la Pila**, página 14

### **1.2.1. Vaso de zinc**

Como se ha mencionado, la pila es una fuente de energía proporcionada mediante una reacción química entre la mezcla, que constituye la parte positiva, y el vaso de zinc que viene a ser la parte negativa. Esto significa que la función que realiza el vaso de zinc es preponderante en el desempeño de la pila, por ello el departamento que produce este elemento es de suma importancia en la elaboración de la pila.

La materia prima utilizada en la elaboración del vaso es la ficha de zinc, este material es comprado por la empresa en tres tamaños distintos para las pilas tipo "D", "C" y "AA".

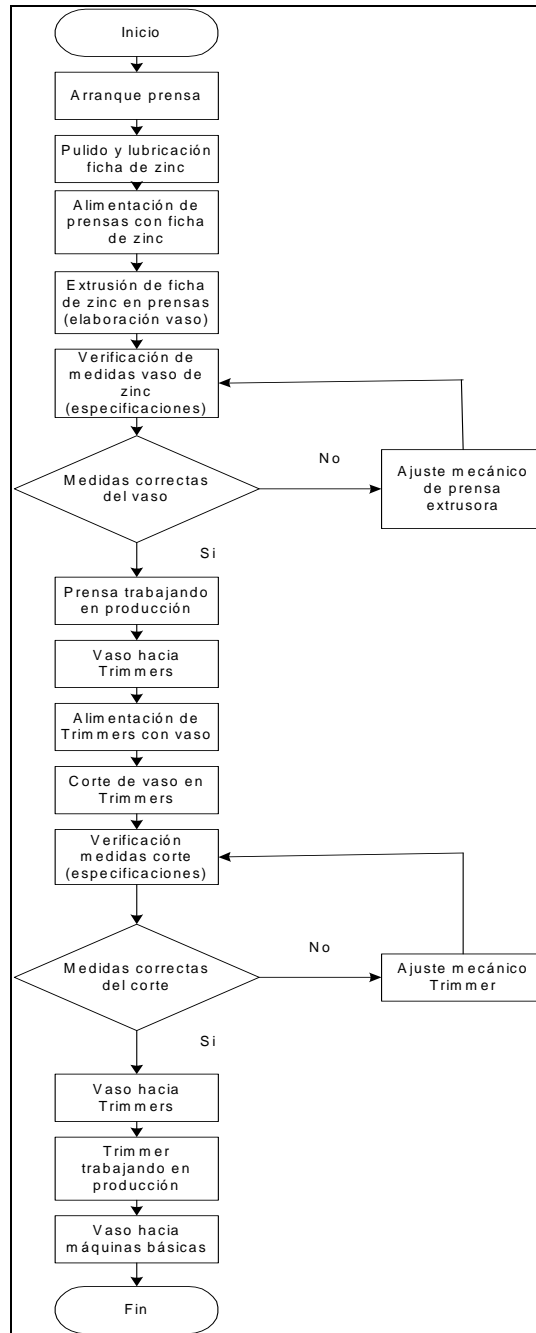
El proceso que se lleva a cabo para transformar la ficha en vaso es el proceso de extrusión. Dicho proceso lo llevan a cabo unas máquinas conocidas como prensas y la función de las mismas es extruir la ficha de zinc para darle forma de vaso.

Figura 2. Vaso de zinc tamaño “AA”



Para llevar a cabo el proceso de extrusión son necesarias varias operaciones. Entre ellas esta el calentamiento del carril de ficha y del dado de las prensas. El calentamiento de la ficha de zinc lo lleva a cabo el carril de ficha. Este es un carril que transporta la ficha por gravedad a la máquina y permite que solamente caiga una ficha de manera ordenada al elemento extrusor. El carril se mantiene a cierta temperatura y transmite calor a las fichas antes de que estas inicien el proceso en las prensas. Dicha operación se lleva a cabo mediante resistencias eléctricas, las cuales están constantemente encendidas y proporcionan la temperatura necesaria a los componentes antes mencionados. Actualmente se estudia la posibilidad de calentar dichos elementos con un sistema de gas y así reducir costos.

Figura 3. Flujograma de la extrusión de la ficha de zinc



Otra operación de suma importancia es la alimentación de ficha a las prensas. La misma se lleva a cabo con varias bandas transportadoras que hacen llegar el material a las máquinas.

Los componentes de la prensa que realizan la extrusión son los dados y los punzones. El dado tiene que estar a una temperatura determinada para que el proceso se lleve a cabo de manera correcta. Estos elementos son los que le dan forma al vaso de zinc. La función que realiza el dado y el punzón es que, por medio de un golpe que efectúa el punzón a la ficha, ésta toma la forma de la carrera del punzón, que es la forma de vaso. El dado sirve de guía para el punzón. La temperatura de estas piezas y la de la ficha es vital para que la actividad de extrusión se lleve a cabo. Este proceso como todos los demás tiene un estricto control de calidad, es decir que cualquier variación en las dimensiones del vaso es vigilada y corregida.

El vaso de zinc no ha terminado su proceso después de salir de las prensas. Al salir de éstas, alimenta una banda transportadora que a su vez distribuye el vaso hacia otro tipo de maquinaria. Dichas máquinas son conocidas con el nombre de "Trimmers". La función de la maquinaria antes mencionada es la de estandarizar la altura del vaso de zinc, esto se realiza cortando la orilla superior del vaso. La operación anterior se hace porque la prensa no produce el vaso con orilla uniforme. Los Trimmers poseen unas cuchillas afiladas por las cuales pasa el vaso y allí le es eliminado el borde superior. A este borde se le conoce con el nombre de anillo.

En este punto ha terminado el proceso del vaso de zinc y este ya está listo para pasar al siguiente departamento que es donde se produce la pila en su forma más básica. Hay que tomar en cuenta que todo el zinc que se produce ya sea por desperdicio o por los Trimmers al cortar el vaso, es compactado y vendido para su reciclaje. También es necesario mencionar que casi todos los materiales que se describirán más adelante, van a ser incorporados a la pila en el departamento de “máquinas básicas”, y constituirán lo que se conoce como “semipila”, que es la forma más básica de una pila.

Para finalizar este análisis es posible decir que el vaso de zinc, además de ser la parte negativa en la reacción química que se produce en una pila, es la parte que da estructura a la pila ya que contiene todos los componentes principales para que una batería funcione correctamente.

### **1.2.2. Papel methocel**

Los materiales que serán objeto de análisis en este momento constituyen aislantes de suma importancia en la estructura de la pila, ya que la mezcla electrolítica debe ir separada completamente del vaso de zinc para evitar un corto circuito que reduzca la vida de la pila de una manera definitiva.



Al papel methocel se le conoce como papel liner y su principal función es mantener las paredes del vaso de zinc, aisladas de la mezcla electrolítica. Dicho papel se elabora en la planta de Rayovac y su estructura química permite un equilibrio perfecto para que la mezcla y el vaso estén completamente aislados y de esta manera la duración de la pila sea lo más prolongada posible. El papel base es impregnado con colorante, almidón, PVA, benzoato de sodio y agua. El papel liner debe ser introducido en el vaso de zinc en una forma en que no se lastime ya que cualquier imperfección en su estructura puede producir un corto en la pila al entrar en contacto los materiales antes mencionados.

Figura 4. **Bobina de papel**



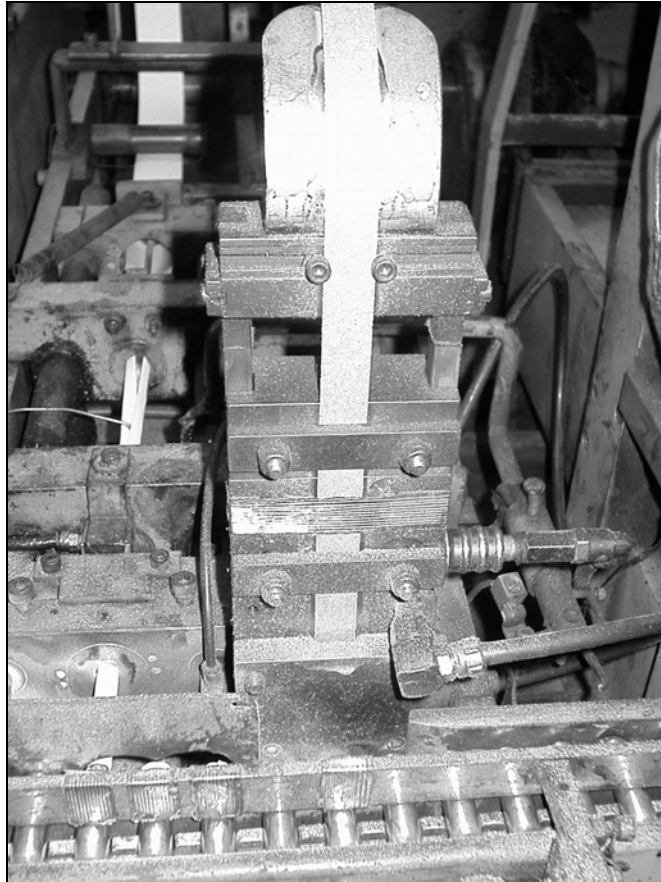
Este material se elabora en grandes bobinas para después ser cortadas y transformadas en rollos de menor dimensión que puedan ser colocados en las máquinas básicas. Dichas máquinas poseen mecanismos que cortan el papel, los doblan y lo introducen en el vaso de zinc.

### **1.2.3. Roldana de fondo**

De la misma forma que el papel methocel, la roldana de fondo constituye un material aislante entre la mezcla electrolítica y el vaso, específicamente el fondo del mismo. Se le llama roldana porque su forma es circular, ya que debe acoplarse estructuralmente al fondo del vaso.

La roldana de fondo es en esencia papel parafinado el cual se presenta en forma de rollos provenientes de una bobina de mayor dimensión. Dichos rollos son colocados en la correspondiente estación de las máquinas básicas y es cortado mediante un troquel que le da la forma de roldana. Es interesante hacer mención que la alimentación de papel de fondo hacia el troquel se lleva a cabo mediante un alimentador que funciona por medio de un sistema neumático.

Figura 5. **Neumático alimentador de roldana de fondo**



#### **1.2.4. Mezcla electrolítica**

La energía que proporciona una pila es resultado de una reacción química entre la mezcla, que constituye la parte positiva, y el vaso de zinc, que es la parte negativa.

Para incrementar el tiempo de vida, se coloca dentro de la pila, entre el papel electrolítico y el electrodo de carbón, una “mezcla despolarizante” conteniendo bióxido de manganeso. Los átomos de oxígeno desplazados por el bióxido de manganeso se combinan con los de hidrógeno para formar agua; la pila se despolariza y continúa produciendo corriente.

El bióxido de manganeso es mezclado con agua, cloruro de amonio, negro de humo y otros elementos. Debido a esto es buen conductor de electricidad. Si esta mezcla estuviera en contacto directo con el zinc, se provocaría una reacción tan intensa que causaría lo que se llama un corto circuito y la pila estaría agotada antes de terminar su fabricación. Para evitarlo se utilizan materiales como papel liner y papel para roldana de fondo.

En la fabricación de la pila se deja un espacio en la parte superior a la cual se le conoce como “cámara de aire”, cuya finalidad es almacenar el producto de la reacción química, siendo estos agua y electrolito.

También es necesario recordar que la mezcla contiene agua, la cual no debe perderse, ya que si se seca la pila deja de funcionar. Es por esta causa necesario proveer a la pila un sello que impida la pérdida de humedad.

#### **1.2.5. Roldana de compresión**

La elaboración de la roldana de compresión es muy parecida a la de la roldana de fondo. El sistema que convierte el papel de compresión en roldana, es similar al que se utiliza en el papel de fondo, con la única diferencia que este mecanismo le hace un agujero a la roldana en el centro para que pueda ser colocada entre el vaso y el electrodo de carbón.

La función de la roldana de compresión es simple, y es la de evitar que la mezcla se salga del vaso de zinc cuando este se transporta a la siguiente actividad en el proceso.

### **1.2.6. Casquillo**

El casquillo o fondo metálico es la última pieza que le es colocada a la pila “AA” en la maquinaria básica o “Minirovac” como se le conoce en Rayovac.

La semipila, integrada por todos los elementos descritos anteriormente, llega a una estación en la máquina en la cual, por medio de una copa, se reduce el diámetro del fondo del vaso de zinc a manera que pueda acoplarse el casquillo a estas nuevas dimensiones. Teniendo el vaso ya la forma apropiada es transportado hacia otra estación cercana que está constituida por un émbolo empujador que en su extremo sostiene el casquillo mediante un imán y lo coloca a presión en el fondo exterior de la semipila.

La función del casquillo o fondo metálico es de protección al fondo del vaso de zinc, esto porque es la parte que va a funcionar como terminal negativa en la pila y va a ser la parte que va a estar en contacto con otros conductores, por lo tanto va ser relativamente vulnerable gracias al desgaste que este contacto puede ocasionar. Además, el casquillo tiene también función estética; permite que la presentación de la pila sea más agradable.

### **1.2.7. Electrodo de carbón**

Antes de iniciar la explicación del electrodo de carbón es necesario destacar que al instalar el casquillo en la estructura de la semipila, termina el trabajo realizado por las máquinas básicas. Cuando este proceso es finalizado, la semipila es trasladada hacia la Línea Rocket, que va a ser la encargada de dejar lista la semipila para ser etiquetada y empacada.

El electrodo es un pequeño cilindro que es introducido en el vaso, de manera que tenga contacto directo con la mezcla electrolítica, pero con la salvedad de que no debe tocarse en ningún momento con el vaso de zinc, para así mantener el circuito abierto; el material que constituye dicho elemento de la pila es el carbón.

El electrodo es una parte fundamental en la pila, por el hecho de que este es el elemento que permite unir los polos positivos y negativos de esta fuente de energía, siendo estos la mezcla electrolítica y el vaso de zinc respectivamente, y de esta forma producir electricidad.

### **1.2.8. Roldana de asfalto**

La roldana de asfalto no es más que una roldana de papel que va colocada entre el carbón y el vaso de cinc, sobre la roldana de compresión. Ésta se fabrica por medio de unos troqueles que cortan el papel parafinado y luego es trasladada a la estación correspondiente en la Línea Rocket.

La función primordial de esta roldana es la de proporcionar una base plana y sólida al sello de asfalto. El sello de asfalto es de suma importancia para conservar las propiedades de la pila, específicamente la duración de la energía de la misma, por ello la roldana de asfalto constituye una pieza primordial en el sellado de la pila.

### **1.2.9. Asfalto suave**

El asfalto es un material que se utiliza en la pila para sellarla, la función del sello es evitar los derrames del ácido que se produce al utilizar la pila, además de conservar la humedad de la misma, lo que constituye la vida y duración de la pila. Hacer la pila portátil, prevenir la pérdida de humedad, y evitar el fenómeno de corrosión que se da cuando ingresa oxígeno a la pila, constituyen las funciones esenciales del sellado con asfalto.

En la pila “D” se utiliza asfalto Trumbull que es un asfalto económico y que es quebradizo al secarse. Por ser mayor la dimensión del sello en la pila “D” este factor no es importante en este proceso. Sin embargo en el proceso de la pila “AA” no se puede utilizar este tipo de asfalto ya que las dimensiones del sello son considerablemente menores y cualquier imperfección en el mismo repercute en la humedad de la pila, por lo tanto en la vida útil de la misma.

Figura 6. **Tarimas de asfalto suave**



Por tales razones se utiliza el llamado asfalto suave, que como su nombre lo dice, su estructura es suave y después de ser calentado conserva una estructura pegajosa, es decir que no es quebradizo y frágil como el de la pila "D". El asfalto suave se utiliza en esta pila para que el sello sea completo y uniforme, de manera de que cualquier imperfección en la estructura que lo sostiene sea sellada con una mínima cantidad del mismo.



### **1.2.10. Tapa**

La tapa es el último componente que se le coloca a la pila “AA”, para que la misma quede lista y pueda ser etiquetada para su posterior empaque. La función de la misma es la de terminar de sellar la pila, además de servir como terminal positiva, ya que esta tiene contacto directo con el electrodo de carbón. También, protege la estructura interna de la semipila sin dejar en contacto los componentes internos de la batería expuestos al ambiente. Por último, la tapa se fábrica, al igual que el fondo metálico, en una forma que le de una presentación estética a la batería.

### **1.3. Materia prima en la que se enfocará el análisis**

Como es bien sabido en la actualidad la competencia es uno de los principales factores que determinan la supervivencia de los productos, quien ofrece un producto más barato y de mejor calidad es el que sobrevive. Una de las formas que existen al momento de competir y querer sobresalir es la de bajar los costos de los insumos, reemplazándolos con sustitutos económicos para que así disminuya el precio del producto final.

Este fue el caso del asfalto que se utiliza en la fabricación de la pila “AA”. Dicho insumo es similar al que se usa en la pila “D”. Sin embargo, por sus características este insumo no es fácil de conseguir en el mercado, ya que es un producto especializado, por la misma razón su precio es elevado en comparación con el asfalto de la pila “D” cuyo costo es relativamente bajo.

El asfalto tiene como única función proveer un sello a la pila para que la mezcla conserve las propiedades de humedad y la duración de la batería no se vea comprometida por factores ambientales.

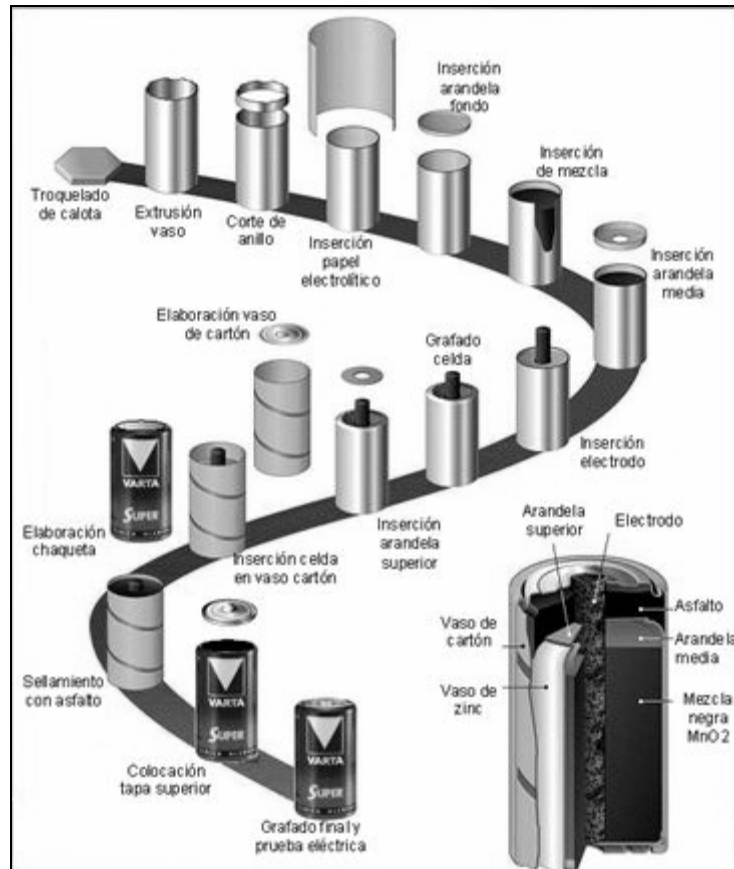
La maquinaria que se encarga de proveer el sello de asfalto a la pila “AA” es la línea Rocket, específicamente la máquina que se conoce como asfaltadora. Para tomar una mejor idea de la línea Rocket, se puede observar un diagrama de recorrido del proceso que se lleva a cabo en esta línea, en el inciso 1.4.2.

El principal objetivo es el de obtener un sistema que permita fabricar un sustituto de bajo costo, del asfalto suave utilizado en la pila “AA”. Por ello, el material que será objeto de este análisis será el asfalto suave.

#### **1.4. Descripción del proceso**

A manera de comprender mejor el proceso de fabricación de la pila, y de la importancia del sello de asfalto en la misma, se incluirán diagramas de flujo y de recorrido que permitan al lector tener una visión más clara de cómo se llevan a cabo todas las situaciones que tienen como producto final la semipila.

Figura 7. **Construcción de una pila zinc-carbón**

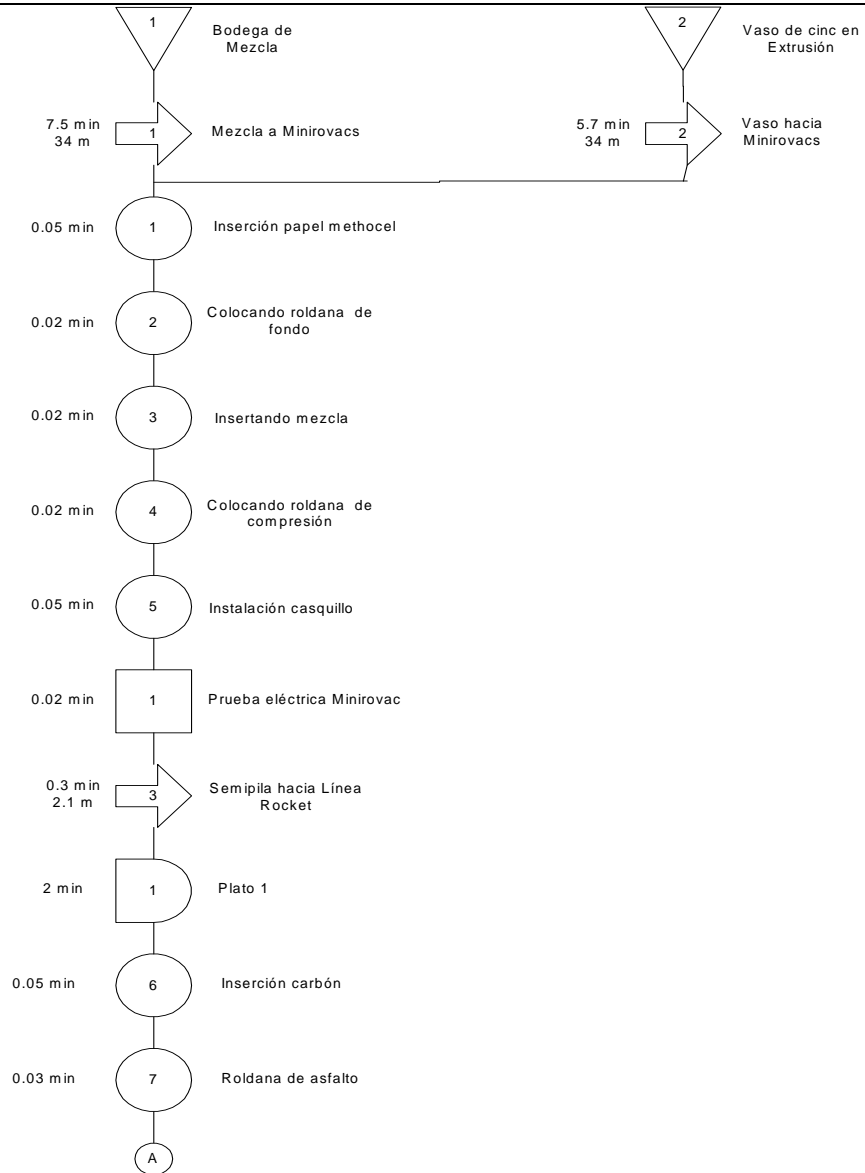


Fuente: **El Manual de la Pila**, página 17

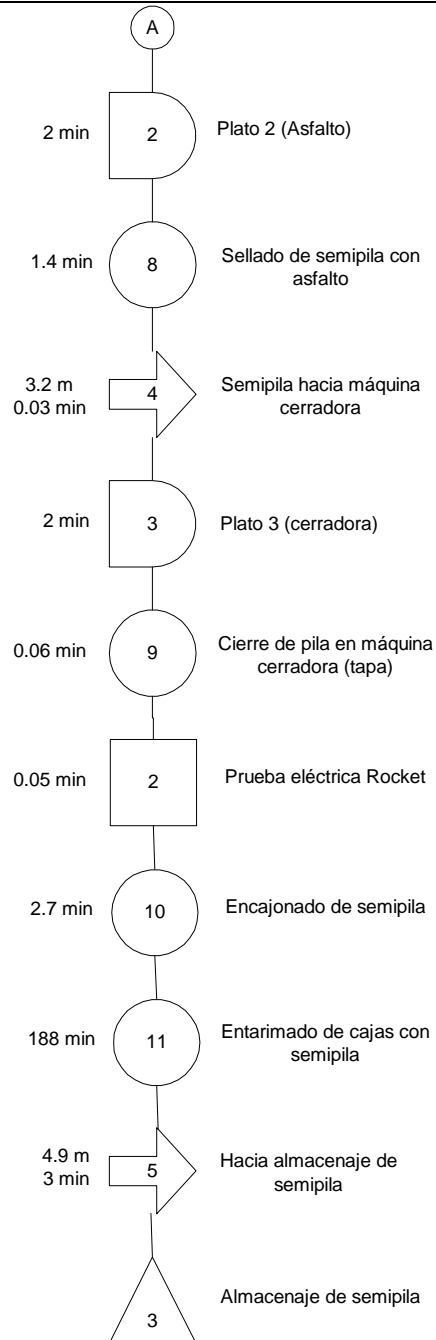
### 1.4.1. Diagrama de Flujo del Proceso

Con este diagrama se pretende explicar de manera detallada el proceso que se lleva a cabo en la línea Rocket para fabricar la pila "AA". Se incluyen todos los pasos necesarios, materiales, tiempos, distancias, entre otros; de manera sistemática y ordenada para una mayor comprensión de la manufactura del producto.

**Proceso de elaboración de semipila tamaño "AA"**  
 Inicia en bodega de mezcla y departamento de extrusión  
 Termina en el almacenaje de semipila  
 Analista: Jorge Francisco Carranza Dávila  
 Método: actual  
 Fecha: 20-06-2005  
 Página 1



Proceso de elaboración de semipila tamaño "AA"  
 Inicia en bodega de mezcla y departamento de extrusión  
 Termina en el almacenaje de semipila  
 Analista: Jorge Francisco Carranza Dávila  
 Método: Actual  
 Fecha: 20-06-2005  
 Página 2



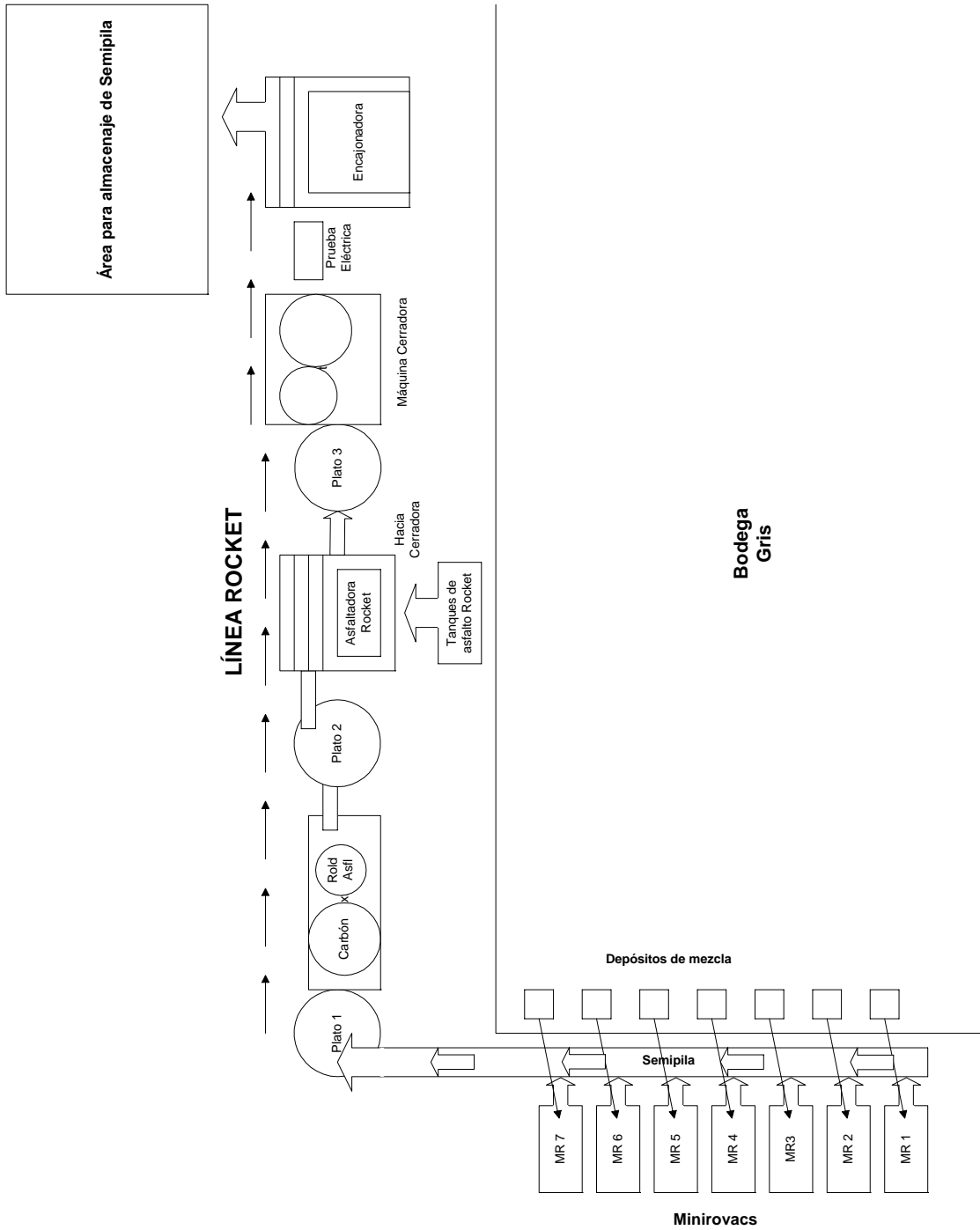
Proceso de elaboración de semipila tamaño "AA"  
 Inicia en bodega de mezcla y departamento de extrusión  
 Termina en el almacenaje de semipila  
 Analista: Jorge Francisco Carranza Dávila  
 Método: Actual  
 Fecha: 20-06-2005  
 Página 3

## RESUMEN

| SÍMBOLO   | NOMBRE     | CANTI-<br>DAD | TIEMPO        | DISTANCIA |
|---|------------|---------------|---------------|-----------|
|    | ALMACENAJE | 3             |               |           |
|   | TRANSPORTE | 5             | 21.6 min      | 78.2 m    |
|  | OPERACIÓN  | 11            | 192.4 min     |           |
|  | INSPECCIÓN | 2             | 0.07 min      |           |
|  | DEMORA     | 3             | 6 min         |           |
| TOTALES   |            | 24            | 220.07<br>min | 78.2 m    |

#### **1.4.2. Diagrama de recorrido**

Mediante este diagrama se pretende proporcionar una idea gráfica al lector acerca de cómo están situados en planta todos los elementos que intervienen en la fabricación de la pila “AA”.





## **2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

### **2.1. Descripción del material que se utiliza actualmente**

La materia prima que se utiliza actualmente es un asfalto suave proveniente del extranjero. Dicho asfalto a diferencia del asfalto que se emplea para sellar la pila “D” no es quebradizo ni duro, esto se debe principalmente a las características de gasificación y espacio reducido, características propias de la pila “AA”.

El asfalto se transforma de estado líquido a sólido para obtener la mejor adherencia posible en el proceso. Al secarse sigue teniendo la propiedad de suavidad que es muy importante para proveer un sello completo.

#### **2.1.1. Datos técnicos del asfalto**

Por razones de seguridad y del derecho del secreto industrial, en este texto no es posible mencionar ciertos datos que pueden comprometer a la empresa, en este caso se puede exponer únicamente cifras que no comprometan la formulación exacta de este material. Lo único que se puede mencionar de manera inexacta es que se utiliza 30 % de aditivo y 70 % de asfalto.

### **2.1.2. Proveedor**

El proveedor del asfalto suave es una compañía en Inglaterra la cual lo importa directamente a Rayovac. La empresa que fabrica este producto se conoce como Jobling Purser Limited.

### **2.1.3. Costo**

El orden de costo y la proporción que el asfalto ocupa respecto a los demás materiales en la fabricación de esta batería representa un 9.1% del costo total de pila, esto sin tomar en cuenta los costos de transporte, almacenamiento y manufactura. Otro dato de suma importancia es que ocupa el tercer lugar en costo respecto a los otros materiales.

## **2.2. Proceso de sellado con asfalto**

Se describirá de manera general los pasos necesarios para sellar la pila con asfalto, este proceso se realiza actualmente en la línea Rocket, específicamente en la máquina asfaltadora.

### **2.2.1. Descripción del proceso de sellado con asfalto de la pila “AA”**

Como ya se ha mencionado, la operación del sellado con asfalto de la pila “AA” es llevada a cabo mediante la línea Rocket, de manera específica con la estación de asfalto de la misma, conocida comúnmente en la planta como asfaltadora.

El proceso inicia justo después que a la semipila le es colocada la roldana de asfalto. La pila es acumulada en un disco giratorio que se comunica directamente con la asfaltadora por medio de una banda transportadora. Dicha banda transportadora lleva la semipila hacia unas pequeñas bandejas de aluminio que tienen capacidad para movilizar 16 pilas por bandeja. La primera operación que realizan las bandejas es la de transportar las 16 pilas hacia las llamas de precalentamiento. Estas llamas tienen la función de preparar la superficie, es decir la roldana de asfalto, para que el asfalto suave tenga una adherencia óptima.

Siempre sobre las mismas bandejas, la pila es conducida a las boquillas de la asfaltadora; dichos elementos son los encargados, mediante un sistema mecánico-neumático, de proporcionar la cantidad exacta de asfalto líquido a la pila para constituir un buen sello. Estas boquillas poseen un sistema sencillo de pernos que permiten graduar la cantidad de asfalto que debe llevar la pila, esto porque en diversas ocasiones esta cantidad puede variarse involuntariamente debido a las características que presente el medio ambiente, específicamente la temperatura y presión, y las propiedades de la materia prima, que pueden variar entre un batch y otro.

Para finalizar el proceso de sellado con asfalto, la pila es trasladada por las bandejas a las boquillas de sello. El objetivo de tener las llamas de sello en este procedimiento es únicamente para que el asfalto, por medio del calor de la llama, sea disperso y expandido en toda la superficie de sello de la pila. Cualquier espacio que haya quedado sin o con poco asfalto será reforzado al esparcir el asfalto con la llama en toda la superficie de la roldana de asfalto.

Con las llamas de sello termina el proceso de sellado con asfalto de la pila “AA”. Posterior a esto la semipila asfaltada es trasladada por medio de las bandejas hacia una pequeña banda que llevará la misma hacia otro disco giratorio. Aquí la semipila será acumulada para su posterior cierre, prueba eléctrica y encajonado, para su almacenamiento y reposo previo al empaque. Esto se puede observar con detalle en el Diagrama de Flujo del Proceso, inciso 1.4.1.

## **2.2.2. Dispositivos utilizados en el sellado de la pila**

La asfaltadora de la línea Rocket posee diversos dispositivos que en conjunto son los encargados de sellar la pila “AA”. A continuación se describirá cada uno de estos dispositivos.

### **2.2.2.1. Tanques de precalentamiento de asfalto**

La asfaltadora de la línea Rocket posee dos tanques de precalentamiento de asfalto, de forma cúbica, los cuales tienen capacidad para almacenar 8 cuñetes de 12 kgs de asfalto en forma líquida respectivamente.

Los dos tanques son de acero de  $\frac{1}{4}$  “ de espesor, y estos poseen en dos de sus paredes y en el fondo, resistencias eléctricas desmontables que permiten que el asfalto pueda ser fundido en los mismos. Un tanque está colocado encima del otro y están comunicados por una pequeña tubería. El tanque superior suministra asfalto al tanque inferior. La temperatura óptima de trabajo de estos tanques, que tienen función de hornos de fundición, es de 215° C, la cual puede fluctuar en aproximadamente 10° C.

Figura 8. **Tanque superior de asfalto en Línea Rocket**

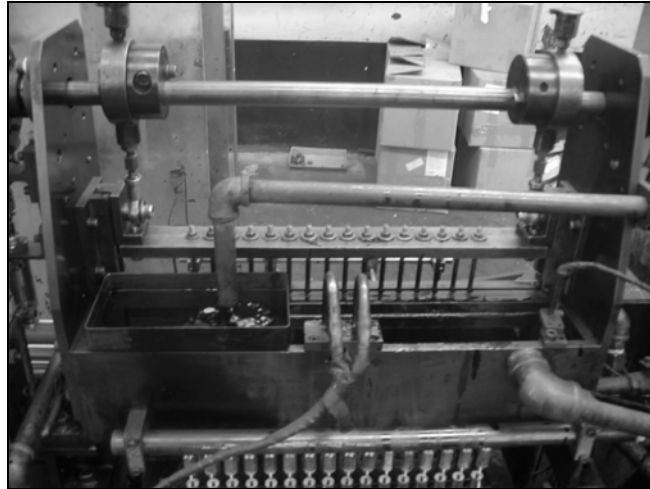


El tanque superior es el encargado de fundir el asfalto suave, es decir que es el horno donde el operador coloca la materia prima en estado sólido. El tanque inferior constituye un almacén que permite el trasiego del asfalto suave hacia el proceso en condiciones óptimas de temperatura para su fácil manipulación. El horno inferior posee una bomba simple de engranajes que mediante su movimiento hacen circular el asfalto líquido por una tubería hacia la siguiente parte del proceso que la constituye el dosificador.

#### **2.2.2.2. Dosificador**

La función principal del dosificador es mantener la cantidad necesaria de asfalto líquido y a la temperatura apropiada para sellar una cantidad determinada de pila. La máquina posee un sistema de bandejas en las que se transporta la pila hacia las boquillas de asfalto, se sellan 16 pilas por bandeja.

Figura 9. **Dosificador de la asphaltadora**



El asfalto es trasladado del tanque inferior por el impulso de una bomba de engranajes hacia el dosificador, que es un pequeño depósito que debe conservar una pequeña cantidad de asfalto líquido y caliente para sellar la pila. Cuando la asphaltadora no está funcionando constantemente, sino en intervalos, el asfalto que llega al dosificador se mantiene en constante circulación entre el dosificador y el tanque inferior de asfalto. El objetivo de esta circulación es tener listo el asfalto a una temperatura adecuada en el momento en que la asphaltadora retorne a su actividad normal.

La temperatura aproximada que debe tener el dosificador es de 225° C, esta temperatura se logra también por medio de resistencias eléctricas.

### **2.2.2.3. Asfaltadora**

El mecanismo encargado de proporcionar la cantidad de exacta de asfalto a la semipila se conoce como asfaltadora, tiene la capacidad de asfaltar 600 pilas por minuto, y cuenta con 16 boquillas para este proceso.

Como se mencionó antes, éste es un mecanismo que posee cilindros neumáticos y que por medio de gravedad y de inyectores que funcionan de manera similar a una compuerta, dejan caer asfalto líquido sobre la pila. Es un mecanismo relativamente sencillo pero muy efectivo que esta sincronizado con el tiempo de las bandejas. Eso si, es de suma importancia que las dimensiones del desgaste de piezas sean tomadas en cuenta durante el proceso, ya que cualquier variación en las mismas puede producir un incremento en el desperdicio al mancharse la semipila de asfalto.

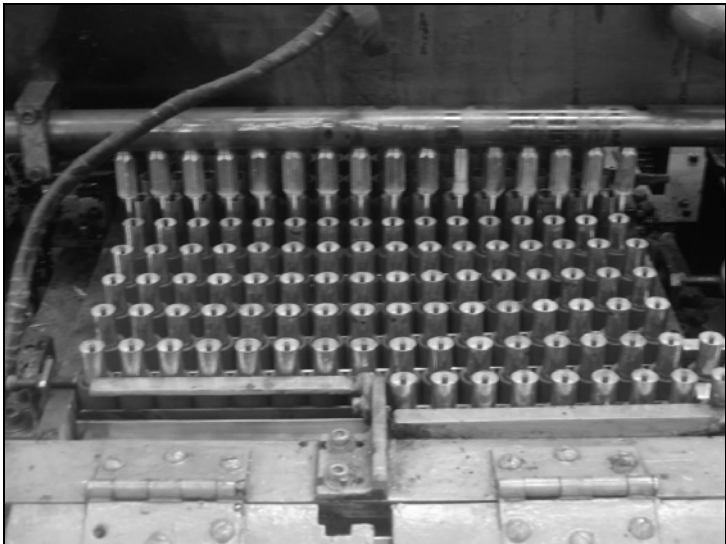
### **2.2.2.4. Llamas de precalentamiento y de sello**

Estas llamas, como su nombre lo dicen, precalientan la superficie y sellan totalmente la pila con asfalto. Son 32; 16 de precalentamiento y 16 de sello. Funcionan con gas propano y aire comprimido que permite graduar el flujo de las mismas.

Figura 10. **Llamas de sello en asfaltadora**



Figura 11. **Llamas de precalentamiento**





### **3. PROPUESTA DE MEJORA**

#### **3.1. Utilización de asfalto económico en sustitución de asfalto suave**

La manera más conocida de competir en un mercado donde existan rivales fuertes es desarrollando estrategias que permitan disminuir costos sin comprometer la calidad del producto. Entre los costos que se pueden bajar están los costos de fabricación, precios de los insumos, costos de distribución, y algunos otros que también pueden contribuir a disminuir el precio final del producto. Se estima según cálculos realizados con el costo del asfalto económico que el precio final de la pila “AA” puede disminuir en un 7 % aproximadamente.

Una de las estrategias que se han implementado en Rayovac en cuanto a la disminución de costos e incremento de competitividad, es la de investigar qué insumos pueden sustituirse por otros de menor costo pero que posean una calidad similar o superior y que además mantengan las características de la pila intactas o en el mejor de los casos, las mejoren. En algunos casos se ha logrado obtener insumos de procedencia nacional a un buen precio, superando la calidad de los que se utilizaban originalmente en la fabricación de la pila.

El problema más difícil de solucionar se ha dado en la pila “AA” ya que gran parte de los insumos que se utilizan en su fabricación son importados de países como Italia, Japón, Estados Unidos, entre otros; y en el mercado nacional no se encuentran empresas que se dediquen a la comercialización de este tipo de insumos, y las industrias que si lo hacen no ofrecen la calidad de los insumos importados, comprometiendo así el desempeño y la calidad de la pila.

Una de las alternativas que, posiblemente podría significar algún beneficio, consistía en involucrar el asfalto Trumbull, que es el que se utiliza para sellar la pila tamaño “D”, en la operación de sellado de la pila “AA”. El asfalto Trumbull es considerablemente más barato que el asfalto suave. Dicho asfalto representa el 30% del costo del asfalto suave.

Sin embargo, las características de dureza del asfalto Trumbull, no permiten que se le aplique este insumo como sello a la pila “AA”. La dureza hace que el sello se rompa al darse la producción de gases en la utilización de la pila. El asfalto suave, al ser elástico, se acopla perfectamente a la superficie de sello y no se perfora tan fácilmente.

La única opción existente para involucrar el asfalto Trumbull en el proceso de sellado de la pila “AA” era modificar su formulación para transformar sus características y hacerlo apto para el sellado de esta pila. Después de realizar una investigación exhaustiva se encontró un aditivo que permitía agregar estas características al asfalto Trumbull. Se realizaron varias pruebas con esta mezcla y se logró obtener la formulación óptima que producía características muy parecidas a las del asfalto suave. Cabe resaltar que el insumo que se agrega al asfalto es de bajo costo, por lo tanto al introducir este nuevo asfalto al proceso se lograría un ahorro de un 77% en comparación con el asfalto suave utilizado actualmente. A este insumo se le da el nombre de “asfalto económico”.

### **3.2. Formulación del asfalto económico**

El asfalto económico posee varias características que lo hacen apto para el sellado de la pila “AA”. Es necesario mencionar que este asfalto es distinto al que se utiliza en el sellado de la pila “D”.

#### **3.2.1. Generalidades**

El nuevo insumo, conocido como asfalto económico, se obtiene al mezclar el asfalto Trumbull con un aditivo, cuyo nombre es Otina. Después de realizar la investigación del caso, y experimentar con este aditivo se lograron establecer las proporciones ideales para producir una mezcla con características muy similares a las del asfalto que se utiliza actualmente. Se debe recordar que una de las propiedades primordiales del sello de la pila “AA” es la suavidad, característica que se alcanzó con esta mezcla.

Tabla I. **Características del asfalto suave y el asfalto económico**

| <b>Medida</b>        | <b>Asfalto suave</b> | <b>Asfalto económico</b> |
|----------------------|----------------------|--------------------------|
| <i>Penetración</i>   | 51 mm                | 51 mm                    |
| <i>Ablandamiento</i> | 64° C                | 71° C                    |

La Tabla I muestra un cuadro comparativo de las dos características principales que se necesitan en el sello del asfalto “AA”; estos datos son de un batch de asfalto suave y un batch de asfalto económico. Como se puede observar, la penetración en las dos muestras es la misma, y la medida de ablandamiento es muy similar en ambas muestras. Esto demuestra que la mezcla de asfalto Trumbull y Otina es apta para sellar la pila “AA”.

### **3.2.2. Proporciones de los insumos utilizados en la fabricación del asfalto económico**

Después de haber analizado las características de los componentes del asfalto económico, es decir asfalto Trumbull y otina, se procedió a realizar una serie de pruebas que permitieran determinar las cantidades ideales para obtener un producto con características similares a las del asfalto suave. El equipo que conforma el Laboratorio Químico de Rayovac, fue el encargado de dicha investigación.

Al culminar dicho proceso de investigación y experimentación, se determinó que para obtener resultados muy similares a las del asfalto suave era necesario realizar una mezcla que en total contuviera un 70% de asfalto Trumbull y un 30% de otina. De esta manera se logró obtener el asfalto económico.

### **3.3. Descripción de la materia prima utilizada en la manufactura del asfalto económico**

Dos son los materiales que se utilizan en la fabricación del asfalto económico. Estos materiales son el asfalto Trumbull y la otina.

#### **3.3.1. Asfalto Trumbull**

El asfalto Trumbull es el material que por sus características es utilizado para elaborar el sello de la pila tamaño “D”. Como se ha mencionado anteriormente el sello que proporciona este material es peculiarmente duro y quebradizo, por lo tanto no se puede utilizar directamente en la pila “AA” sin haber modificado estas propiedades.

Figura 12. **Asfalto Trumbull empacado**



Para ir tomando una idea de las características de este material, se puede mencionar que es de color negro, y es importado en estado sólido en unos cilindros o cuñetes de aproximadamente 45 kilogramos. Dichos cuñetes son empacados en un cartón que los recubre parcialmente, además son estibados en tarimas de 18 unidades. En la Tabla II se muestran las tres características del asfalto Trumbull de mayor importancia en el sellado de la pila “D”.

Tabla II. **Características principales del asfalto Trumbull**

| <i>Ablandamiento (°F)</i> | <i>Penetración (dmm<br/>@77°F)</i> | <i>Punto de Flash (°F)</i> |
|---------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| 185                       | 15                                 | 595                        |

Otro detalle de importancia es que el asfalto Trumbull es importado de Estados Unidos. El nombre de la empresa que lo fabrica es Owens Corning Trumbull Plant, y está ubicada en Houston Texas.

Figura 13. **Asfalto Trumbull desempacado**



### 3.3.2. **Otina**

A manera de recordatorio es pertinente mencionar que la otina es el material que se utiliza como aditivo para convertir el asfalto Trumbull en asfalto suave, o como se llama en Rayovac, en asfalto económico. El proveedor de este material es Shell, en Guatemala específicamente es Oroshell Central Lubricantes.

Entre las características físicas de la Otina están su color oscuro y la consistencia semi-sólida, parecida a la grasa común que se utiliza como lubricante en máquinas. El uso específico de este petrolato es como inhibidor de la herrumbre en superficies metálicas expuestas y como una capa de protección y aislamiento y contacto en líneas de transmisión eléctrica.

Además se puede usar como un componente en la producción de cremas de cuero, revestimiento de tuberías, mezclas de cauchos, formulaciones para plásticos, entre otros.

Figura 14. **Toneles de Otina compound**



Este producto tiene una consistencia a temperatura ambiente, parecida a una grasa suave y se derrite con facilidad al elevar la temperatura. La presentación de este material es en toneles de 400 libras. En la Tabla III se muestran las especificaciones más relevantes de este material.



Tabla III. **Especificaciones de la otina**

|                                    |        |
|------------------------------------|--------|
| <i>Viscosidad en CsT a 100° C</i>  | 12-21  |
| <i>Penetración no trabajada</i>    | 85-155 |
| <i>Punto de coagulación en ° C</i> | 50-75  |

#### **3.4. Proceso de elaboración del asfalto económico**

El proceso de elaboración del asfalto económico es un proceso muy sencillo, ya que consiste únicamente en mezclar las proporciones exactas de otina y asfalto Trumbull.

Lo único que se requiere es un sistema que proporcione la temperatura necesaria para derretir ambos materiales hasta llevarlos al estado líquido y mezclarlos completamente. Dicha situación se logra al llevar ambos materiales a una temperatura promedio de 100° C y dándole una agitación a la mezcla de aproximadamente 60 minutos. Al lograr esta mezcla se puede decir que ha sido elaborado asfalto económico, con las características del asfalto suave que se utiliza para el sellado de la pila "AA". Este asfalto puede ser utilizado en el momento en que está líquido, o puede ser almacenado al solidificarse para su posterior uso.

#### **3.5. Propuesta del sistema de para la fabricación del asfalto económico**

El objetivo de tener un sistema para la fabricación del asfalto económico es automatizar la manufactura del mismo, es decir que con ello se evitaría tener algún almacenamiento innecesario del material.

Además se podría tener una línea de fabricación de asfalto paralela a la línea de manufactura de la pila, con lo cual se reduciría significativamente las operaciones que conllevarían tener un proceso separado o independiente que involucre almacenamiento o trasiego del asfalto económico, y contratación de personal independiente al proceso, involucrando al personal encargado de la fabricación de la pila. Los beneficios económicos de este sistema son palpables, el ahorro que se ha estimado en el precio final de la pila al utilizar este asfalto es de aproximadamente 10 % del valor actual.

Se requeriría un sistema que estuviera paralelo a la línea Rocket y cuya desembocadura fueran los tanques u hornos de la asfaltadora de esta línea.

Para ello serían necesarios ciertos elementos, entre los más importantes están un tanque de mezcla que permita la disolución de los materiales necesarios para la elaboración del asfalto económico, un sistema de fundición para el aditivo cuya función sería la de llevar la otina a estado líquido para un manejo menos complicado que en estado sólido, otro tanque que permita almacenar un batch de asfalto económico a la temperatura apropiada listo para ser introducido al proceso y que además permita tener el tanque de mezcla vacío y listo para elaborar otro batch de asfalto económico, y para terminar una estructura metálica que soporte el sistema. Más adelante se pueden observar ilustraciones relacionadas con este sistema, en las figuras 15, 16, 17, 18 y 19.

### **3.5.1. Estructura del sistema**

Se describirán todos los dispositivos que forman parte del sistema propuesto. Básicamente el sistema consiste en 2 hornos que servirán para elaboración y almacenamiento de asfalto.

### **3.5.1.1. Tanque de mezcla**

Como su nombre lo dice, el único propósito de este tanque u horno es el de mezclar las proporciones exactas de otina y asfalto Trumbull para transformarlo en asfalto económico. Para ello se requiere llevar ambos materiales a una temperatura promedio de 100° C y cuando los dos elementos se encuentren en estado líquido se les debe dar un tiempo de agitación de aproximadamente 60 minutos.

En la empresa se utilizan actualmente hornos eléctricos para derretir el asfalto Trumbull y llevarlo a un estado líquido. El asfalto Trumbull sale de estos hornos por medio de unas tuberías hacia las asfaltadoras de la línea "D", las cuales son las encargadas de proporcionar el sello a estas pilas.

Figura 15. **Tanque de fundición de asfalto**



El tanque se muestra en la figura 12 tiene 155.95 m de altura y 91.5 m de diámetro. Con este horno se pueden hacer 708 kg de asfalto económico y satisfacer la demanda de asfalto de la línea Rocket.

Tomando en cuenta las características de estos tanques, se podrían aprovechar dos de este tipo que se encuentran en desuso, y utilizar uno de estos para la fabricación de este asfalto.

Se requeriría como primer punto, verter el asfalto sólido en el horno, llevarlo hasta la temperatura adecuada para su fundición, agregar la otina cuando el asfalto ya se encuentre en estado líquido y por último darle la agitación necesaria para obtener una mezcla homogénea. Con estos pasos es posible obtener un batch de asfalto económico.

### **3.5.1.2. Sistema de fundición para el aditivo**

La otina es un material de consistencia grasosa, esta característica hace que su manipulación y su trasiego sea complicada, además la incorrecta manipulación de la misma da lugar al desperdicio cierta cantidad de este insumo, lo cual no es aceptable en ningún proceso de manufactura.

Para evitar el problema de manipulación y desperdicio se propone un sistema que permita manipular este aditivo fundiéndolo y trasladándolo en estado líquido hacia el tanque de mezcla.

Dicho sistema consiste en dos resistencias de 1500 watts colocadas alrededor del recipiente de otina en dos puntos, transmitiendo calor al recipiente hasta derretir completamente la otina y permitiendo así trasladar el aditivo hasta el horno en estado líquido, favoreciendo así la disolución de este material con el asfalto Trumbull.

Las dos resistencias deberán ser fabricadas en forma de abrazaderas para que la colocación de las mismas en el recipiente no sea complicada. La temperatura deberá ser regulada por un reóstato conectado a las resistencias. Este implemento debe ser construido de manera que pueda ser dispuesto en un lugar superior al acceso del tanque de mezcla, con el objetivo que el aditivo ingrese al horno por gravedad.

### **3.5.1.3. Tanque almacén**

El propósito de agregar un tanque almacén al sistema es tener material listo para ingresar al proceso en las cantidades que se requiera que en este caso son muy inferiores a las que tiene el tanque.

Otro detalle importante es que para elaborar un batch de asfalto económico se necesita que el tanque este vacío para agregar las proporciones de materiales en una manera exacta. Es por ello que inmediatamente después de elaborar el asfalto económico en el horno de mezcla, se deberá purgar el material en el tanque almacén, este asfalto ya puede ser introducido al proceso de sellado.

Además de esta manera se permite tener el tanque de mezcla listo para elaborar un nuevo batch de asfalto económico, sin incurrir en demoras para el proceso.

### **3.5.1.4. Estructura metálica**

Será necesaria una estructura metálica que soporte todo el sistema. Dicha estructura deberá ser construida de manera que soporte los dos hornos, además de los materiales que se requerirán para la elaboración del asfalto.

Figura 16. Estructura metálica de línea “D”



Es pertinente hacer mención de que todo el sistema funcionará por gravedad, es decir que el tanque de mezcla deberá ser colocado a cierta altura, superior a la del tanque almacén, y el tanque almacén deberá ser colocado a una altura superior al horno superior de la línea Rocket. Esto se propone de esta manera para aprovechar el espacio que se va a utilizar y para no incurrir en el uso de bombas, motores eléctricos y otros dispositivos, para el traslado del asfalto, porque elevaría los costos de consumo de energía eléctrica y este costo se trasladaría al consumidor final de la pila.

El sistema de fundición del aditivo también se deberá colocar arriba del horno de mezcla para que la otina ingrese a este tanque por medio de gravedad.





## **4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA**

### **4.1. Cálculo del batch de asfalto**

Conocida ya la propuesta, es necesario establecer las cantidades que se requerirán para satisfacer la demanda de la línea Rocket cuando la misma se encuentra en condiciones normales de producción de pila “AA”.

#### **4.1.1. Demanda de pila “AA”**

La pila “AA” al igual que una gran variedad de productos en el mercado, es un producto cuya demanda es cíclica, es decir que durante el tiempo tiene algunas variaciones, pero que se repiten en forma de un patrón definido. Es decir que la demanda de enero del presente año es muy similar a la demanda de enero del año pasado.

El tipo de producción que se realiza respecto a la pila “AA” es el de producción continua, esto es porque la pila “AA” se fabrica todo el tiempo en la planta y lo que cambia cada mes es la cantidad que se produce según la demanda del mercado.

#### **4.1.2. Volumen de producción**

Anteriormente se mencionó que el producto en el que se enfoca este estudio posee una demanda cíclica, es decir que varía mes a mes durante el año, pero el patrón se repite de manera muy similar a través de los años.

Un detalle importante al que se le debe prestar mucha atención es la capacidad de producción de la línea. Esta línea cuenta con seis máquinas las cuales tienen la capacidad de producir 100 pilas por minuto en promedio, es decir que la línea completa puede producir 600 pilas por minuto con una eficiencia del 100%. Esta vendría a ser la capacidad máxima de producción de esta línea.

Tomando en cuenta que muchas veces existen factores que menguan directamente en el desempeño de la línea, se puede decir que trabajando con una eficiencia aproximada al 70%, se producirán durante ambos turnos la cantidad total de 380,000 pilas. Estos datos son los que se toman en cuenta en Rayovac para la planificación de materiales.

En diversas ocasiones cuando el mercado lo ha demandado y por las limitaciones con las que cuenta esta línea, la empresa se ha visto en la necesidad de doblar turnos o pagar tiempo extra con el único objetivo de satisfacer esta demanda.

#### **4.1.3. Niveles de inventario de asfalto**

El nivel de inventario de asfalto económico en el proceso se verá afectado directamente por el sistema de producción de asfalto, esto se debe a que los tanques u hornos han sido construidos previamente con ciertas dimensiones y esto limita la cantidad de asfalto que se manejará en el proceso.

Sin embargo, estos detalles son ventajosos en cierta manera, ya que al existir este sistema se manejarán niveles bajos de inventario de proceso, los cuales como es bien sabido inciden positivamente en el costo del proceso.

Un batch de asfalto económico generado en este sistema equivale a un peso aproximado de 708 kg. En un turno se consumen aproximadamente 95 kg de asfalto económico, es decir que un batch de asfalto suave fabricado en el nuevo sistema durará aproximadamente 7.5 turnos, es decir aproximadamente 3.75 días. De esta manera se expresan las cantidades de asfalto económico que existirán en el proceso y la duración que tendrá dicho material respecto al ritmo de trabajo.

Como en el sistema se tienen previstos dos tanques, es decir el tanque de mezcla y el tanque almacén; este parámetro será el que determinará cuando se debe iniciar la elaboración de el siguiente batch de asfalto económico. Primordialmente este es el objetivo de tener dos tanques, ya que de esta manera es más fácil manipular el material además de no tener carencias del mismo en ningún momento.

Al momento de la fabricación, cuando la mezcla está completada, se debe vaciar el tanque de mezcla y trasegar el material al tanque almacén para dejar listo el tanque almacén para elaborar otro batch. No obstante no se fabricará otro batch sino hasta que se halla vaciado completamente el tanque de mezcla, esto porque tener asfalto económico en el proceso representa un costo y el objetivo de este proyecto es disminuir cualquier gasto innecesario.

## **4.2. Propuestas de localización del sistema de producción de asfalto en la planta**

Existen dos posibles lugares en la planta en donde se puede establecer el sistema de elaboración de asfalto suave. Estos lugares son la línea Rocket y la bodega gris, sin embargo es necesario determinar cual de estos dos lugares es el mejor para colocar este sistema y esto se evaluará según las características de los mismos.

### **4.2.1. Bodega gris**

Como su nombre lo dice, esta es una bodega que se encuentra en la parte posterior de la línea Rocket, y esta se utiliza para almacenar una gran cantidad de materiales que son útiles en el proceso.

Aquí se encuentran también los depósitos de mezcla de las Minirovac que son las máquinas que elaboran la pila "AA" y en este lugar también se almacenan los sacos de mezcla electrolítica que integran la semipila. Además en este lugar también se encuentra situada la cortadora de papel, que es de suma importancia por el abastecimiento de dicho insumo al proceso.

Esta bodega posee un área de 310.8 m<sup>2</sup> la cual es muy útil para localizar y construir el sistema. Además con esta capacidad es posible almacenar una gran cantidad de materiales, y también se podrá realizar cualquier ampliación que se pueda requerir en el futuro. Otra ventaja sería que el calor que producirá este sistema estará relativamente alejado del lugar de trabajo que lo constituye la línea Rocket, con lo cual se mejoran las condiciones este lugar.

Uno de los inconvenientes es el de utilizar tuberías prolongadas y con algún tipo de dispositivo que les transmita calor, para trasladar el asfalto suave hacia la línea Rocket.

Otro problema sería el de quitar un espacio importante de almacenaje en la bodega. Se tendría que pensar en algún otro lugar para almacenar los materiales que tendrán que ser removidos de esta bodega para situar el sistema de elaboración de asfalto en el sitio.

#### **4.2.2. Línea Rocket**

Cuando se menciona la línea Rocket, se hace referencia al espacio que existe atrás de ella, es decir el espacio que esta entre la maquinaria de la línea y la división prefabricada que separa la línea "AA" de la bodega Gris.

Las dimensiones de este espacio son limitadas en comparación con las de la bodega Gris. El área de este sitio es de 47.25 m<sup>2</sup>.

Estas dimensiones harían que el espacio para elaborar el batch de asfalto fuera muy cerrado y no tendría la capacidad para colocar materiales y herramientas que tiene la bodega Gris. Sin un adecuado sistema de aislamiento y ventilación el lugar tendría una temperatura elevada. Una solución a este problema sería el diseño y construcción de un techo que proporcione la ventilación adecuada al área, por ejemplo un techo de dientes de sierra; esto mejoraría notablemente la ventilación del lugar.

La principal ventaja sería que el sistema estaría muy próximo a la asphaltadora de la línea Rocket, por lo cual el trasiego del asfalto se realizaría de manera fácil y rápida. Además el operador podría manipular el sistema teniendo una completa visualización del panorama de la asphaltadora, con lo cual se disminuirían errores en la operación que en un momento podrían generar situaciones inseguras.

#### **4.2.3. Lugar óptimo, según condiciones**

Tomando en cuenta todas las características que se mencionaron anteriormente, se puede concluir que el lugar óptimo para colocar el sistema de elaboración de asfalto lo constituye el espacio que se encuentra en la línea Rocket.

No se pudo escoger la bodega Gris como lugar para instalar el sistema por dos razones. La primera es que el espacio para almacenar materiales es muy valioso. Es decir que la bodega perdería su esencia y esto representaría un costo alto en algún momento. La otra razón es el trasiego del asfalto, se debe invertir en algún dispositivo que permitiera que el asfalto fuera trasladado a la asphaltadora, lo cual genera una inversión inicial y posterior según los gastos en los que se incurra para darle el respectivo mantenimiento.

Se determinó que la línea Rocket es el lugar óptimo para colocar el sistema por su cercanía con la asfáltadora y con los operadores de dicha maquinaria. Aunque el espacio es limitado, se puede disponer apropiadamente del mismo para que todas las operaciones que se realicen en el mismo se lleven a cabo en una forma confortable y segura. Con un aislamiento adecuado, la temperatura no sería un problema. Además, el espacio de la bodega Gris quedaría intacto. Ambos espacios se pueden observar en el Diagrama de Recorrido, inciso 1.4.2.

### **4.3. Instalación del sistema de producción de asfalto en la planta**

Habiéndose definido el lugar donde se instalará el sistema de producción de asfalto en la planta, es necesario establecer el diseño que se utilizará para soportar todos los elementos que integran el sistema. Es oportuno mencionar que el diseño debe ser muy exacto por el hecho de que el espacio existente en la línea Rocket es reducido y si está mal dispuesto el sistema podría traer consecuencias que afecten directamente la operación del mismo, tornándolo obsoleto. Es importante mencionar que se cuenta con espacio aéreo para llevar a cabo la propuesta, este espacio sería necesario para elevar una estructura metálica.

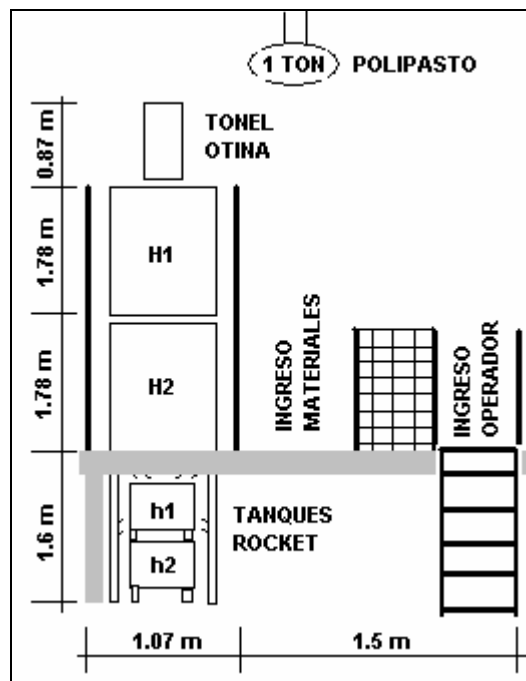
#### **4.3.1. Estructura metálica**

Los elementos que integran el sistema de fabricación de asfalto suave son el tanque de mezcla, tanque de almacenamiento y el sistema de fundición de la otina. Como se mencionó anteriormente el trasiego de los materiales fundidos previamente de un recipiente a otro se llevará a cabo mediante gravedad, esto para no incurrir en gastos de compra y mantenimiento de bombas especializadas en traslado de líquidos a alta temperatura.

Los elementos principales que integrarán la estructura metálica que soportará el sistema de fundición de asfalto económico son: lámina labrada de  $\frac{1}{4}$ " y costaneras de 5" x 3"; las costaneras serán el armazón de la estructura y la lámina labrada servirá para soportar todos el sistema. Dichos elementos estarán unidos por medio de soldadura eléctrica.

Por las razones antes mencionadas, será necesario colocar a una determinada altura todos los recipientes, para que por medio de la fuerza de gravedad se trasladen los materiales a su destino final que va a ser la asfaltadora de la línea Rocket. Es por ello que se propone la construcción e instalación de una estructura metálica que permita situar los tanques y el sistema de fundición de la otina en alturas escalonadas.

Figura 17. **Vista de perfil de la estructura metálica propuesta**



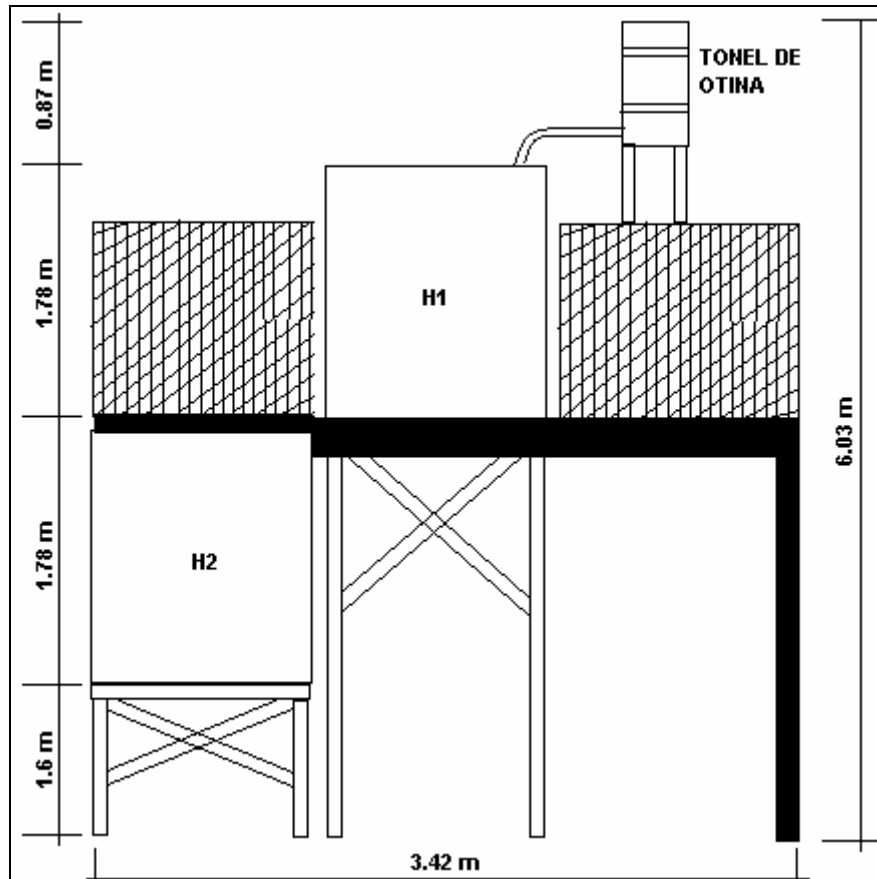


El primer elemento que se deberá colocar es el sistema de fundición de la otina que se instalará paralelamente al tanque de mezcla, la altura de este sistema será de 5.16 m, la cual se puede lograr alargando la base del mismo hacia arriba. Esto permitirá que cuando la otina se encuentre fundida, la misma pueda ser vertida al tanque de mezcla por medio de la fuerza de gravedad, al abrir la boquilla que se encuentra conectada al recipiente.

Ahora se puede describir directamente la estructura que soportará el tanque de mezcla. En dicha estructura descansará este tanque, esta se construirá a una altura de 3.38 m desde el suelo, para que el material ya fundido y bien mezclado caiga por gravedad hacia la siguiente parte del proceso.

A una menor altura, escalonada en relación al tanque anterior, se colocará el tanque almacén, es decir que este horno será el encargado de recibir, por gravedad, el asfalto económico del horno de mezcla, por lo tanto debe encontrarse a una altura que permita que la mezcla desemboque directamente hacia la entrada del recipiente. Es decir que la parte de la estructura que soporte el tanque almacén será de 1.6 m. Esta altura además permitirá que el asfalto pueda ser purgado por gravedad hacia el tanque superior de la asfaltadora de la línea Rocket.

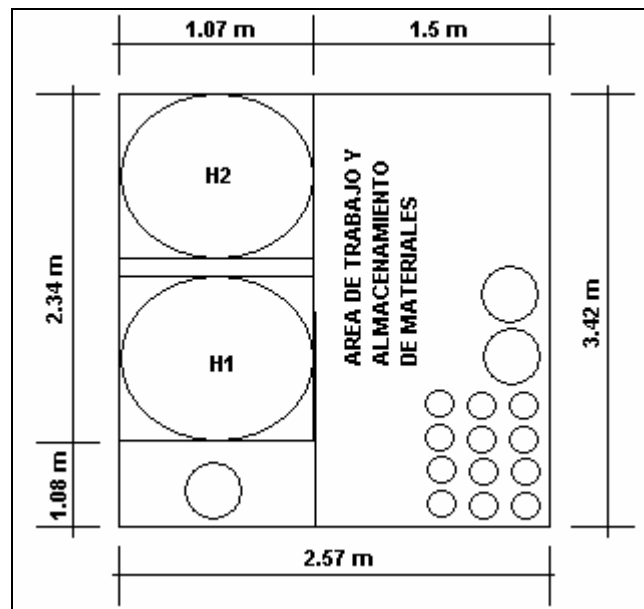
Figura 18. Vista de elevación de la estructura metálica propuesta



Dichos escalonamientos permitirán que el trasiego del asfalto se realice por medio de la fuerza de gravedad. Además con este tipo de construcción se aprovechará el amplio espacio aéreo de la planta sin afectar ningún proceso.

La estructura metálica contará con gradas que permitan el acceso a cualquiera de los dos tanques. Además se construirá un espacio que permita colocar los materiales necesarios para la elaboración de un batch de asfalto. Las dimensiones de este espacio serán de 8.80 m<sup>2</sup>. En la ilustración se puede observar un bosquejo de la estructura y de la disposición de todos los elementos que soportará.

Figura 19. **Vista de planta de la estructura metálica propuesta**



#### 4.3.2. Anclaje de los tanques de asfalto

Los tanques u hornos de asfalto son recipientes que no producen ningún movimiento fuerte o brusco. Dos movimientos se producen en el tanque de asfalto, los cuales son prácticamente imperceptibles, y son los que producen las resistencias eléctricas al estar activadas y, el movimiento o vibración que genera el moto-reductor del agitador.

Es por lo anterior que no se debe realizar un anclaje muy elaborado en los hornos. Además estos tanques poseen una base circular similar a la brida de una tubería, en la parte inferior de los hornos se encuentra este círculo metálico cuya función específica es para anclarse en determinado sitio.

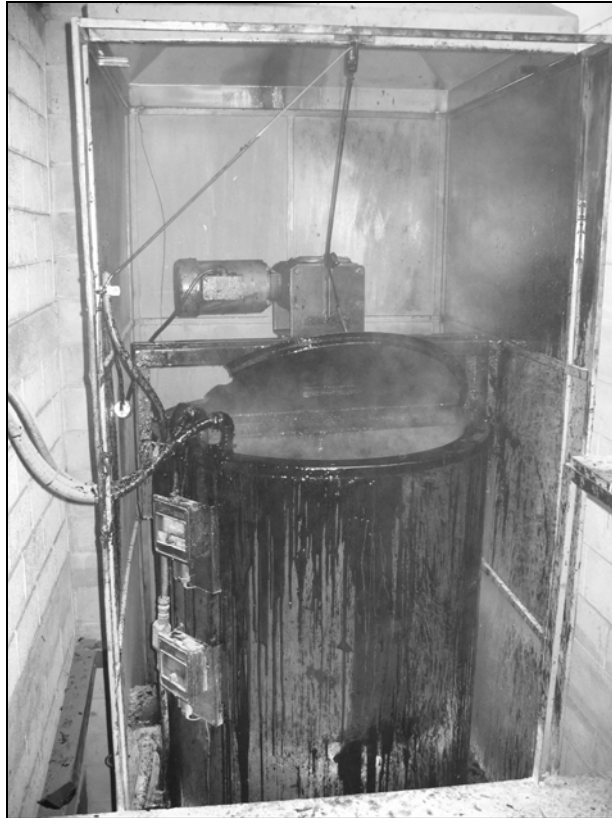
El anclaje posee ocho agujeros que permitirán sujetar los tanques con la lámina de la estructura mediante pernos de 3/8".

#### **4.3.3. Aislamiento térmico**

Las temperaturas que se manejan en la elaboración del asfalto económico son sumamente elevadas. Dichas temperaturas pueden llegar a ser peligrosas y además afectar el desempeño de los operadores en sus labores.

Sin embargo, los tanques de asfalto poseen en sus paredes una fibra aislante que no permite pérdidas de calor, y además recubre las resistencias eléctricas que son las responsables de llevar los tanques a altas temperaturas. Es decir que estas paredes están prácticamente aisladas y permiten al operador trabajar a una temperatura adecuada.

Figura 20. **Guarda protectora en hornos de línea "D"**



Como complemento de este aislamiento se instalará una guarda elaborada con lámina metálica de 1/16" para que no exista un contacto directo con el tanque. Además se pueden instalar en las partes superiores de las guardas, directamente arriba de los hornos, campanas extractoras de humo, para eliminar los vapores que se produzcan en esta operación.

Figura 21. **Campana extractora de vapores**



Mediante estos accesorios se podrá trabajar en el sistema en condiciones apropiadas que no perjudiquen ni física ni psicológicamente al trabajador.

#### **4.3.4. Transporte de materiales**

Los materiales necesarios para elaborar un batch de asfalto tienen un peso total de 708 kg. Por esta razón será necesario tener algún tipo de dispositivo que permita trasladar los materiales hacia la parte superior de la estructura metálica.

Un polipasto con una capacidad de carga de 1 tonelada, sería el dispositivo adecuado para trasladar los materiales hacia la parte superior de la estructura, que es donde se van a manipular los mismos para la fabricación de la mezcla. El polipasto puede ser dotado de una especie de cajón en el que se pueden colocar los cuñetes de asfalto Trumbull , y además se le pueden colocar cinchos especiales para sujetar el recipiente de otina y trasladarlo hacia el lugar donde será manipulado.

#### **4.4. Operación del sistema de producción de asfalto**

Habiendo descrito de manera muy generalizada el sistema que servirá para fabricar el asfalto económico, es el momento oportuno de describir todas las partes que intervendrán en la operación del mismo.

##### **4.4.1. Controles eléctricos**

Los hornos o tanques operan eléctricamente por medio de resistencias, que son las encargadas de producir el calor para fundir el asfalto. Estos tanques poseen termocoplas en su interior que permiten determinar la temperatura de los mismos, la señal que envían estas termocoplas es recibida por un control de PLC, que será el encargado de gobernar la temperatura de los hornos a manera de que esta se mantenga constante. Además, este dispositivo de PLC gobernará el movimiento de los agitadores. Todos estos dispositivos serán manipulados por el departamento de electricistas de la planta.

Los únicos controles eléctricos que manejará el operador del sistema serán la perilla de encendido y apagado, y la pequeña pantalla que despliegue la temperatura de los hornos. Es decir que el operador será el encargado de encender y apagar el sistema, y deberá verificar constantemente la temperatura de los hornos para establecer si todo se encuentra en condiciones normales.

#### **4.4.2. Controles manuales**

Cada tanque de asfalto posee en su parte superior una tapadera metálica que es donde se vierten los materiales. Dicha tapadera consiste en una media circunferencia con una bisagra. Con una polea graduable, que tiene un cable metálico con una agarradera, se abre o se cierra esta compuerta. Esta permite el acceso de materiales al horno además de las inspecciones visuales que deber realizar periódicamente el operador para revisar que todo se encuentre en completo orden.

El operador también deberá ser capaz de manipular las llaves de paso que poseen los tanques para purgar su contenido. Dichas llaves son similares a las que se utilizan en cualquier tubería, y por medio de las mismas se puede graduar el caudal de asfalto hacia su destino. También es trascendental que el operador limpie cualquier obstrucción que se encuentre en la boquilla de salida de la llave para que el asfalto fluya sin problema hacia el siguiente recipiente.

Por último pero no menos importante, al recipiente de otina se le conecta en el agujero que se encuentra en su tapa superior un grifo similar a los que se utilizan en las tuberías que transportan agua. Este grifo también servirá para graduar el caudal de salida de la otina fundida. El operador lo manipulará según sea el caso.



#### **4.4.3. Lecturas de temperatura en los tanques de asfalto**

Como se mencionó anteriormente los hornos poseen en su interior termocoplas que sirven para medir la temperatura de operación de los mismos. Estas temperaturas se pueden observar en las pequeñas pantallas o “displays” que se encuentran cerca de las perillas de encendido de los hornos. El operador sabrá cual es la temperatura a la que se encuentra el asfalto, para así conocer si es el momento en que debe purgarlo al siguiente paso o si debe esperar algún tiempo.

También se debe mencionar estos hornos poseen un sistema de alarma que se activa cuando por alguna razón las temperaturas exceden los 250° C, además de apagarse automáticamente las resistencias eléctricas de los hornos, el sistema de alarma emite un sonido para advertir la situación a las personas que se encuentren cerca de los tanques.

#### **4.4.5. Manipulación y control del sistema de fundición de otina**

Este sistema no es automático como los anteriores. Esto se fabricará de esta manera para ahorrar costos y por su facilidad de manipulación. Consiste en dos resistencias de 1,500 watts que se le colocan al recipiente en sus paredes para que su contenido pueda ser llevado a cierta temperatura, en este caso oscila entre 75 y 100° C.

En el panel de control, que consiste en una caja metálica con elementos eléctricos en su interior y con una perilla de encendido y apagado en su parte exterior; se enciende el sistema y se espera a que la otina se encuentre en la temperatura de fundición. Esto se observa por medio de un termómetro de láser, que permite hacer lecturas a distancia. El tiempo de fundición aproximado es de veinte minutos. Posterior a esto se procede a la purga del líquido hacia el horno de mezcla.

#### **4.4.5. Elaboración y purga de asfalto en el tanque de fundición**

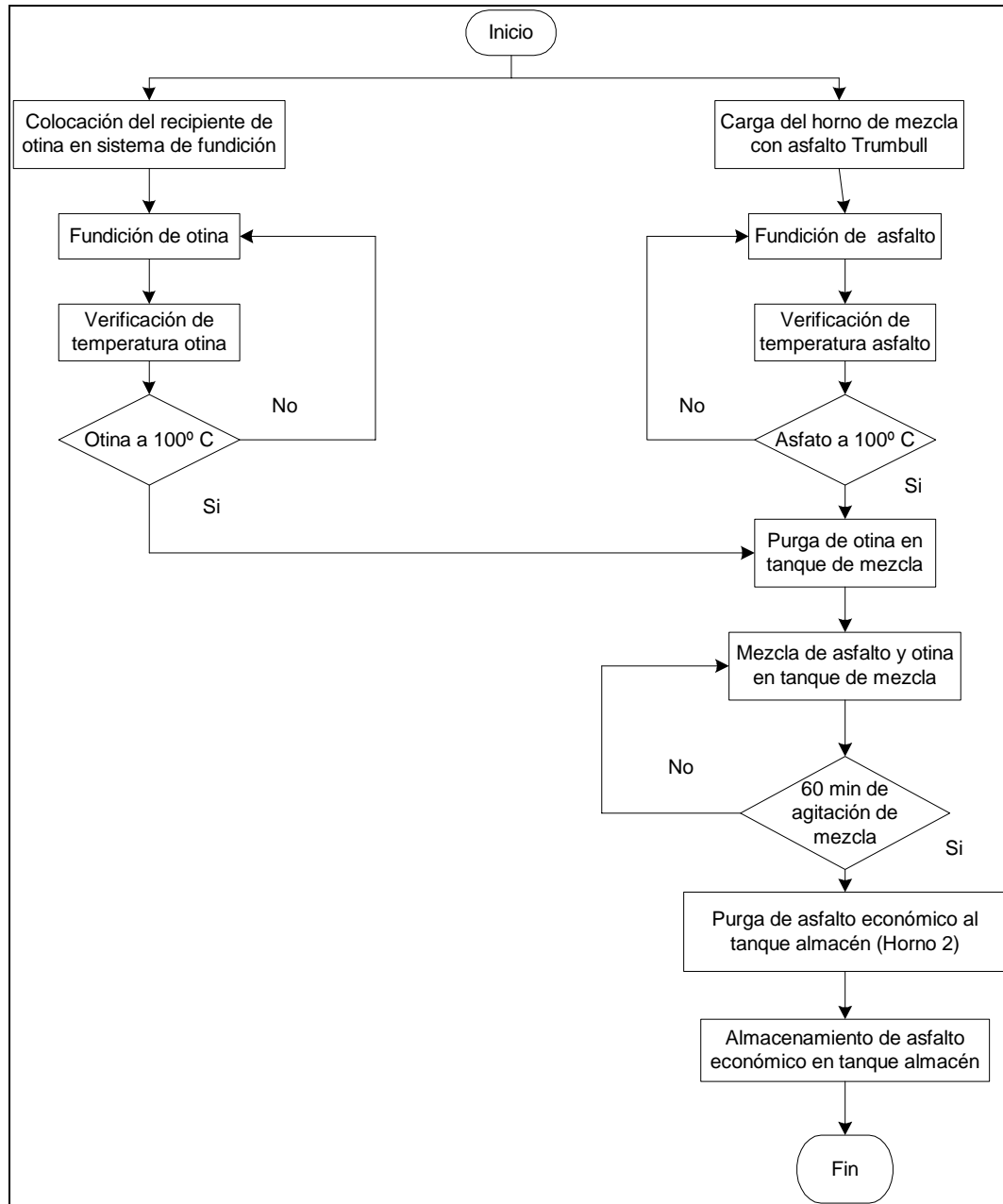
El primer paso que debe realizar el operador es tener los materiales necesarios en la estructura metálica, para ello cuenta con el polipasto con capacidad de carga de una tonelada. Debe subir primero la cantidad de cuñetes de asfalto necesaria y después el tonel de otina correspondiente.

Para una fácil manipulación se pueden partir los cuñetes de asfalto en pequeñas partes, estas se deben verter en el tanque. Se debe encender el tanque en su perilla de arranque y se debe esperar a que se funda el asfalto a una temperatura de 100° C, el tiempo aproximado que toma esta operación es de 4 horas.

En un período cercano a dos horas de haber encendido el tanque, se puede proceder a la fundición de la otina. Esta se debe llegar a una temperatura oscilante entre los 75 y 100° C, lo cual toma cerca de 15 minutos. Al estar fundida la otina se puede verter en el tanque de mezcla que ya contiene el asfalto, y se debe esperar el tiempo que se mencionó en el párrafo anterior para que se disuelva completamente la mezcla.

Mezclados los dos materiales que se fundieron previamente, se enciende el tanque almacén. En él se verterá posteriormente la mezcla que se elaboró. Se purga completamente el contenido del horno de mezcla en el tanque almacén, después de esto se apaga el tanque de mezcla. Ahora el asfalto se encuentra almacenado a una temperatura apropiada para su manipulación.

Figura 22. Flujograma de la elaboración de asfalto económico



#### **4.4.6. Purga de asfalto del tanque almacén hacia la asfaltadora**

El contenido del tanque almacén será purgado cuando así lo requieran el tanque superior de la asfaltadora de la línea Rocket. Las purgas serán en pequeñas cantidades, cuidando de no rebalsar dicho tanque. Esto se logrará manipulando la llave de paso que se encuentra en la parte inferior del tanque.

Cuando el horno de almacenamiento se encuentre con  $\frac{1}{4}$  de su capacidad en asfalto será un buen momento para empezar a elaborar el siguiente batch en el tanque de mezcla. Procediendo de esta manera no habrá preocupación por la carencia de este material en la línea.

#### **4.4.7. Limpieza del sistema de elaboración de asfalto**

La limpieza que se dará en este sistema será eminentemente superficial. Se deberá limpiar cualquier residuo de algún material que quede en la parte exterior de los hornos, además se deben eliminar cualquier impureza que se encuentre en las boquillas de salida de los hornos. Esto con el fin de conservar en buen estado el sistema.

El departamento de mantenimiento será el encargado de dar una limpieza periódica a todo el sistema, como parte del mantenimiento preventivo del mismo.

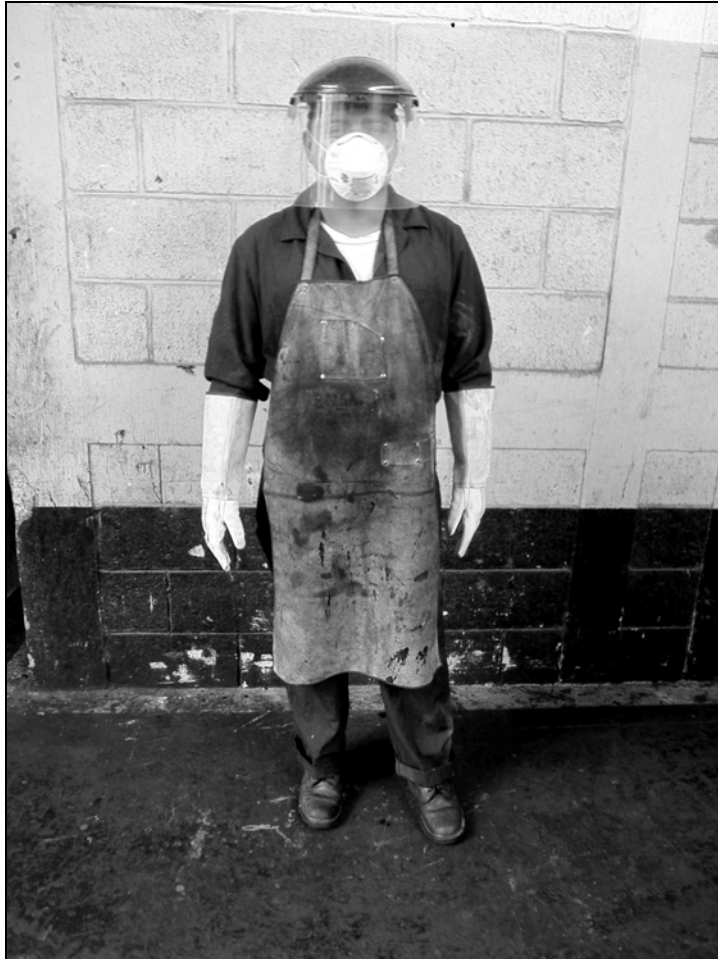
#### **4.4.8. Equipo de protección utilizado en el sistema**

La seguridad del operador es de vital importancia al momento de manipular este sistema por estar en contacto con materiales a alta temperatura. La utilización de este equipo puede evitar que ocurra alguna tragedia que comprometa la integridad del operador. Lo esencial es proteger a la persona de cualquier quemadura.

Para ello el operador contará además de su indumentaria tradicional de trabajo que consiste en un overol y botas, con el siguiente equipo:

- Gabacha larga de cuero.
- Guantes de cuero con manga larga.
- Careta plástica.

Figura 23. **Equipo de protección utilizado en el sistema**



#### **4.4.9. Normas de seguridad en la manipulación del sistema**

La primera norma de seguridad que deberá acatar el operador será la de utilizar el equipo de protección siempre y de manera apropiada. Dicho equipo servirá para anular cualquier quemadura que pueda producirse por el mal manejo del sistema. El mal uso del equipo de protección puede desencadenar una tragedia para el trabajador.

En el lugar de trabajo el operador contará con seis extintores de fuego, apropiados para el tipo de materiales que se encuentran en ese sitio. Cualquier persona que tenga que operar el sistema deberá recibir una inducción en el uso de estos, por si en algún momento se presenta algún problema en el que deba utilizarlos y así disminuir el riesgo de un incendio a gran escala.

Por último se debe mencionar que el operador debe tener un especial cuidado en el momento de purgar cualquiera de los dos tanques, ya que estará manipulando líquidos a alta temperatura que pueden producir graves quemaduras. La purga se debe realizar de manera sensata y a una velocidad prudente de manera que el asfalto caiga sin producir salpicaduras. En ese momento el operador debe estar concentrado únicamente en esa actividad. Cualquier distracción puede producir un accidente de grandes consecuencias para el operador. Como complemento, se puede proponer un formato que el operador del sistema debe llenar antes de realizar cualquier operación, el mismo se puede observar en la figura 24.



Figura 24. Formato de actividades para operar el sistema de asfalto

**RAYOVAC GUATEMALA, S. A.**  
**A member of Spectrum Brands Co.**  
 Departamento de Producción  
 Línea Rocket

**ACTIVIDADES A REALIZAR AL OPERAR EL SISTEMA DE ASFALTO "AA"**

**Instrucciones:**  
 Esta es una lista de actividades que debe tomar en cuenta la persona que este operando el sistema de elaboración de asfalto "AA". Las actividades tienen una secuencia ordenada, por lo tanto es necesario haber terminado una actividad para seguir adelante con la actividad posterior. Esta secuencia garantiza una buena operación del sistema de elaboración de asfalto.

| <b>Orden</b> | <b>Actividad</b>  | <b>¿Realizado?</b> |
|--------------|---|--------------------|
| 1            | Traslado de materiales al área de trabajo                     |                    |
| 2            | Encender el horno de mezcla                                   |                    |
| 3            | Colocar el recipiente de otina en el sistema de calentamiento |                    |
| 4            | Cargar el horno 1 con asfalto                                 |                    |
| 5            | Verificar temperaturas de otina y de asfalto                  |                    |
| 6            | Purgar otina en horno 1                                       |                    |
| 7            | Observar temperatura y consistencia de otina en h1            |                    |
| 8            | Encender el horno 2 (almacén)                                 |                    |
| 9            | Purgar mezcla de horno 1 a horno 2                            |                    |
| 10           | Verificar temperatura de horno almacén                        |                    |

\_\_\_\_\_

Firma Operador

\_\_\_\_\_

Firma Supervisor

\_\_\_\_\_

Fecha



## **5. SEGUIMIENTO Y MEDICIÓN DE RESULTADOS**

### **5.1. Seguimiento de la propuesta**

El tema constituye una propuesta, es decir que si se aprueba y se lleva a cabo la misma, será necesario tomar en cuenta muchos aspectos vinculados con su implementación, pero se considera que los más importantes están relacionados con la adecuada operación por parte de los trabajadores y el mantenimiento del sistema.

#### **5.1.1. Capacitación del operador del sistema**

El principal aspecto que se debe inferir es la operación del sistema. Se debe resaltar que el operador estará expuesto a un material que en su estado líquido o de fundición se encontrará a una temperatura que oscilará cerca de los 100 y los 200° C. Por lo tanto es sumamente importante instruir al operador en todas las normas necesarias para que no comprometa su integridad al utilizar el sistema.

Como segundo punto será necesario que el operador sepa utilizar plenamente todos los controles del sistema, y que conozca todas las situaciones que puedan estropear los tanques de asfalto, ya que cualquier sobrecalentamiento puede dañar las resistencias de los hornos y también desencadenar en una tragedia al producirse un incendio. Además debe ser instruido y conocer la forma adecuada en que se deben purgar los contenidos de ambos tanques, en esta operación se corren muchos riesgos que se pueden reducir e incluso desaparecer si existe una correcta operación.

En resumen, se deberá elaborar un plan de inducción para todos los posibles candidatos a operar este sistema, y teniendo en cuenta la similitud que existe entre los tanques de las asfaltadoras de la línea 2LP, se pueden tomar estos como base para empezar a elaborar dicho plan.

Los puntos principales que debe contener el plan de inducción son los siguientes:

- Utilización de extinguidotes en casos de emergencia.
- Uso apropiado del equipo de protección.
- Operación del sistema.
- Lecturas de instrumentos de todos los dispositivos.
- Rutinas de verificación de calidad.
- Reportes de producción.

#### **5.1.2. Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo**

Toda maquinaria requiere de algún tipo de mantenimiento para poder operar satisfactoriamente durante un tiempo determinado. El ritmo de trabajo al que se somete cualquier máquina afecta ciertas partes que en algún momento pueden fallar o dar problemas en la operación, por lo tanto deberán ser reemplazadas o atendidas antes de que esto suceda.

Lo mismo sucederá con el sistema de elaboración de asfalto económico. Por lo tanto se puede solicitar al departamento de mantenimiento de la planta que realice un análisis para determinar cual es el mantenimiento que se le debe dar al sistema. Además, cuando el sistema ya se encuentre en funciones, se podrá determinar la frecuencia en la que fallen ciertas piezas y con esta información será factible establecer rutinas y planes de mantenimiento preventivo para el sistema.

Por la experiencia obtenida en sistemas similares a éste en la planta de Rayovac, se puede considerar que las piezas del sistema que requieren algún tipo de mantenimiento son: los motores y reductores de las propelas de agitación de los hornos, la limpieza de la estructura completa de los tanques, revisión de las lecturas en los dispositivos eléctricos, reemplazo de las bisagras y poleas de acceso a los hornos, mantenimiento de las campanas extractoras de humo, cambio periódico de los filtros del extractor de humo, recubrimiento con pintura para la estructura metálica, entre otros. Se propone un formato de trabajo que guíe al mecánico en el mantenimiento, como el que se muestra en la siguiente figura.

Figura 25. Orden de trabajo de preventiva para el sistema de asfalto

|   |                     |
|---|---------------------|
| <b>RAYOVAC GUATEMALA, S. A.</b><br>Departamento de Ingeniería   |                     |
| <b>ORDEN DE TRABAJO PREVENTIVA</b>  |                     |
| Responsable: _____  |                     |
| <b>SISTEMA DE ELABORACIÓN DE ASFALTO "AA"</b><br>Frecuencia de revisión: MENSUAL  |                     |
| Realizo: _____  | Hora inicial: _____ |
| Fecha: _____  | Hora final: _____   |
| Duración: _____   |                     |
| <b>ACTIVIDAD</b>  |                     |
| <b>REVISIÓN MECÁNICA</b>  |                     |
| <b>Motoreductor:</b><br>Nivel de aceite<br>Vibraciones o ruido<br>Cojinetes en motor y reductor<br>Estado del vástago y de las aspas de la propela    |                     |
| <b>Tanques de asfalto:</b><br>Estado de soldaduras y juntas<br>Fugas de asfalto<br>Suciedad y sedimentación<br>Tapaderas y bisagras<br>Cable Metálico |                     |
| <b>Polipasto:</b><br>Motor<br>Cadena de carga, lubricación<br>Lubricación riel<br>Rodos de movimiento   |                     |
| <b>Sistema de fundición de otina:</b><br>Abrazaderas  |                     |
| <b>REVISIÓN ELÉCTRICA</b><br>Limpieza y apriete de bornes en tablero eléctrico<br>Revisar relés, contactores, resistencias y termocoplas              |                     |
| <b>OBSERVACIONES:</b><br><br><br>   |                     |

## **5.2. Resultados obtenidos de la puesta en marcha de la propuesta**

Esta es la parte concluyente de la propuesta, ya que en la misma se pueden observar todos los beneficios que se pueden obtener al poner en marcha el proyecto.

### **5.2.1. Proporción de ahorro al utilizar el nuevo asfalto**

El objetivo de poner en marcha esta propuesta es el de rebajar los costos de producción de la pila “AA”, y dicho objetivo se lograría disminuyendo el precio en un insumo, en este caso el insumo sería el asfalto que se usa para proveer sello a la pila. Durante todo el contenido de este trabajo se ha demostrado que se puede lograr este objetivo poniendo en marcha esta propuesta.

Por los cálculos que se han realizado y tomando en cuenta todos los factores que engloban la elaboración del asfalto económico, se ha logrado establecer que la proporción de ahorro que se obtendrá al introducir este insumo al proceso será de un 7% en relación al costo que se tiene actualmente. Esto quiere decir que al introducir el asfalto económico al proceso, el consumidor final obtendrá una pila más barata que la compraba antes; en este ahorro se ha tomado en cuenta todos los factores como la energía eléctrica que se utilizará y la mano de obra necesaria para la elaboración del asfalto económico.

Este ahorro es significativo porque representa una disminución en el precio final de la pila, lo cual es beneficioso para la parte productora y para los consumidores.

### **5.2.2. Aumento de la competitividad del producto**

Anteriormente se mencionó la proporción de ahorro que se puede lograr al fabricar este tipo de asfalto. Este ahorro conlleva varias ventajas, pero en este momento se analizará lo referente a la competitividad.

Al ofrecerse el mismo producto en el mercado, pero con un precio menor sin variar la calidad del mismo, es casi seguro que el consumidor lo tomará en cuenta en el momento de la compra. Esto se logra porque el producto no es nuevo y porque el consumidor conoce muy bien las características y propiedades del producto. Al disminuir el precio de un producto con cierta trayectoria se logra un efecto positivo en la actitud del consumidor respecto a este producto, esto porque el comprador adquiere el mismo producto a un menor precio, y se evita el tener que comprar un producto nuevo el cual en muchas ocasiones puede no satisfacer sus necesidades.

En relación a la competencia, se podría lograr aventajar a la misma en el rubro de precios, y se vería obligada a defenderse en alguna manera para contrarrestar el efecto de la disminución del precio de este producto.

Estos fueron algunos ejemplos de la manera en que puede incidirse positivamente en la competitividad de la pila "AA" al introducir el asfalto económico en el proceso.



### **5.2.3. Crecimiento del mercado al extenderse a nuevas fronteras**

En la corporación Spectrum Brands, que es la casa matriz de Rayovac, se mantiene una estrecha competencia entre las plantas dedicadas a la elaboración de pilas. Esto se debe principalmente a las características propias de la globalización, que obligan a la corporación a disminuir costos en cualquier forma.

La planta que fabrique la pila más económica y de mayor calidad será la planta vencedora. Y esa pila será exportada a cualquier región donde sea económico su transporte y sea rentable su venta. Esto significa que si Guatemala logra fabricar pila más económica que las demás plantas establecidas en otros países, esta pila no sólo se quedará en el país sino que saldrá a varios países en el extranjero.

Actualmente Guatemala exporta pila a diversos países de Latinoamérica, esto por el costo con el que se fabrica hoy en día. Sin embargo todavía existen ciertos países a los que se podría exportar este producto, pero el factor costo ha sido la limitante para realizar esta transacción.

Al lograrse este cometido, se obtienen innumerables beneficios como por ejemplo, el producto elaborado en Guatemala es reconocido internacionalmente, la planta del país sería reconocida como la pionera en utilizar este tipo de insumo, se generarían otras fuentes de empleo al aumentar la demanda del producto, se obtendrían cuantiosas ganancias por la disminución en el costo de producción de la pila, entre otros.



## CONCLUSIONES

5. Se diseñó un modelo del sistema para elaboración de asfalto suave que será manipulado por el operador de la asfaltadora Rocket, cumpliendo con normas de seguridad que no expongan su integridad física.
6. Los dispositivos que integrarán el sistema propuesto son el tanque de mezcla, el tanque almacén, el sistema de fundición de otina y la estructura metálica.
7. El sistema se instalará en la línea Rocket y el mismo funcionará mediante gravedad, ya que se construirá una estructura metálica para que los tanques queden sobre los hornos de la asfaltadora.
8. La elaboración de asfalto económico requiere la mezcla de asfalto trumbull y otina en determinadas cantidades. Las cantidades aproximadas que se requieren son 70 % de asfalto Trumbull y 30 % de otina.
9. Se generó un programa de producción de asfalto económico basado en la capacidad de la línea y en la demanda del mercado.



## RECOMENDACIONES

1. El volumen de trabajo de esta línea será considerablemente pesado, por esta razón, es de suma importancia que se cumplan con ciertas normas de mantenimiento preventivo y limpieza, con el único objetivo de alargar la vida de servicio del sistema.
2. Evaluar periódicamente el comportamiento del operador en cuanto a normas de seguridad referentes al sistema, a fin de evitar accidentes, además de brindarle una capacitación completa en el manejo de estos dispositivos y de su respectivo equipo de protección.
3. Establecer las cifras de ahorro obtenidas al utilizar el sistema de elaboración de asfalto económico y analizar otras alternativas que representen ahorro en la producción de la pila.



## BIBLIOGRAFÍA

1. C. Ray. **Seguridad industrial y salud.** México, Prentice- Hall 2000.
2. Crane, División de Ingeniería. **Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías.** México, McGraw- Hill 1992.
3. Hamrock, Jacobson y Smith. **Elementos de máquinas.** México, McGraw- Hill 2004.
4. James R. Welty. **Transferencia de calor aplicada a la Ingeniería.** México, Limusa- Noriega.
5. José Montenegro. **Análisis y diseño de tanques elevados.** Guatemala, 1981 (Tesis).
6. Joseph E. Bowles. **Diseño de acero estructural.** México, Limusa 1980.
7. Oscar López de Heredia. **Estructuras de acero.** México, Limusa 1980.
8. Pere Molera Solá. **Soldadura industrial, clases y aplicaciones.** Barcelona, Marcombo 1992.
9. R. M. E. Diamant. **Aislamiento térmico y acústico de edificios.** Madrid, Blume 1967.
10. Sergio Torres. **Control de la producción.** Guatemala, Palacios 2001.
11. José Santos. **El Manual de la Pila.** Guatemala, 2006. Rayovac Guatemala, S. A.