

Universidad de Matanzas

“Camilo Cienfuegos”

Facultad de Ingenierías

Centro de Estudio de Anticorrosivos y Tensioactivos (CEAT)



Título: Evaluación de la línea de obtención de mástique Semisólido con polímero goma anticorrosiva y de conservación en la Planta Piloto de la Universidad de Matanzas.

Trabajo de Diploma

Autor: Yohana Rodríguez Rodríguez.

Tutor: Dr. Carlos A. Echeverría Lage.

Matanzas, 2013

Pensamientos

“Si yo he podido ver más lejos, es porque he estado parado sobre hombros de gigantes”

Isacc Newton.

“El científico explora lo que existe y el ingeniero crea lo que nunca ha existido”

Theodore Von Karman.

Declaración de autoridad

Declaro que soy la única autora de este Trabajo de Diploma, y que autorizo a la Universidad de Matanzas y al Centro de Estudios Anticorrosivos y Tensioactivos, a hacer uso del mismo con los fines que estimen convenientes.

Yohana Rodríguez Rodríguez

Nota de aceptación

Institución

Presidente del tribunal

Firma

Evaluación

Fecha

Dedicatoria

A mis padres

Por su amor y su preocupación.

A mi familia

A mi novio

Quién siempre me dio su apoyo y confianza.

Agradecimientos

Estar agradecida brinda el orgullo de sentir y reconocer, el esfuerzo realizado por aquellas personas, para que los demás, con su apoyo logren las metas trazadas. Son a todos aquellas personas que facilitaron la realización de este trabajo a las que agradezco.

- * A mis padres, por creer siempre en mí, lo cual me ha impulsado a llegar hasta aquí.
- * A mi novio Jorge Luis Fernández González por brindarme su apoyo incondicional.
- * A mi hermana por estar siempre ahí para mí.
- * A mi tutor Dr. Carlos Echeverría Lage por sus orientaciones y su preocupación constante en vista a la culminación exitosa de este trabajo de diploma.
- * A mis compañeros de grupo, en especial a Giselle, Ledys, Ibette, Iliet y Sady por todos los momentos felices que compartimos y por la ayuda que durante estos cinco años me han brindado profesional y emocionalmente.
- * A todos mis profesores por haber forjado en mí una experiencia inolvidable durante mi estancia en esta Universidad.
- * Al Dr. Ramón Quiza por haber dedicado tantas horas de su tiempo brindándome su ayuda incondicional en la elaboración de este trabajo.
- * A todo el colectivo del Centro de Estudio de Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT) por su atención y dedicación para que fuera posible la realización de este trabajo.

A todos, muchísimas gracias.

El siguiente trabajo fue llevado a cabo en el Centro de Estudio de Anticorrosivos y Tensioactivos de la Universidad de Matanzas donde se estudió el proceso productivo de mástique semisólido con polímero goma. La técnica de análisis As-Is fue utilizada para evaluar el estado actual del proceso, identificando como principal insuficiencia la inexistencia de una línea de producción para este producto. Consecuentemente, se propuso una línea de producción y se ejecutaron los balances de masa y energía para el caso base correspondiente. Se implementó una hoja de cálculo de Microsoft Excel con este propósito, permitiendo los cálculos para diferentes condiciones de producción. A través de estos balances, se calcularon no sólo la cantidad de materias primas y productos sino también las necesidades energéticas del proceso. Finalmente, fue realizado un análisis económico preliminar mostrando que la línea propuesta es factible desde el punto de vista económico.

The following work was carried out at the Anticorrosive and Tensioactive Study Center of the University of Matanzas where the production process of half-solid mastic with rubber polymer was studied. The As-Is analysis technique was used for evaluating the current state of the process, identifying as the main drawback the lack of a production line for this product. A production line was then proposed and the mass and energy balances were executed for the corresponding base case. A Microsoft Excel worksheet was implemented for this purpose, allowing the computations for different production conditions. Through these balances, not only the amount of rough materials and products but also the energy needs for the process were computed. Finally, a preliminary economic analysis was performed showing that the proposed line is feasible from the economy point of view.

Introducción.....	1
Capítulo #1: Análisis bibliográfico.	3
1.1. Recubrimientos Anticorrosivos.	3
1.2. Materiales compuestos de matriz asfáltica modificados con polímeros.....	3
1.3. Generalidades de los mástiques semisólidos con polímero goma.	5
1.4. Componentes de los mástiques asfálticos.....	6
1.5. Correspondencia de los mástiques semisólidos con las Patentes Internacionales.	8
1.6. Parámetros de calidad que deben cumplir los mastiques semisólidos con polímero goma..	11
1.7. Desarrollo de los mástiques de conservación en Cuba.	12
1.8. Producción, aplicaciones y demanda potencial de polvo y viruta de goma reciclada. ...	13
1.9. Utilidad del Diagrama As-Is.	14
1.10. Fundamentos de los balances de masa y energía de los procesos tecnológicos.....	15
1.11. Conclusiones parciales del capítulo:	21
Capítulo #2: Análisis del proceso de producción de mástique semisólido.....	22
2.1. Proceso tecnológico de mástiques semisólidos con polímero goma.	22
2.2. Evaluación del producto.	24
2.3. Diagrama As-Is del proceso de mástiques semisólidos con polímero goma.....	32
2.4. Conclusiones parciales del capitulo.....	35
Capítulo #3: Propuesta de Caso Base para la Línea de producción de mástique semisólido con goma.	36
3.1 Descripción de la línea de producción propuesta para la obtención del mástique semisólido con polímero goma.	36
3.2 Características de las materias primas utilizadas en la producción de mástique semisólido con polímero goma	38
3.3 Balances de masa del proceso tecnológico de mástique semisólido con polímero goma. ...	40
3.4 Balances de energía del proceso tecnológico	45
3.5 Análisis de los resultados de los balances de masa y energía	49
3.6 Valoración económica de la producción de mástique semisólido.....	52
3.7Conclusiones parciales del capítulo.....	55

Conclusiones.....	56
Recomendaciones	57
Referencia Bibliográfica.....	58
Anexo #1 Ficha de Costo	62
Anexo #2 Ficha de Costo Actualizada	64

INTRODUCCIÓN

Los primeros resultados en la obtención de mástiques asfálticos en la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” datan de la década del 90 específicamente con la construcción y puesta en marcha de la Planta Piloto, coincidiendo con la creación de la primera patente de mástique en el año 1994.

La producción de los mástique semisólido con polímero goma constituye en la actualidad investigaciones priorizadas ya que se ejecutan a ciclo cerrado, Investigación, Desarrollo e Innovación (I + D + i), respondiendo a los lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución y en correspondencia con ello tiene asegurado un plan y un presupuesto para su producción en el año 2013, respaldado por contratos marco-empresariales y proyectos que responden a líneas de investigación de la unión eléctrica y del MINFAR (Tarea Triunfo).

Estos productos tienen actualmente una demanda creciente, atendiendo al desarrollo de Sistemas de Protección Anticorrosiva y de Conservación (SIPAYC), que incorporan los mástiques como uno de los productos fundamentales, siendo ejemplo de ellos el Procedimiento DUCAR para su aplicación al transporte, los SIPAYC que se aplicarán a las Centrales Eléctricas de Generación Distribuida, Centrales Termoeléctricas, Redes de Distribución, entre otras aplicaciones que se desarrollan, todas ellas de aplicación en Cuba y otros países.

La tecnología instalada, que data del 1994 presenta insuficiencias, derivadas de la situación económica del país y la falta de mantenimiento e inversiones, pero actualmente por la demanda creada, se han establecido y se preparan contratos que garantizan el financiamiento con este propósito en los próximos 5 años.

Existe por tanto la necesidad de mejorar el proceso de producción de mástique asfáltico semisólido con goma, con vista a la gran demanda que se aproxima.

Problema: La inexistencia de una línea de producción específicamente diseñada para mástique asfáltico semisólido con polímero goma dificulta el cumplimiento de los compromisos productivos del CEAT con este producto.

Hipótesis: Si se realiza una correcta evaluación de los factores que afectan el proceso tecnológico de mástiques semisólidos con polímero goma mediante el diagrama As – Is y se llevan a cabo los correspondientes balances de masa y energía, se podrán lograr mejoras del proceso de producción de mástique asfáltico semisólido con goma.

Objetivo general:

Realizar la evaluación del proceso de producción de mástique asfáltico semisólido con goma y proponer un caso base que refleje las mejoras propuestas.

Objetivos Específicos:

- 1) Analizar el estado de la técnica relacionada con la síntesis y fabricación de mástiques semisólidos con polímero goma.
- 2) Evaluar el proceso tecnológico de mástique semisólido con polímero goma en la situación actual y futura en la Planta Piloto, mediante el análisis de procesos.
- 3) Realizar los balances de masa y energías correspondientes al proceso.
- 4) Realizar un análisis de los principales indicadores económico de producción.

CAPÍTULO #1: ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO.

1.1. Recubrimientos Anticorrosivos.

La protección por recubrimientos constituye sin duda el método más empleado de combate anticorrosivo. La razón de ello está en su efectividad, economía, universalidad y facilidad de aplicación. El principio esencial de acción de los recubrimientos es aislar o separar al metal del medio corrosivo por lo que se considera un método pasivo de protección. (Domínguez, 1987).

Los recubrimientos anticorrosivos son los principales componentes de los sistemas de protección anticorrosiva empleados actualmente en el mundo, teniendo como principio esencial de acción aislar o separar al metal del medio corrosivo, según (Echeverría, *et al*, 2007).

Señala Espada, (2005), que es necesario estar familiarizado con al menos los principales tipos de recubrimientos, y a su vez entender cómo trabajan, ya sea individualmente o como parte de un sistema. Se deben conocer las características de aplicación y durabilidad para cada tipo de recubrimiento; pues solamente este conocimiento permitirá escoger el sistema correcto para determinada situación.

Refiere Espada, (2005), que los recubrimientos pueden ser de distinta naturaleza: orgánicos, inorgánicos, metálicos, de conversión, entre otros.

El Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT) de la Universidad de Matanzas, como resultado de la experiencia de varios años, ha desarrollado materiales compuestos, que se han convertido en nuevos recubrimientos anticorrosivos y otros que se evalúan para la construcción como impermeabilizantes de cubiertas y sellantes, a partir de virutas y polvo de goma, con otras materias primas nacionales.

1.2. Materiales compuestos de matriz asfáltica modificados con polímeros.

Los materiales compuestos están constituidos básicamente por matrices y rellenos. La matriz es, en esencia, el elemento aglomerante y sus propiedades determinan la resistencia a la fatiga, a los efectos del medio, a la temperatura de trabajo, adherencia (Sagaró, *et al*, 2004).

Los rellenos poseen altos valores de dureza, resistencia y módulo de elasticidad y ayudan a incrementar estas propiedades en los materiales compuestos. La combinación adecuada de la

matriz y el relleno origina unos materiales con mejores propiedades que las partes que los componen por separado (Sagaró, *et al.*, 2004) y (Roca, 2005).

Uno de los materiales más utilizados como matriz es el asfalto y una de las formas de mejorar sus propiedades es oxidándolo (Rodríguez *et al.*, 2006).

Mediante su modificación con relleno de polímero se mejoran substancialmente sus propiedades mecánicas, en especial su recuperación elástica. Las propiedades de los polímeros están vinculadas a su composición (Reyes y Lizarazo, 2006) y (Tonda, 2006).

Los polímeros son sustancias macromoleculares naturales o sintéticas, obtenidas a partir de moléculas más sencillas por reacciones poliméricas. Por lo tanto, un polímero es un compuesto con un elevado peso molecular, con propiedades vinculadas a su composición (Reyes, 2006), (Tonda, 2006).

En la presente investigación el material polimérico que se emplea es la viruta de goma reciclada de los neumáticos de los automóviles.

Las investigaciones y desarrollos de nuevas tecnologías para el reciclaje de la goma, constituyen un tema de actualidad objeto de atención por el CITMA, la Unión de Empresas de la Goma, la Unión de Empresas de Recuperación de Materias Primas, entre otras instituciones que se vinculan a esta problemática, dado los volúmenes crecientes de neumáticos desechados, de residuales de goma que se generan en las recapadoras, que en su gran mayoría no son reciclados y generan una carga contaminante no biodegradable con un impacto ambiental de consideración. (Echeverría, *et. al.*, 2006)

Con estas características se producen en el CEAT, dos tipo de recubrimientos: Mástique Asfáltico con Goma Tipo Solvente DISTIN 404 L, que se aplica por proyección y resulta muy resistente a la penetración de agua con sales y el producto Mástique Asfáltico Semisólido con virutas de goma DISTIN 404 el cual es objetivo fundamental del presente trabajo.

1.3. Generalidades de los mástiques semisólidos con polímero goma.

Los mástiques semisólidos con polímero goma, son uno de los llamados recubrimientos temporales que tienen como finalidad proteger la superficie de los metales hasta tanto no se les aplique un recubrimiento o protección definitiva.

En su obtención se emplean materias primas nacionales, con la viruta de goma de recapadoras y con procedimientos patentados y puestos a punto en la Planta Piloto del CEAT, se aplican métodos de evaluación de recubrimientos anticorrosivos y para otras aplicaciones en la construcción, amparados en normas internacionales, conjuntamente con la fotografía digital.

Se obtienen recubrimientos de materiales compuestos de Matriz Asfáltica Modificada por Polímero (MAP), goma, que pasan satisfactoriamente los ensayos acelerados y de envejecimiento en los Laboratorios LABET, ensayos de campo por varios años y ensayos con la técnica del transporte mediante el procedimiento DUCAR, para los recubrimientos anticorrosivos del transporte, todo ello con excelentes resultados.

El Mástique Asfáltico Semisólido con goma DISTIN 404 proporciona al recubrimiento flexibilidad y resistencia a los impactos, propiedades que no poseen las pinturas. Por estas características se aplican en las uniones metal – metal, metal – mortero y metal – hormigón, para rellenar los resquicios que se forman e impedir el acceso de los contaminantes. Esta aplicación resuelve problemas de diseño anticorrosivo. Además se emplea para reforzar los recubrimientos de pinturas en zonas de impactos o de acumulación de agua y depósitos.

Como resultado de las investigaciones en el Centro de Estudio de Anticorrosivos y Tensioactivos (CEAT), se han desarrollado otras aplicaciones, que se reportan en diferentes publicaciones.

Los mismos están conformados por asfalto oxidado, virutas de gomas y como elemento de enlace se utiliza el jabón.

Según González, (1995) un jabón es la sal organometálica que se produce en las reacciones de saponificación. Los jabones empleados en las mástiques son generalmente el resultado de la saponificación de un sebo (ácido graso superior) con una sustancia alcalina. El álcali que se emplea en la saponificación determina las características del jabón y constituye lo que se denomina base del jabón. La producción de los jabones se realiza con bases de: Calcio, Sodio,

Aluminio, Bario, Litio, Zinc y Plomo. Se fabrican también jabones con bases compuestas, o sea, de jabones mixtos con más de un componente alcalino.

En la Universidad de Matanzas, se han desarrollado tecnologías para la obtención de mástiques asfálticos desde el año 1994, año en el cual se crea la primera patente de mástique, aunque esta patente no incluía las virutas de gomas como materia prima.

Estos productos se encuentran basificados lo cual trae como ventaja que permite su aplicación sobre superficies ácidas (neutraliza). Además crea una capa protectora ya que todo producto alcalino al reaccionar con el dióxido de carbono presente en la atmosfera forma carbonato.

1.4. Componentes de los mástiques asfálticos.

1.4.1. Asfaltos.

Los asfaltos son materiales aglomerantes sólidos o semisólidos de color, que varía de negro a pardo oscuro y que se licuan gradualmente al calentarse, cuyos constituyentes predominantes son betunes que se dan en la naturaleza en forma sólida o semisólida o se obtienen de la destilación del petróleo; o combinaciones de estos entre sí o con el petróleo o productos derivados de estas combinaciones.

Según la literatura existen diferentes tipos de asfaltos:

- Asfalto natural obtenido con una mínima operación.
- Asfalto residual de la destilación.
- Asfalto preparado por la oxidación del asfalto residual.

Químicamente el asfalto está compuesto en mayor proporción por:

- Asfaltenos: aromáticos condensados polares 5-25%
- Maltenos
- Resinas: aromáticos polares 15-30%
- Aromáticos: aromáticos no polares 40-65%
- Saturados: hidrocarburos alifáticos 5-20%

El asfalto empleado para la elaboración de masillas asfálticas generalmente es asfalto oxidado, para fabricarlo se comienza por someter una masa de asfalto residual pasado a una temperatura de 275°C a 300°C, haciendo pasar a través de éste, aire a razón de 1000 a 1500 L/min de asfalto durante un período de 5 a 12 horas. La oxidación puede realizarse simplemente o bien con la adición de ciertos catalizadores, que pueden contribuir a lograr determinadas propiedades en el producto final. La fabricación y el empleo del asfalto oxidado han ido extendiéndose gradualmente y hoy tiene un sinnúmero de aplicaciones industriales y en la construcción.

1.4.2. Polímeros.

Los polímeros son sustancias macromoleculares naturales o sintéticas, obtenidas a partir de moléculas más sencillas por reacciones poliméricas. Por lo tanto, un polímero es un compuesto con un elevado peso molecular, cuya estructura se representa por la repetición de pequeñas unidades. Los polímeros una vez dispersos en el asfalto llegan a formar verdaderas redes tridimensionales, creando un reticulado, que le confiere al asfalto modificado propiedades relevantes de elasticidad. Existen muchos tipos de polímeros por lo que su dosificación y sistematización resultan muy complejas. (Echeverría, *et al*, 2011).

- **Propiedades mecánicas.**

El comportamiento mecánico de los polímeros a temperatura ambiente puede variar desde las características de un vidrio rígido y quebradizo, hasta la flexibilidad y elasticidad de una goma. Las características mecánicas de los polímeros se miden generalmente mediante ensayos de tracción, compresión, flexión, dureza, impacto, desgarró, etc. La mayoría de los polímeros tiene un comportamiento reológico tipo viscoelástico, lo cual hace que sus propiedades mecánicas tengan una gran dependencia con el tiempo de duración de la carga. Si se aplica un esfuerzo constante, se tendrá una deformación inicial instantánea y una deformación de fluencia (más lenta). Si se mantiene la deformación constante, el esfuerzo necesario para producir dicha deformación irá disminuyendo paulatinamente (relajación de esfuerzos).

- **Influencia de la temperatura.**

La variación de la temperatura, genera en los polímeros cambios en sus propiedades, lo que limita su uso a un cierto rango. La elevación de la temperatura produce en los materiales termoplásticos

un rápido descenso de su resistencia mecánica, que comienza antes de su punto de ablandamiento, mientras que las temperaturas bajas los hace más frágiles y quebradizos, con la consiguiente disminución de la resistencia a la tracción y al impacto. En los polímeros termoestables las propiedades mecánicas se mantienen en un mayor rango de temperatura.

- **Durabilidad.**

Se define como la capacidad que tiene todo material para mantener sus propiedades originales a lo largo del tiempo. Las alteraciones de las propiedades originales a lo largo del tiempo. Las alteraciones de las propiedades de los polímeros se producen por fatiga (aplicación repetida de esfuerzos) o por envejecimiento (acción del medio ambiente), aunque normalmente ambos factores actúan conjuntamente. Los agentes que pueden dar lugar a cambios apreciables en las propiedades de los polímeros son: agentes atmosféricos (agua, ozono, oxígeno y humedad), la radiación solar y el calor, los microorganismos, los agentes químicos, y la acción del tránsito. Los cambios generados por esos agentes dependerán del tipo de polímero, su composición y estructura química.

1.4.3. Agregados.

Los rellenos absorben en su superficie los aceites aumentando la termorresistencia y la dureza del mástique.

Para obtener mástiques se emplean:

- Rellenos pulverulentos (caliza, dolomita, creta, cemento, ceniza de combustibles sólidos).
- Rellenos fibrosos (amianto, algodón mineral, etc).

También puede emplearse como relleno el granulado de neumáticos. (Echeverría, *et al*, 2011).

1.5. Correspondencia de los mástiques semisólidos con las Patentes Internacionales.

De estudios realizados se han identificado las principales líneas en la producción de mástiques de acuerdo con el estado de la técnica. Al respecto de los recubrimientos que tienen en su composición asfalto oxidado, virutas de gomas y jabones se destacan las siguientes patentes internacionales:

En la Patente de aplicación de Estados Unidos 20010051676: Título de diciembre del 2001, se describen composiciones que son preferiblemente desarrolladas por reacción *in situ* de polioles con isocianatos y poliisocianatos diferentes en un material bituminoso, tales como, asfalto, alquitrán de hulla, polímero de asfalto modificado, asfalto oxidado, y no oxidado. La composición se forma preferentemente a una temperatura entre 200 °. F y 350 °. F. La cinética de la reacción puede ser acelerada mediante la inclusión de catalizadores y agentes de curado.

Se han realizado varios intentos para desarrollar un material de goma bituminosa utilizando viruta de neumático. Se dispone de métodos aplicables en la práctica hoy en día. La viruta de neumático de coche reciclado y neumáticos de camiones mejora la resistencia al desgaste, baja temperatura propiedades de fractura y mejora el desempeño del recubrimiento y la seguridad de las superficies revestidas.

La presente invención consigue las ventajas adicionales que se establecen a continuación, proporcionan un método único de modificación de poliuretanos en composiciones útiles que cumplen los requisitos esenciales para revestimientos y sellantes. Los componentes de asfalto / betún proporcionan procesabilidad de los recubrimientos resultantes y sellantes. El componente de caucho proporciona una resistencia a la fricción y abrasión, así como resistencia a la radiación ultra-violeta de los revestimientos y sellantes. El método único de producción de estos polímeros produce aplicaciones fáciles, así como una disminución general en el costo de recubrimiento.

Según la Patente de aplicación de Estados Unidos 20020123542: Título de septiembre del 2002, la adición de goma de asfalto puede mejorar propiedades tales como la resistencia a las grietas, puntos de reblandecimiento, viscosidad, resistencia a la tracción, elongación, dureza y tenacidad. También se ha demostrado que los agentes de curado se pueden utilizar para mejorar aún más las propiedades del asfalto.

Las patentes de aplicación Buras, *et al*, (2004) y Partanen, (2005), reivindican composiciones asfálticas modificadas con polímeros y su preparación, y más específicamente, a un agente de dispersión que mejore las composiciones asfálticas modificadas con polímeros. Se plantea que un polímero, tal como el caucho, se puede agregar al asfalto para producir un Asfalto Modificado con Polímero (MAP) que mejora las propiedades reológicas de los asfaltos de modo que el producto satisface los límites especificados en las temperaturas requeridas. Con estas propiedades

son aplicables como recubrimientos de sello y rellenos de uniones, como material asfáltico impermeabilizante para techos y otras aplicaciones.

La Patente de Aplicación de Estados Unidos 20030018106: Título de enero del 2003, describe métodos para combinar, polvos de neumáticos desvulcanizados, licuados o modificados químicamente de antes o durante su mezcla con el asfalto, para formar variaciones de asfalto modificado con caucho o cemento de asfalto y caucho. Esta patente refiere otras patentes de Estados Unidos donde como por ejemplo la Patente N ° 5.270.361 de EE.UU en la cual se describe un procedimiento para fabricar una composición de asfalto que incluye partículas de caucho sintético o natural de hasta media pulgada de espesor. El selenio elemental o un compuesto órgano-selenio se añade a la mezcla para actuar como un sustituto para el azufre que se elimina durante el proceso de vulcanización. El compuesto de selenio o compuestos órgano-selenio actúa como un agente de reticulación. La composición se trata con aire a presión en una reacción de deshidrogenación. La composición de asfalto se recupera y almacena en un recipiente a aproximadamente 150 °C - 175°C.

La Patente N ° 5.334.641 de EE.UU describe un asfalto modificado con caucho para su uso como un compuesto de pavimentación que se forma por reacción de goma pulverizada, de la malla de grado 50 o más fino, con la pavimentación de asfalto y mezclando la combinación en 300°F - 400°F. La mezcla reacciona completamente en 25 minutos o menos, para formar una mezcla vertiendo libremente y pueden ser mantenidos en temperaturas de asfalto normal de trabajo durante al menos 96 horas sin degradación.

En el planeta se generan anualmente más de 600 millones de neumáticos usados. Por tratarse de un material que no es biodegradable, constituye una seria amenaza para el medio ambiente (Cahill, 2002; Kubicky et al., 2002). El granulado de neumáticos usados proporciona las bases para la creación de nuevos proyectos innovadores, los cuales se utilizan actualmente en aplicaciones de tecnología de punta, debido a la gran calidad que se consigue en su fabricación y a las altas prestaciones de este material (Cahill, 2002).

La producción de virutas y polvo del recape de neumáticos en Cuba supera las 30 toneladas mensuales, las cuales no son totalmente recicladas y constituyen una fuente de materias primas para la producción de materiales compuestos de asfalto oxidado modificado con polímeros. Esos

materiales debido a su elasticidad, adherencia, resistencia a los microorganismos, impermeabilidad al agua y resistencia a los impactos, superan a las pinturas en algunas aplicaciones, por lo que se ha extendido su uso en la protección anticorrosiva adicional y en el tratamiento de los problemas de diseño anticorrosivo (Echeverría M. et al., 2005, 2006, 2007).

La Patente de Aplicación de Estados Unidos 20100056669: Título de marzo del 2010, plantea que típicamente, un pavimento de asfalto incluye agregado y cemento asfáltico mezclado junto en lo que se refiere comúnmente como el asfalto de mezcla en caliente (HMA). El cemento asfáltico es una sustancia rica en hidrocarburos y puede prepararse a partir de betún, y se utiliza para enlazar el agregado en un pavimento. El tipo y la cantidad de agregado pueden variar y además proporciona un refuerzo estructural y durabilidad.

En una realización, de asfalto la presente invención puede incluir de goma La pavimentación de asfalto ahulado puede incluir un núcleo y una cáscara. El núcleo puede incluir caucho suelo del neumático, de aproximadamente 15% a aproximadamente 30% en peso del núcleo, y pavimento de asfalto de grado de aproximadamente 85% a aproximadamente 70% en peso del núcleo. La cáscara puede cubrir el núcleo de manera que la pastilla tiene una dimensión máxima de aproximadamente 1/16 pulgada a aproximadamente 2 pulgadas. La composición de la envoltura puede ser un polímero resistente al agua o cera, o puede ser un recubrimiento.

1.6. Parámetros de calidad que deben cumplir los mastiques semisólidos con polímero goma.

Desde 1994 hasta la fecha, se han logrado producir más de 300 toneladas de mástiques semisolidos con polimero goma con un considerable impacto económico, siendo la única planta en Cuba, que ha logrado esos volúmenes de producción. Donde se emplean según el tipo de mástique las siguientes materias primas: la matriz (asfalto oxidado) y el refuerzo (polímero: polvo o virutas de goma de los neumáticos), unidos a través de un agente enlazante (jabón)

Las diferentes variantes de mástiques que se producen a nivel mundial y las que se obtienen en la planta piloto del CEAT deben cumplir con los parámetros de calidad que se establecen y se encuentran dentro de un rango establecido para que se materialice la protección anticorrosiva, como son: (Echeverría, C, et al, 2007).

- Ensayos de Tropicalización.
 - Resistencia a la humedad y temperatura con condensación constante.
 - Resistencia a la niebla salina neutra.
 - Envejecimiento Acelerado QUV para materiales bituminosos.
- Ensayo de adherencia por el Método de Tracción.
- Ensayo de impacto.

1.7. Desarrollo de los mástiques de conservación en Cuba.

En la actualidad no se realiza producción nacional de mástiques, exceptuando las limitadas producciones que se acometen en la Planta Piloto de la Universidad de Matanzas con la Marca Estatal DISTIN.

De acuerdo con estas patentes se pueden producir mástiques empleando como materia prima fundamental jabones los cuales se fabrican a partir de sebo de res, cera cruda de caña, resina de cera, aceite de cera o los residuales de la producción del Policosanol. En la actualidad se produce con cera cruda de caña y residuales de Policosanol.

Para la identificación de los diferentes productos que se producen en la Planta Piloto del CEAT, se emplean hasta estos momentos 6 líneas, identificadas como: 100, 200, 300, 400, 500 y 600. A los mástiques les corresponde la línea 400, donde el número dentro de la línea identifica el tipo de mástiques. Así por ejemplo la 403L y 403 utiliza como materia prima aceite básico, mientras que la 404 L y 404 utilizan aceite usado.

La gran cantidad de variantes de mástiques con diferentes materias primas permiten aprovechar la disponibilidad de materias primas nacionales para disminuir sus costos.

Se puede plantear que la producción nacional de mástiques, para su aplicación en el transporte mediante el Servicio DUCAR, es la que mayor demanda y perspectivas de aplicación. (Tápanes, M. 2006)

El servicio DUCAR se ha identificado como un Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC), del componente estructural, aplicado a los automóviles. No existiendo nada similar en Cuba.

En el Servicio DUCAR, se aplican 5 de los productos, que son los siguientes:

- Grasa Líquida DISTIN 314 L.
- Mástique Líquido DISTIN 404 L.
- Mástique Semisólido DISTIN 404.
- Disolución de Fosfatado Decapante DISTIN 504.
- Cera Abrillantadora e Impermeabilizantes Líquida DISTIN 603 L.

Todos los productos antes relacionados se han fundamentado para la sustitución de importaciones y la exportación.

1.8. Producción, aplicaciones y demanda potencial de polvo y viruta de goma reciclada.

Actualmente se producen en la Planta Piloto del Área de Producción y Servicios del CEAT, la cual posee y crea las condiciones para asegurar todas las producciones que se demanden.

Su aplicación actual en el Servicio DUCAR al transporte, incluye el producto semisólido DISTIN 404 con precios de costo de 4.75 CUP/Kg. y 0.43 CUC/Kg y el producto líquido DISTIN 404 L con precios de costo de 3.84 CUP/L y 0.89 CUC/L. No existiendo otros productos similares en el mercado a esos precios.

Lo anterior ha propiciado una amplia demanda y se han aprobado en estos momentos dos Proyectos de Generalización que abarcan:

El primero, titulado Servicio DUCAR en las FAR, el inicio de su generalización en la Región Militar Matanzas y el Ejército Central en dos establecimientos, para extenderse posteriormente como una Red DUCAR en el Ejército Central.

El segundo, titulado Red DUCAR del MITRANS Matanzas, abarca todos los municipios de la provincia, a los cuales se extiende el servicio.

De acuerdo con los consumos de los equipos del transporte, se requiere 0,9 Kg/Auto anual de polvo y viruta de goma, para el DISTIN 404 y 1,8 Kg/Auto anual de polvo de goma, lo que representa en su conjunto para 20 000 equipos estimados en la provincia de Matanzas un consumo anual de 54 Toneladas de polvo y viruta de goma.

Actualmente en la provincia de Matanzas, hay unos 14 000 equipos del transporte estatales, cifra que no incluye al MININT y el MINFAR y si se suma la cifra de autos particulares y de entidades extranjeras y mixtas, la cifra de equipos es muy superior y por tanto el consumo de producto y de polvo de goma que es un contaminante.

El consumo en la construcción en la impermeabilización de cubiertas y como recubrimientos sellantes no ha podido ser estimado, porque faltan evaluaciones, no obstante se trabaja al respecto con el apoyo de la Unión de Recuperación de Materias Primas y el Centro Técnico de Desarrollo de Materiales de la Construcción, que es la entidad rectora y que Certifica estos productos para la Construcción.

1.9. Utilidad del Diagrama As-Is.

En toda industria los procesos están constantemente sometidos a revisiones, ya que como todo proceso puede ser mejorado, siempre que se encuentre algún detalle, alguna secuencia, que aumenta su rendimiento en aspectos como productividad de las operaciones o disminución de defectos.

En el proceso tecnológico de producción de mástiques semisólidos con polímero goma de la Planta Piloto acurren deficiencias y para poder identificarlas y mejorarlas se implementa el Diagrama As-Is.

Para la mejora se usa los mapas de procesos que permiten la visualización y apreciación de las interrelaciones entre los procesos, subprocesos y actividades para perfeccionar los resultados que los clientes desean. Un enfoque muy utilizado dentro de la elaboración de mapas de procesos es el Diagrama As-Is (tal como es el proceso) que permite una mayor visibilidad y comprensión.

Los Diagramas As-Is se han ganado la popularidad en el mundo empresarial de hoy por su posibilidad de detallar las actividades que ocurren en un proceso, y son prácticamente, un requisito en la mayoría de los métodos para la mejora de los procesos. (Trischler, 1998)

Existen diferentes maneras para representar los procesos como son los diagramas de flujo de actividades, mapas de procesos, en este caso los Diagramas As-Is, se realizan bajo dos premisas fundamentales: el enfoque de la gestión en base a los procesos y la eliminación de los derroches derivados de dichos procesos cuando estos no aportan valor añadido.

El diagrama se utiliza para registrar cómo opera realmente el proceso, a través de la representación gráfica del flujo de trabajo o de información, brindando una mejor visibilidad y permite el análisis de cada actividad. El análisis del valor añadido (gran significado en el proceso) en los procesos se detecta mediante la descomposición en pasos o etapas, en la exposición del diagrama, luego, se realiza un estudio en cada etapa donde se localizan las actividades que no aportan valor añadido para considerar su posible eliminación o mejoramiento.

Para confeccionar el diagrama As-Is, lo primero que se debe tener en cuenta es, quienes son las personas que están involucradas en el proceso, para ello existe una metodología para la mejora de los procesos empresariales, que se titula, Procedimiento Específico Propuesto para la Gestión por Procesos de Nogueira, (2002). Esta investigadora logra aportes nuevos al incorporarle herramientas tan útiles como el análisis del valor añadido, de acuerdo con los planteamientos de Trischler, (1998) con la confección de los diagramas As-Is.

De lo anterior se deriva, que se hace necesario la selección de un equipo de trabajo en el que participen los técnicos de la Planta Piloto, Ingenieros Industriales que trabajan en el CEAT, así como docentes que investigan en el este proceso, todo ello para aportar elementos en la elaboración y análisis de los resultados del diagrama.

1.10. Fundamentos de los balances de masa y energía de los procesos tecnológicos.

1.10.1 Balances de materias.

Los balances de materia no son más que la aplicación de la ley de conservación de la masa: “La materia no se crea ni se destruye”. Lo que este enunciado significa y como puede aprovecharse el concepto para resolver problemas con diversos grados de complejidad requiere una explicación bastante extensa.

La ley (o principio) de conservación de la masa plantea que, en cualquier fenómeno o proceso la masa total involucrada se mantiene constante. Aplicada a las reacciones químicas, se conoce como la Ley de Lomonosov-Lavoisier y toma la forma:

$$\sum_{\text{reaccionantes}} m_i = \sum_{\text{productos}} m_i ; \quad (1.1)$$

es decir, que la masas de todos los reaccionantes es igual a la suma de las masas de los productos (Murthy, 2002).

En el caso más general, para cada uno de los compuestos que intervienen en un proceso, se tiene que (Cruz, 1990):

$$m_{\text{acumula}} = m_{\text{entra}} - m_{\text{sale}} + m_{\text{genera}} - m_{\text{consume}} . \quad (1.2)$$

Si el proceso es estacionario, entonces:

$$m_{\text{acumula}} = 0 ; \quad (1.3)$$

y, consecuentemente:

$$m_{\text{sale}} = m_{\text{entra}} + m_{\text{genera}} - m_{\text{consume}} . \quad (1.4)$$

Cuando el compuesto es un reaccionante de una reacción química, la ecuación (1.4) toma la forma:

$$m_{\text{sale}} = m_{\text{entra}} - m_{\text{consume}} ; \quad (1.4a)$$

mientras que si es un producto, toma la forma:

$$m_{\text{sale}} = m_{\text{genera}} . \quad (1.4b)$$

También, desde el punto de vista del balance de masas en las reacciones químicas, es importante la relación entre las masas de dos compuestos, A y B que intervienen en una reacción dada. Para las mismas se cumple que la relación de conversión o transformación teórica:

$$R_T = \frac{N(A)}{N(B)} ; \quad (1.5)$$

entre los respectivos coeficientes estequiométricos, $N(A)$ y $N(B)$, es igual a la relación de conversión o transformación experimental:

$$R_E = \frac{n(A)}{n(B)}; \quad (1.6)$$

entre las respectivas cantidades de sustancias, $n(A)$ y $n(B)$, involucradas en la reacción. A su vez, la cantidad de sustancia de cualquiera de los compuestos, $n(X)$, se relaciona con la masa, $m(X)$, y la masa molar, $M(X)$, del mismo, según la expresión:

$$n(X) = \frac{m(X)}{M(X)}; \quad (1.7)$$

donde m_i es la masa, N_i el coeficiente estequiométrico y M_i la masa molar del i -ésimo componente de la reacción.

1.10.1.1. Conceptos fundamentales.

Para efectuar un balance de materia de un proceso, primero hay que especificar en qué consiste el sistema para el cual se hará el balance y establecer sus fronteras.

Proceso: Es una serie de acciones, operaciones o tratamientos que producen un resultado (producto). La ingeniería química se centra en operaciones como las reacciones químicas, el transporte de fluido, la reducción o amplificación del tamaño del equipo, la generación y el transporte de calor, la destilación, la absorción de gases, los biorreactores y demás cosas que causan cambios físicos y químicos en los materiales.

Sistema: Se refiere a cualquier porción arbitraria o la totalidad de un proceso establecida específicamente para su análisis.

Sistema Abierto: Es aquel en que se transfiere material por la frontera del sistema; esto es, entra en el sistema, sale del sistema o ambas cosas.

Sistema cerrado: Es aquel en el que no tiene lugar una transferencia semejante durante el intervalo de tiempo de interés.

1.10.2. Balances de Energía.

1.10.2.1. Primera Ley de la Termodinámica.

El reconocimiento del calor y la energía interna como formas de energía sugiere una generalización de la ley de la conservación de la energía mecánica (sec. 1.8) para aplicarla al calor y a la energía interna, así como al trabajo y a la energía cinética y potencial externas. Por otro lado, la generalización puede extenderse a otras formas de energía, tales como la energía superficial, la energía eléctrica y la energía magnética. Al principio esta generalización no fue más que un postulado, pero sin excepción alguna todas las observaciones hechas en procesos ordinarios la apoyan. De aquí que el postulado haya alcanzado el estado de ley de la naturaleza y se conozca como primera ley de la termodinámica. Un planteamiento formal de ésta es:

Aunque la energía tome muchas formas, la cantidad total de energía es constante, y cuando la energía desaparece en una forma, aparece simultáneamente en otras formas. (Cruz, 1987)

Al aplicar la primera ley a un proceso dado, la esfera de influencia del proceso se divide en dos partes, el sistema y sus alrededores. La parte donde se lleva a cabo el proceso es la que se toma como sistema; todo aquello con lo que el sistema interactúa se considera como los alrededores. El sistema puede tener cualquier tamaño dependiendo de las condiciones particulares, y sus fronteras pueden ser reales o imaginarias, rígidas o flexibles. Con frecuencia el sistema está formado por una sola sustancia; en otros casos puede ser complejo. En cualquier caso, las ecuaciones de la termodinámica se escriben con referencia a un sistema bien definido. Esto dirige la atención al proceso particular de interés y al equipo y material que está directamente relacionado con el proceso. Sin embargo, la primera ley se aplica al sistema y sus alrededores, y no únicamente al sistema.

1.10.2.2. Segunda Ley de la Termodinámica.

Existen diferentes enunciados para enunciar la Segunda Ley de la Termodinámica, entre ellos se encuentran:

Una definición del Segundo Principio sería la siguiente: “Es imposible, mediante un proceso cíclico transformar completamente en trabajo, el calor absorbido por un sistema”.

Se sabe que el flujo de calor entre dos cuerpos siempre tiene lugar del cuerpo más caliente al más frío y nunca al contrario; este hecho tiene tal importancia que su concepto puede servir como una manifestación aceptable del Segundo Principio de la Termodinámica, como resultado de la restricción impuesta a la dirección de los procesos reales, por lo que es posible establecer enunciados generales que describan tal restricción y que, por consiguiente, sirvan para expresar el Segundo Principio.

Otra definición del Segundo Principio sería: “Ningún proceso puede consistir únicamente en la transferencia de calor de un nivel de temperatura dado a otro superior”.

Nada se opone, desde el punto de vista del Primer Principio, a que el cuerpo frío ceda energía al caliente, ya que lo único que el Primer Principio exige es que la energía absorbida por el cuerpo caliente sea igual a la cedida por el cuerpo frío; para subsanar esta anomalía, el Segundo Principio define un sentido a la transformación, siendo ésta sólo posible en el sentido de máxima probabilidad, definiendo una función termodinámica de estado con el nombre de entropía que nos va a proporcionar una idea cuantitativa de estas irreversibilidades.

Una tercera definición del Segundo Principio sería: “Ninguna máquina puede operar en forma tal que su único efecto (en el sistema y en los alrededores) sea la conversión completa del calor absorbido por el sistema, en trabajo”.

El Segundo Principio de la Termodinámica no prohíbe la generación de trabajo a partir del calor, pero limita la fracción de calor que puede convertirse en trabajo en un proceso cíclico. La conversión parcial de calor en trabajo es la base de la generación comercial de energía. El siguiente paso en el tratamiento del Segundo Principio consiste en desarrollar una expresión cuantitativa del rendimiento para esta conversión. (Cruz, 1987)

1.10.2.3. Conceptos fundamentales.

- **Calor y temperatura**

La temperatura de un cuerpo es una medida de su capacidad de transferir calor. El calor es una forma de transferir energía, y esa transferencia ocurre cuando existe desequilibrio térmico, es decir cuando una de las partes entre las que tiene lugar esa transferencia está más caliente que otras. Es muy importante tener bien en claro la diferencia que existe entre calor y temperatura.

Todos, en nuestra experiencia cotidiana, hemos experimentado la desagradable sensación de una quemadura. Si tocamos un objeto que está a mayor temperatura que la piel decimos que está caliente y si nos piden explicaciones posiblemente digamos que el objeto tiene mucho calor.

Este es un mal uso de la palabra calor, y un ejemplo de confusión entre calor y temperatura. En forma sumaria calor es lo que emite una estufa y temperatura es lo que mide un termómetro. Temperatura, por lo tanto, es una propiedad de los cuerpos, que no se puede disociar de la materia tangible, mientras que calor es energía y puede existir independientemente de la materia.

Si nos imaginamos dos objetos de distinta masa a igual temperatura, es evidente que el contenido de calor (energía) de cada uno de ellos es distinto, cosa que se evidencia por ejemplo en el hecho de que el objeto más pesado tarda más en enfriarse. La temperatura es una medida de la capacidad de emitir calor, o sea que cuanto más caliente está un objeto (o lo que es lo mismo, cuanto mayor sea su temperatura) tanto mayor es su capacidad de intercambiar calor con el medio que lo rodea, siempre que la temperatura del medio sea distinta. El concepto de temperatura es análogo al de potencial eléctrico, porque cuanto mayor es la diferencia de temperatura entre dos puntos tanto mayor será el flujo de energía en forma de calor; en el caso del potencial eléctrico, el flujo de electricidad es proporcional a la diferencia de potencial eléctrico.

- **Capacidad calórica.**

Se define la capacidad calorífica como la cantidad de calor necesaria para modificar la temperatura del sistema desde T_1 a T_2 .

- **Calor específico.**

La cantidad de calor (Q) que debe aplicarse a un sistema homogéneo para producir una variación determinada de temperatura (dT) debe ser lógicamente proporcional a la masa total del sistema. Por tanto es conveniente definir lo que se conoce como calor específico, que es una magnitud que depende sólo de la naturaleza de la sustancia considerada, pero no de la cantidad presente. Para ello basta dividir la capacidad calorífica C_x de la sustancia, por el correspondiente número de gramos o moles. (Cruz, 1987)

1.11. Conclusiones parciales del capítulo:

- El análisis realizado sobre los mástiques semisólidos anticorrosivos y de conservación DISTIN demuestra que los procesos tecnológicos de producción basados en el uso de asfalto oxidado y viruta de goma es la tendencia actual en el mundo.
- La característica distintiva de los mastiques que se producen en la planta piloto de la UMCC se basa en la utilización de jabones insolubles sobrebasificados como agente de enlace.
- Se pudo apreciar que los mástiques semisólidos con polímero goma presenta una gran demanda y perspectiva de aplicación, empleado en el servicio DUCAR.
- Se pudo observar que el diagrama As–Is se realizan bajo dos premisas fundamentales: el enfoque de la gestión en base a los procesos y la eliminación de los derroches derivados de dichos procesos cuando estos no aportan valor añadido.
- Con la determinación de los balances de masa y energía es posible mejorar la eficiencia tecnológica del proceso de producción de mástique semisólido con polímero goma.

CAPÍTULO #2: ANÁLISIS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MÁSTIQUE SEMISÓLIDO.

2.1. Proceso tecnológico de mástiques semisólidos con polímero goma.

Se efectúa una inspección visual de la planta para verificar la información adquirida sobre el proceso tecnológico de mástiques semisólidos con polímero goma. Esta inspección se realiza con el objetivo de familiarizarse con el funcionamiento del proceso tecnológico y así conocer las condiciones de operación.

2.1.1. Descripción de la línea de producción de Mástique Asfáltico.

La línea de producción de mástique asfáltico en la etapa actual no existe, por lo que se emplea la línea de producción de grasa, que consta de los siguientes equipos:

Tabla 2.1 Características de los equipos que conforman el sistema.

Reactor		Agitador del Reactor I	
Capacidad máxima	0.88 m ³		
Diámetro interior	1.05 m	No de paletas	8 con 2 juegos de paletas en el eje.
Diámetro exterior	1.20 m	Grado de inclinación	45
Espesor de las paredes	12 mm	No de baffles	4
Material constructivo	Acero 1020	Material del eje del impelente	Acero aleado
Altura del cilindro	10.45 m	Longitud de las paletas	0.33 m
Altura del cono	0.45 m	Separación entre impelente	0.5 m

- Instrumentación

En el reactor hay una válvula de seguridad que se encuentra situada en la camisa del mismo y dos instrumentos de medición que miden directamente en el proceso (interior del reactor)

- Válvula de seguridad del reactor de 2". Esta válvula está establecido que se accione automáticamente a una presión de 6.5 Kg/cm^2
- Manómetro tipo bourdon ($0-12 \text{ Kg/cm}^2$)
- Termómetro de bulbo o capilar ($0-200^\circ\text{C}$)

2.1.2. Proceso de producción de mástique semisólido con polímero goma en la etapa actual.

Se introduce el asfalto oxidado sólido en el equipo de fundición y filtrado realizando las operaciones unitarias de transferencia de calor y filtrado, obteniéndose un producto líquido.

Antes de poner en funcionamiento el reactor se debe revisar que el mismo se encuentre libre de cualquier sustancia u objeto extraño, revisar y cerciorarse que estén cerradas las válvulas de salida del producto, de entrada del vapor y de entrada de agua, así como la compuerta superior de entrada de materias primas sólidas. Abierta la válvula del venteo y revisar que el agitador mecánico esté en óptimas condiciones.

Comienza el proceso en el reactor con la obtención del jabón base para la producción del mástique, para la obtención del mismo se realiza un proceso de saponificación en aceite que se lleva a efecto a una presión de 5 atmósferas y 150°C , durante una hora. Cuando termina la saponificación, se realiza un proceso de venteo hasta alcanzar la presión atmosférica a unos 100°C de temperatura.

El asfalto oxidado fundido y filtrado se dosifica al reactor. Se espera un tiempo de 20 min para garantizar una homogenización completa del mismo con el jabón líquido, lográndose el mástique asfáltico. Realizada esta operación se procede a descargar el 50 % del reactor para la producción del mástique semisólidos con goma de la forma siguiente:

El mástique líquido es bombeado al sinfín mezclador para mezclarlo con la viruta de goma y así obtener el mástique semisólido. En la actualidad por no existir mezclador, esta operación se realiza de forma manual directamente en los envases que se depositan.

2.1.3. Diagnóstico de la línea de producción de mástique en el estado actual.

Como se señaló anteriormente la planta no cuenta con una línea para la producción de mástique asfáltico, debido a ello la elaboración de este producto se lleva a cabo en el reactor de grasa, esto trae como consecuencia que disminuyan los volúmenes de producción al no poder utilizar la capacidad instalada a tiempo completo, actualmente solo se realiza la producción de mástique semisólido con polímero goma una vez por semana.

La capacidad del reactor actual es de 750 kg pero como este producto es la materia prima fundamental para la producción de mástique semisólido y de mástique líquido solo se utiliza 375kg de mástique asfáltico para cada producto.

Al agregarle la viruta de goma, la cantidad de producto aumenta en un 25%, obteniéndose 470 kg/semana de mástique semisólido.

Como solo hay 42 semanas laborables la capacidad de producción anual del mástique semisólido es de 19 740 kg/año.

El producto mástique semisólido cuenta para este año con una demanda de 8190 kg de los cuales 6000kg son para el MINFAR, 2000kg para la UNE y 190 Kg para EISA.

Existe una demanda potencial con estos clientes de 44 000 kg de este producto, relacionada con la cantidad del producto que requieren 15 000 carros del MINFAR y 7000 carros de la UNE, ya que por cada carro se consume 2 kg del producto. Aquí no se considera el crecimiento de EISA Matanzas y la demanda de otros clientes que actualmente establecen contratos como la Empresa Salinera de Matanzas.

2.2. Evaluación del producto.

El material compuesto de matriz asfáltica modificada con polímero (MAP), constituido por dos componentes esenciales, la matriz (asfalto oxidado) y el refuerzo (polímero: polvo de goma de los neumáticos), unidos a través de un agente enlazante (jabón). Se obtuvo a nivel de laboratorio y posteriormente a escala de Planta Piloto en las instalaciones del Centro de Estudio de Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT).

El Mástique Asfáltico Semisólido con goma DISTIN 403 proporciona al recubrimiento flexibilidad y resistencia a los impactos, propiedades que no poseen las pinturas. Por estas características se aplican en las uniones metal – metal, metal – mortero y metal – hormigón, para rellenar los resquicios que se forman e impedir el acceso de los contaminantes. Esta aplicación resuelve problemas de diseño anticorrosivo. Además se emplea para reforzar los recubrimientos de pinturas en zonas de impactos o de acumulación de agua y depósitos.

2.2.1. Ensayos de calidad realizados al producto.

Las composiciones de MAP para su evaluación como anticorrosivos, se aplicaron sobre probetas de acero estructural, con dimensiones establecidas, cumpliendo las exigencias en cuanto a preparación previa y cantidad de réplicas. Para su aplicación sobre las probetas de acero, se ablanda el producto MAP de 80 a 100⁰C, se aplica con espátula sobre el sustrato base logrando una capa uniforme del recubrimiento aplicado.

El período de ensayo a la intemperie fue de dos años, en la Estación de Ensayo de Varadero, ubicada en el Hotel Puntarenas, para evaluar las características de los esquemas bajo consideración. El ensayo acelerado fue de 1000 horas (10 ciclos de 100 horas cada uno), de acuerdo con el programa de ensayos establecido por los Laboratorios Acreditados Nacionalmente LABET.

Para la evaluación de los materiales compuestos de matriz asfáltica modificada con polímero (MAP), en cuanto a su resistencia a la corrosión se aplican las normas para recubrimientos de pintura y productos afines.

Para los ensayos de resistencia a la humedad y temperatura con condensación constante, se utilizó el procedimiento descrito en la norma (DIN 50017, 1982). Las condiciones del ensayo fueron 40 ± 2 ⁰C y aproximadamente 100 % de humedad relativa con condensación de las probetas. Las exigencias del ensayo fueron de 1000 horas en la cámara sin afectaciones de la muestra por ampollamiento, fisuras, corrosión en el metal base y sensible desprendimiento, con ciclos de evaluación cada 100 horas (10 ciclos). El ensayo se realizó en una Cámara Climática modelo CCM/0/300.

El ensayo de resistencia a la atmósfera salina se realiza con la aplicación de las secciones 1, 2 y 3 de la norma (ISO 9227, 1990). Las condiciones del ensayo fueron el uso de una solución de cloruro de sodio P.A. ($50 \text{ g/L} \pm 5 \text{ g/L}$), con una densidad (25°C) de 1.0255 a 1.0400 g/dm^3 , pH: $6,5 - 7,2$ y temperatura $35 \pm 2^\circ \text{C}$. Las exigencias del ensayo y los ciclos de evaluación son las mismas que para el ensayo acelerado de humedad y temperatura. El ensayo se realizó en una cámara de niebla salina modelo Q- FOG C.C.T (*Cyclic Corrosion Tester*, EE.UU.) de capacidad $1,1 \text{ m}^3$.

Para el ensayo de envejecimiento acelerado, se emplea el procedimiento descrito en la norma (ASTM D 4799, 2000). Las condiciones para el ensayo incluye el uso de lámparas fluorescentes UV-A de longitud de onda 340 nm . Las exigencias del ensayo fueron de 1000 horas sin que se produjeran afectaciones físicas importantes, ni mostrar cambios sensibles respecto a la determinación inicial y/o referencia. Se ensayaron las muestras en una cámara de intemperismo acelerado modelo QUV/SE.

Para el ensayo de adherencia por el método de tracción, se aplica el procedimiento descrito en la norma (ASTM D 4541, 1995), que emplea el método de tracción para recubrimientos orgánicos, mediante el uso de un dinamómetro. Las exigencias del laboratorio fueron que la presión capaz de desprender los dados adheridos al recubrimiento bajo ensayo, no deberán producir desprendimiento, fisura y/o levantamiento del recubrimiento. Se debe reportar además la presión a la cual son desprendidos los dados o cilindros. Se empleó un medidor de adherencia modelo ERSAD 2.80 Bar 8 Mpa .

Para el ensayo de impacto se utiliza el procedimiento descrito en la norma (ASTM D 2794, 1993). Se empleó un impactómetro modelo 03040 10. La exigencia del laboratorio fue que no se debe producir ninguna fisura, desprendimiento o cuarteadura de los recubrimientos para un peso de $0,9 \text{ Kg}$ y $15,9 \text{ mm}$ diámetro. Se realizó el ensayo a alturas de 25 , 50 y 100 cm . respectivamente.

Para el evaluación de la degradación de los recubrimientos de MAP, así como la designación de la intensidad, cantidad y tamaño de los tipos más comunes de defectos, se emplea la norma (UNE-EN ISO 4628-1 al 5, 2003).

La evaluación de la degradación de los recubrimientos de MAP se basa en la comparación del aspecto de la superficie del recubrimiento con patrones fotográficos que aparecen en cada una de las normas específicas para cada defecto. Dichos patrones están catalogados en base al tamaño y densidad de los defectos. El tamaño se evalúa en una escala entre 0 y 5, donde “0” indica que no hay defectos y “5” indica defectos tan severos que una diferencia adicional no tendría prácticamente significado. Las otras evaluaciones, correspondientes a los números 1, 2, 3 y 4, están definidas de manera que permiten una diferenciación óptima dentro del rango completo de la escala.

Respecto a la densidad de los defectos se considera la misma escala anterior, donde “0” indica defectos no visibles (con 10 aumentos) y “5” defectos mayores que 5 mm. Los valores intermedios varían en función del tamaño de estos. En el caso que se evalúe el grado de oxidación y de descamación se utiliza una escala similar, pero en función del % del área afectada. Cuando la evaluación es “0” significa (0 % de área oxidada (Ri 0) o 0 % de área descamada) y “5” (es de 40 a 50 % de área oxidada (Ri 5) o 15 % de área descamada), con valores intermedios entre 0 y 5. Las tablas que resumen el tamaño y densidad de los defectos para la evaluación de estas fallas aparecen en las normas correspondientes (UNE-EN ISO 4628-1, 2003; UNE-EN ISO 4628-3, 2003).

2.2.2. Resultados de los ensayos de calidad realizados al producto.

- Evaluación de la degradación de los MAP. Designación de la intensidad, cantidad y tamaño de los tipos más comunes de defectos.

En las Tablas 2.2 y 2.3 se muestran los resultados de la evaluación de la degradación de los materiales compuestos de matriz asfáltica modificado con polímero (MAP), en cuanto a las fallas que pueden surgir (ampollamiento, oxidación, agrietamiento y descamación). Esta evaluación es muy importante pues ofrece una respuesta del comportamiento de los mismos al medio a que se exponen, en la Estación de Ensayo de Varadero con una agresividad corrosiva del acero de bajo contenido de carbono de Muy Alta.

Como se puede observar en la Tabla 2.2, la composición 1 de MAP no presenta ampollamiento, ni oxidación, ni descamación durante todo el período de evaluación, solamente presenta agrietamiento a partir de los 3 meses de exposición, del tipo 2 S (3). Estas son grietas visibles

solo con aumentos, de tamaño 2 densidad S(3), según se muestran en los patrones gráficos según la norma (UNE-EN ISO 4628-4, 2003). Las cuales se consideran aceptables, según la escala de comportamiento antes referida, pues son las de menor tamaño. Tres meses más tarde presenta grietas de tamaño 3, densidad S (4), es decir grietas que ya son visibles, según los patrones gráficos antes mencionados y finalmente a los 21 meses, solamente aumenta la densidad de la grieta hasta densidad 5, manteniendo el mismo tamaño.

A pesar de que las grietas presentadas, no son de importancia, pues se refiere a grietas superficiales que no penetran totalmente al recubrimiento; por lo que el sustrato metálico continúa protegido del medio exterior, en un ambiente de muy alta agresividad corrosiva como el de la E2, durante dos años.

Analizando la relación de este comportamiento con la composición del material, no es posible asociar esto a un componente determinado, por no tener una composición extrema en ninguno de sus constituyentes, sin embargo se desecha esta composición, ya que la penetración de contaminantes y el agua se favorece precisamente por la aparición de grietas, afectando a más largo plazo el recubrimiento.

El resto de las composiciones de MAP (2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8), no presentaron ningún tipo de afectación durante los dos años de exposición. Este resultado se observa en la tabla 2.3.

Tabla 2.2. Propiedades protectoras de la composición asfáltica 1.

Período meses	Fallas			
	Ampollamiento	Oxidación	Agrietamiento	Descamación
1 (Jun/04)	0	Ri 0	0	0
2 (Jul/04)	0	Ri 0	0	0
3 (Agos/04)	0	Ri 0	2S(3)	0
6 (Nov/04)	0	Ri 0	3 S(4)	0
9 (Feb/05)	0	Ri 0	3 S(4)	0
12 (May/05)	0	Ri 0	3 S(4)	0
15 (Agos/05)	0	Ri 0	3 S(4)	0
18 (Nov/05)	0	Ri 0	3 S(4)	0

21 (Feb/06)	0	Ri 0	3 S(5)	0
24 (May/06)	0	Ri 0	3 S(5)	0

Después de haber realizado un análisis de todas las fallas que pueden presentarse en los recubrimientos de MAP expuestos a la intemperie, según lo establecen las normas internacionales; se puede plantear, que presentan excelentes propiedades protectoras contra la corrosión, con un comportamiento de Muy Bueno.

Según la norma internacional de selección de sistemas de pinturas, se plantea que la durabilidad mínima es de 2 a 5 años, sin presentar afectaciones por corrosión. Teniendo en cuenta este criterio, podemos decir que estos recubrimientos han resistido un mínimo de dos años, en una zona de muy alta agresividad corrosiva, categoría C5, sin presentar ninguna afectación por corrosión. Cuando en la generalidad de los casos, los recubrimientos que se utilizan en estos medios no superan este mismo período sin afectaciones, provocando consecuentes gastos por concepto de mantenimiento.

Debe agregarse en el análisis que las composiciones ensayadas abarcan una amplia gama en cuanto a composición, sin embargo, la experiencia práctica posterior a este ensayo, ha demostrado que al aumentar la composición de la matriz asfáltica y del compuesto de enlace (jabón), se logran composiciones, más blandas, más adherentes, que permanecen mucho más tiempo sin agrietamiento y que por consiguiente aumentan la resistencia a la corrosión y al deterioro.

Tabla 2.3. Propiedades protectoras de las composiciones asfálticas 2, 3, 4, 5, 6, 7, y 8.

Período meses	Fallas			
	Ampollamiento	Oxidación	Agrietamiento	Descamación
1 (Jun/04)	0	Ri 0	0	0
2 (Jul/04)	0	Ri 0	0	0
3 (Agos/04)	0	Ri 0	0	0
6 (Nov/04)	0	Ri 0	0	0
9 (Feb/05)	0	Ri 0	0	0
12 (May/05)	0	Ri 0	0	0

15 (Agos/05)	0	Ri 0	0	0
18 (Nov/05)	0	Ri 0	0	0
21 (Feb/06)	0	Ri 0	0	0
24 (May/06)	0	Ri 0	0	0

- Evaluación del comportamiento de los MAP en ensayos acelerados y otros. Ensayos de Tropicalización en (LABET).

Hay que destacar que en lo que respecta a la certificación de la calidad de recubrimientos resistentes a la corrosión, estos ensayos son de obligatorio cumplimiento, para obtener la certificación de calidad que exige cualquier aplicación en Cuba.

- Resistencia a la humedad y temperatura con condensación constante.

Se comprobó una adecuada compatibilidad del producto con el sustrato base (acero). Se observa que entre las 400 y 500 horas en la cámara climática se detecta ligero cuarteamiento y desprendimiento superficial, tras el reblandecimiento del material. Este fenómeno fue menos marcado que en las condiciones del ensayo salino. A partir de las 700 horas, se observa el material más endurecido, indicativo de cierta pérdida de su flexibilidad. Por lo antes expuesto el laboratorio acepta el resultado de la prueba.

- Resistencia a la niebla salina neutra.

Se comprobó una adecuada compatibilidad del producto con el sustrato base (acero). Se observa entre las 400 y las 500 horas de exposición, cierto reblandecimiento superficial, que da lugar a un ligero desprendimiento del material que no está directamente adherido a la base. De acuerdo a los resultados de la pérdida de masa obtenida con las diferentes probetas (muestras), no se considera importante el desprendimiento presentado. Por lo antes expuesto el laboratorio acepta el resultado de la prueba.

- Envejecimiento Acelerado QUV para materiales bituminosos.

A partir de las 700 horas se observa cierto endurecimiento y pérdida de flexibilidad del material. Este comportamiento se mantiene estable hasta finalizar el período de exposición en las condiciones de dicho ensayo. Por lo antes expuesto el laboratorio acepta el resultado de la prueba.

- Ensayo de adherencia por el Método de Tracción.

La ruptura de las capas más exteriores del recubrimiento se produce a 1,5 MPa. Por lo antes expuesto el laboratorio acepta el resultado de la prueba.

- Ensayo de impacto.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

Para una altura de 25 cm: el recubrimiento permanece sin alteración.

Para una altura de 50 cm: Se observa cierto desgarre del recubrimiento, sin dejar expuesta la base.

Para una altura de 100 cm: Total desgarre del recubrimiento.

A pesar de que el recubrimiento no pasó la prueba de impacto a una altura de 100 cm, el resultado obtenido para 25 y 50 cm es positivo, teniendo en cuenta que se somete al impacto de una masa de 0,9 Kg de peso y en la práctica no se someterá a condiciones tan extremas. Por lo antes expuesto el laboratorio acepta el resultado de la prueba.

Como se ha analizado el material es capaz de cumplir las funciones de protección en sus diferentes líneas de aplicación. En general el material asfáltico se comporta bastante bien bajo las condiciones del ensayo de impacto a 25 cm y 50 cm de la altura en que es suspendida la carga.

De acuerdo a los resultados obtenidos, el Laboratorio de Ensayos de Corrosión (LECO), le propone al Centro de Certificación de Productos Tropicalizados, otorgar los certificados de conformidad para tres variantes de aplicación del producto relacionado en el presente informe, según los ensayos y determinaciones citadas anteriormente.

Las variantes de aplicación son:

1. Material asfáltico modificado con polímero como sistema impermeabilizante y sellador de pisos y cubiertas.
2. Material asfáltico modificado con polímero como sistema de protección y aislante en las uniones metal-metal, metal-mortero y metal-hormigón.
3. Material asfáltico modificado con polímero como recubrimiento anticorrosivo.

Los resultados emitidos por LABET demuestran que las 8 composiciones de MAP presentan excelentes propiedades protectoras contra la corrosión, dada la efectividad de la protección anticorrosiva de estos productos, la cual fue confirmada en los ensayos correspondientes.

Estos resultados vinculados a la protección anticorrosiva que ofrecen los materiales compuestos, concuerdan con los ensayos de campo realizados con estos materiales, sobre probetas de acero sometidas a condiciones de intemperie.

La evaluación anterior, conjuntamente con las propiedades de adherencia, flexibilidad y resistencia al impacto permiten su empleo en las uniones metal – metal, metal – mortero y metal – hormigón, que originan con mucha frecuencia problemas de diseño anticorrosivo. Una aplicación de estos productos, referenciados en el análisis bibliográfico como uniones húmedas, permite evitar la aparición de resquicios que incrementan los problemas de corrosión y constituye uno de los componentes de mayor importancia dentro de los sistemas de protección anticorrosiva y conservación que se analizarán posteriormente.

Como resultado de estas evaluaciones, se ha desarrollado la producción de 4 nuevos materiales compuestos, modificado con polímero, que se producen en la Planta Piloto del CEAT, con la denominación DISTIN 403 y DISTIN 404, para los productos semisólidos y DISTIN 403 L y DISTIN 404 L, para los productos líquidos.

2.3. Diagrama As-Is del proceso de mástiques semisólidos con polímero goma.

Se realiza una nueva inspección visual de la planta con el fin de analizar el proceso y así detectar los problemas que se presentan en las diferentes etapas del mismo, mediante el diagrama As-Is que es una técnica de análisis de proceso. Con este método es posible identificar el proceso tal como es en la actualidad.

Para confeccionar el diagrama As-Is, lo primero que se debe tener en cuenta es quienes son las personas que están involucradas en el proceso, existiendo una metodología para la mejora de los procesos empresariales, que se titula: Procedimiento Específico Propuesto para la Gestión por Procesos de Nogueira, (2002).

2.3.1. Diagrama As-Is para el proceso de mástique semisólido.

Con el diagrama de flujo del proceso en la actualidad y el diagrama As – Is para el proceso de producción de mástique semisólido con polímero goma, se procede al análisis de las etapas del proceso que afectan la eficiencia del mismo y que por tanto influyen en sus resultados económicos en la próxima etapa de trabajo.

En la figura 2.1 se muestra el diagrama As – Is que se obtuvo de acuerdo con la metodología.

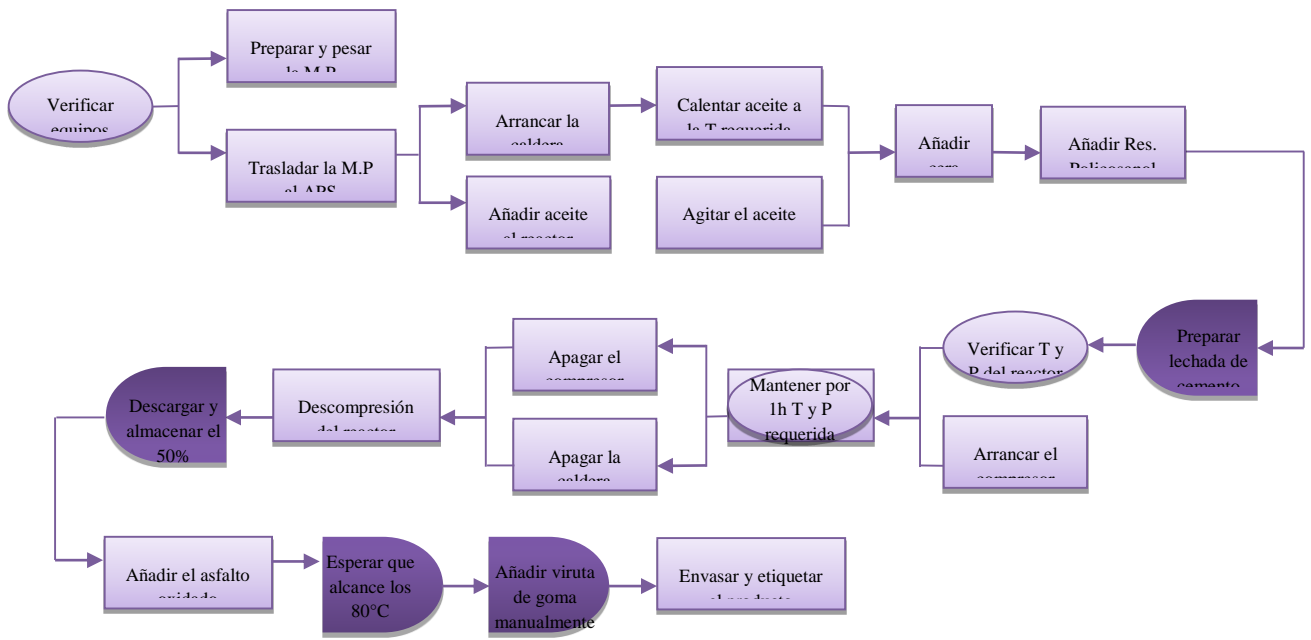






Figura 2.1 Diagrama As - Is

Leyenda:

-  Inspección
-  Operación
-  Paso de demora
-  Operación – Inspección
- M.P - Materia Prima
- APS - Área de producción y servicio
- T - Temperatura
- P – Presión

Como se puede observar en el diagrama, existen pasos de demora, en específico el proceso de preparación de lechada de cemento, la descarga del reactor, el proceso de enfriamiento y el proceso de descarga y de añadir la viruta de goma manualmente.

Como establece la metodología, el trabajo se centra en la eliminación o atenuación del tiempo en los procesos de demora.

2.3.2. Análisis del Diagrama As- Is.

Los pasos de demora no aportan valor añadido y la metodología dice que si no tienen valor se pueden eliminar, pero como en este diagrama los pasos de demora si son importantes e imprescindibles, hay que reducir sus tiempos al máximo para poder mejorar el proceso.

El primer paso de demora es la preparación de la lechada de cemento, la cual se realiza en un recipiente, en el que se coloca la cantidad de agua del proceso y cemento, agitando manualmente para lograr una suspensión, que es introducida al reactor por el registro de entrada con otro recipiente más pequeño, todo lo cual demora aproximadamente 30 minutos.

Para disminuir la demora en la preparación de la lechada de cemento, se propone diseñar un tanque dosificador, que cumple además la función de homogenizar la suspensión en agua, filtrar el producto resultante y dosificarlo lentamente al interior del reactor, que mantiene una agitación constante. Esto como posteriormente se analizará permite la reducción del tiempo de operación y una mayor calidad del proceso, ya que se dosifica una suspensión más homogénea, las partículas gruesas de cemento ya no se introducen en el reactor, ni van directamente a la válvula de salida afectando la descarga y la calidad del primer producto que sale del reactor.

El otro paso del proceso que introduce las mayores pérdidas de tiempo, es la descarga y almacenaje del 50% del reactor, por lo que se recomienda la construcción del reactor ya diseñado para la línea de mástique asfáltico y el diseño de un mezclador que ya se ejecuta en otra tesis en este período.

Al vaciar todo el mástique asfáltico al mezclador para hacer el mástique semisólido se ahorra mucho tiempo y se puede aprovechar la energía que tiene el reactor para volver hacer mástique asfáltico, aumentando así el volumen de producción diario.

Al realizar la operación de mezclado en un mezclador se podrá garantizar una mezcla rápida y uniforme del mástique semisólido.

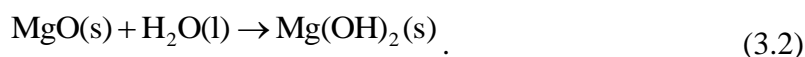
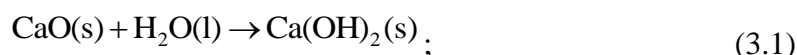
2.4. Conclusiones parciales del capítulo

- Mediante el análisis del proceso tecnológico de mástique semisólido se pudo determinar que la capacidad de producción actual no satisface la demanda potencial existente.
- A través del diagrama As-Is se pudieron detectar los pasos de demora existentes en el proceso, dentro de los cuales está la descarga y almacenaje del 50% del reactor.

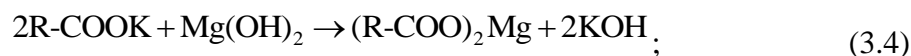
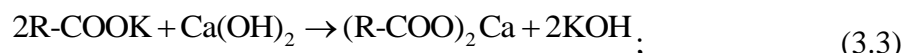
CAPÍTULO #3: PROPUESTA DE CASO BASE PARA LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE MÁSTIQUE SEMISÓLIDO CON GOMA.

3.1 Descripción de la línea de producción propuesta para la obtención del mástique semisólido con polímero goma.

El proceso comienza en el tanque dosificador (A) al cual se le adiciona cemento (1) y agua (2) para obtener el cemento hidrolizado (3). En este equipo ocurre la transformación de los óxidos de calcio y magnesio en hidróxido de calcio y magnesio.



El cemento hidrolizado obtenido (3) pasa a ser filtrado (B) y se incorpora al reactor (C) donde reacciona con los jabones de potasio presentes en el residual de policosanol (4) formando así los jabones de calcio y magnesio:



Estos jabones emulsionan con el aceite 15W40 usado (5) formando jabón insoluble (6). Durante el proceso, se suministra calor para elevar la temperatura hasta 150 °C y mantenerla durante 1 h, tiempo en el cual, se emulsiona la mezcla y se evapora el agua contenida en la misma. Las proporciones de cemento hidrolizado, residual de policosanol y aceite usadas en esta operación son 119:55:1540

El jabón insoluble se puede descargar al mezclador (D), donde se procederá a adicionarle la cantidad necesaria de asfalto oxidado (9) el cual fue fundido (E) y filtrado (F) con anterioridad, en una proporción de 1:1, se espera un tiempo de 20 min para garantizar una homogenización completa, lográndose el mástique asfáltico líquido (10). Este proceso también se realiza a una

presión de 5 atm y una temperatura de 150 ° C. A este equipo es necesario suministrarle calor para mantener la temperatura requerida y así poder lograr una mezcla homogénea.

El mástique asfáltico es bombeado hacia el sinfín mezclador de mástique (G) mediante una bomba de engrane, previamente se pone en movimiento el agitador. Realizada esta operación se procede a añadir la viruta de goma (11) correspondiente a un 25% del volumen total por la compuerta lo cual debe realizarse lentamente para garantizar una mezcla rápida y uniforme del mismo.

Cuando se alcance la uniformidad deseada, se procederá por parte de jefe de la planta o el tecnólogo a coordinar con el especialista para su control de calidad. Al confirmarse por parte del especialista que la producción realizada se encuentra dentro de los parámetros de calidad establecidos para su comercialización, se iniciará su envase en cajas de cartón.

Con esta propuesta de la línea de producción se podrá utilizar la capacidad instalada todo el tiempo, logrando de esta forma un aumento en el volumen de producción con el cual se podrá satisfacer la demanda futura.

La Figura 3.1 muestra la propuesta de la línea de producción de mástique semisólido con polímero goma.

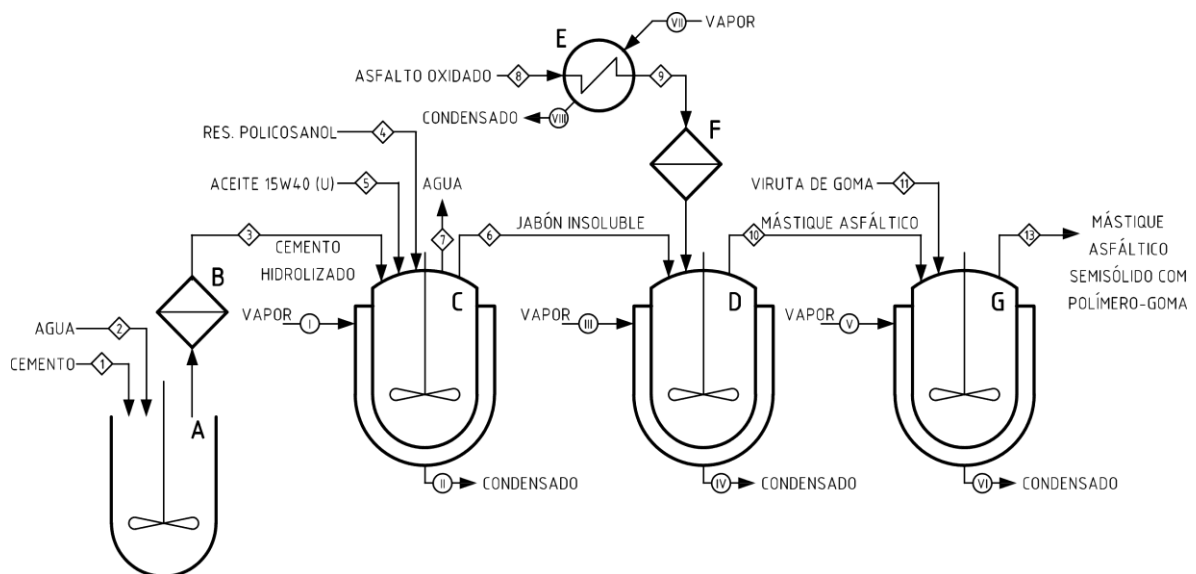


Figura 3.1 Esquema de la línea de producción de mástique asfáltico líquido con polímero goma (fuente: elaboración propia)

3.2 Características de las materias primas utilizadas en la producción de mástique semisólido con polímero goma

3.2.1 Cemento Portland 350

Los principales componentes del cemento Portland son los óxidos de calcio, silicio, aluminio, hierro (III) y magnesio. En la Tabla 3.1 se muestran las proporciones de estos óxidos en el cemento Portland 350, fabricado en Cuba.

Este cemento tiene una densidad aparente de 3,15 g/cm³.

Tabla 3.1. Principales constituyentes del cemento Portland 350

Sustancias	Composición (%)
CaO	63,49
SiO ₂	21,35
Al ₂ O ₃	4,91
Fe ₂ O ₃	4,78
MgO	0,65

3.2.2 Residual de policosanol (CNS).

La producción de Policosanol en la Agrupación de Plantas de Productos Naturales a partir de Cera de Caña de Azúcar, constituye un proceso tecnológico industrial cuyo carácter estratégico para el país, hace de sus resultados una información clasificada de la cual aparece muy poco reportado en la literatura (García, 2005).

Los residuales de la producción del Policosanol, en general, independientemente del método de separación empleado, están compuestos por sales de ácidos grasos, ésteres no saponificados,

ácidos grasos y alcoholes superiores que no constituyen el principio activo del Policosanol, además de hidrocarburos superiores (García, 2005).

En la tabla siguiente se ofrece la composición de los ácidos grasos obtenidos por hidrólisis del residual con ácido sulfúrico, ya que todos estos ácidos grasos se encuentran formando jabones de potasio en el residual.

Tabla 3.2. Ácidos grasos más importantes presentes en el residual CNS*

Ácidos Grasos	Contenido (%)	Rango de variación	Cadenas carbonadas
Ácido Palmítico	8,97	5-15	C16
Ácido Esteárico	1,77	1-3	C18
Ácido Oléico	2,75	1-5	C18 insaturado
Ácido Octacosanóico	5,46	2-8	C28
Ácido Tricontanóico	3,56	2-6	C30
Ácido Dotricontanóico	2,03	1-3	C32

3.2.3 Aceite SAE 15W40

El aceite SAE 15W40 es un aceite mineral utilizado para lubricación de motores tanto de gasolina como diesel. Las propiedades físicas de este aceite (a una temperatura de 100 °C) se muestran en la Tabla 3.3 (Totten, 2003).

Tabla 3.3. Propiedades físicas del aceite SAE 15W40 (a 100 °C)

Densidad	0,82 g/cm ³
Viscosidad	6,49 cPs
Conductividad térmica	127 W/(m·K)
Capacidad calorífica	2,1736 kJ/(kg·K)

3.2.4 Asfalto

El asfalto es un material viscoso, pegajoso y de color negro, usado como aglomerante en mezclas asfálticas para la construcción de carreteras, autovías o autopistas. También es utilizado en impermeabilizantes. Está presente en el petróleo crudo y compuesto casi por completo de bitumen.

En la Tabla 3.4 se muestran algunas de las propiedades físicas del asfalto (Speight, 2007).

Tabla 3.4. Propiedades físicas del asfalto.

Densidad	1 050 kg/m ³
Capacidad calorífica	1,926 kJ/(kg·K)

3.3 Balances de masa del proceso tecnológico de mástique semisólido con polímero goma.

El diseño de un nuevo proceso o el análisis de uno ya existente no están completos hasta que se establece que las entradas y salidas de todo el proceso, y de cada unidad por separado, satisfacen las ecuaciones del balance. La base para esto es la ley de conservación de la masa, la cual establece que la masa ni se crea ni se destruye.

Los balances de masa se realizaron tomando como base de cálculo la masa de mástique semisólido con polímero goma, m_{12} , efectuándose en una hoja de cálculo, de forma tal que pueda llevarse a cabo para diferentes valores de la producción.

3.3.1 Balance de masa en el sinfín mezclador (G).

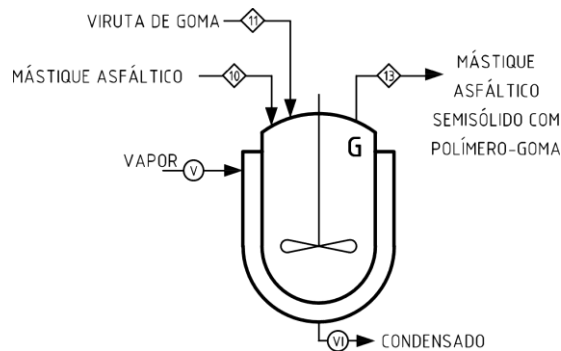


Figura 3.2 Sinfín Mezclador

El balance de masa en el mezclador (Figura 3.2) se comienza determinando la masa de viruta de goma, m_{11} , a partir de las proporciones volumétricas:

$$V_{11} = 0.25V_{\text{total}} = \frac{1}{4}(V_{10} + V_{11});$$

$$\frac{m_{11}}{\rho_{\text{goma}}} = \frac{1}{4} \left(\frac{m_{10}}{\rho_{\text{m.a}}} + \frac{m_{11}}{\rho_{\text{goma}}} \right);$$

$$m_{11} = 0.3110 m_{10}. \quad (3.5)$$

Posteriormente, la relación entre la masa de mástique asfáltico y la masa de mástique semisólido con polímero goma se obtiene como:

$$m_{12} = m_{10} + m_{11};$$

$$m_{12} = m_{10} + 0.3110 m_{10};$$

$$m_{10} = 0.7628 m_{12}. \quad (3.6)$$

3.3.2 Balance de masa en el mezclador (D).

En el balance de masa de este equipo se procederá a calcular la masa de jabón insoluble, m_6 , y de asfalto oxidado, m_9 , en función de la masa de mástique asfáltico, m_{10} .

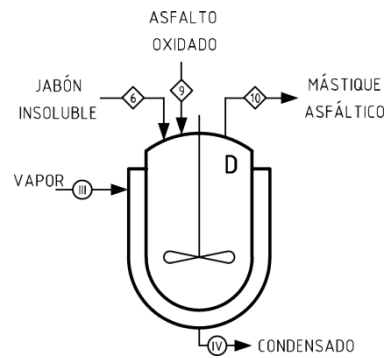


Figura 3.3. Mezclador

Como la proporción entre el jabón insoluble y el asfalto oxidado es 1:1, ambas masas son iguales:

$$m_6 = m_9; \quad (3.7)$$

Realizando un balance total en el equipo tenemos que:

$$m_{10} = m_6 + m_9;$$

$$m_6 = m_9 = 0,5 m_{10}. \quad (3.8)$$

3.3.3 Balance de masa en el tanque dosificador (A) y el reactor (C)

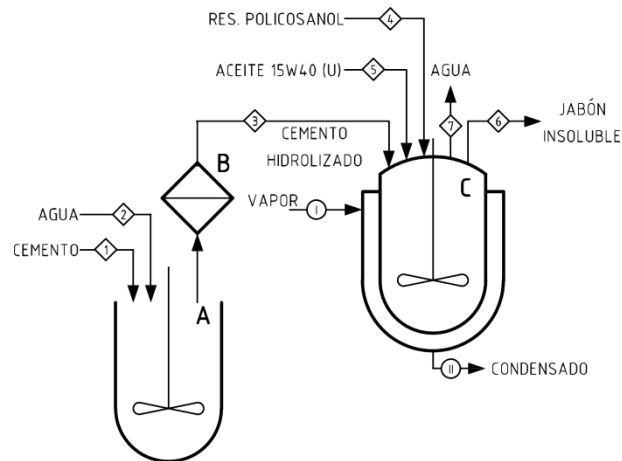


Figura 3.4 Dosificador y reactor

En el tanque dosificador, dadas las proporciones entre las masas de cemento, m_1 , y agua, m_2 , se obtiene la expresión:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{10}{109};$$

$$m_2 = 10,9 m_1;$$

resultando una masa de cemento hidrolizado, m_3 :

$$m_3 = m_1 + m_2 = m_1 + 10,9 m_1;$$

$$m_3 = 11,9 m_1. \quad (3.9)$$

Mientras que, en el reactor, considerando las proporciones dadas, se obtiene una masa de residual de policosanol, m_4 , dada por:

$$\frac{m_4}{m_1} = \frac{55}{10};$$

$$m_4 = 5,5 m_1 ; \quad (3.10)$$

Y una masa de aceite, dada por:

$$\frac{m_5}{m_1} = \frac{1540}{10} ;$$

$$m_5 = 154 m_1 . \quad (3.11)$$

Como toda el agua que entra se evapora:

$$m_7 = m_2$$

Realizando un balance total en el equipo se pueden expresar las ecuaciones anteriores en función de la masa de jabón insoluble, m_6 :

$$m_6 = m_3 + m_4 + m_5 - m_7 = m_1 + \cancel{m_2} + m_4 + m_5 - \cancel{m_2} ;$$

$$m_6 = m_1 + 5,5 m_1 + 154 m_1 = 160,5 m_1 ;$$

$$m_1 = 6,2305 \cdot 10^{-3} m_6 . \quad (3.12)$$

3.3.4 Resumen de los balances de masa

En la Tabla 3.5 se muestran los resultados del balance de masa obtenidos a partir de las ecuaciones anteriores, las cuales fueron expresadas en función de la masa de mástique semisólido con polímero goma.

Tabla 3.5 Resultados de los balances de masa.

Componente	Símbolo	Relación de masa
Cemento	m_1/m_{12}	0,002376
Agua	m_2/m_{12}	0,025900
Cemento hidrolizado	m_3/m_{12}	0,028270

Residual de policosanol	m_4/m_{12}	0,013060
Aceite	m_5/m_{12}	0,365900
Jabón insoluble	m_6/m_{12}	0,381400
Agua evaporada	m_7/m_{12}	0,025900
Asfalto oxidado semisólido	m_8/m_{12}	0,381400
Asfalto oxidado fundido	m_9/m_{12}	0,381400
Mástique asfáltico	m_{10}/m_{12}	0,762800
Viruta de goma	m_{11}/m_{12}	0,237200
Mástique semisólido con goma	m_{12}/m_{12}	1,000000

3.4 Balances de energía del proceso tecnológico

Los balances de energía incluyen la determinación de la energía térmica, suministrada en forma de vapor de agua saturado a una presión de 0,5 MPa, necesaria para los procesos que tienen lugar en reactor (III), el mezclador (IV) y el sinfín mezclador (VII), así como para fundir el asfalto oxidado.

3.4.1 Balance de energía en el reactor (III)

La energía que se provee al reactor tiene como objetivo elevar la temperatura de las sustancias hasta 150 °C y de evaporar el agua contenida en la mezcla. Como el cemento y el residual de policosanol constituyen menos del 4% de la masa total, para el cálculo sólo se tuvo en cuenta el agua y el aceite. El calor para el calentamiento es:

$$Q_{(C)}^{cal} = (m_2 C p_{agua} + m_5 C p_{aceite})(T_f - T_i);$$

$$Q_C^{cal} = (4.18 \cdot 0.02590 m_{12} + 2.1736 \cdot 0.3659 m_{12}) \cdot (150 - 25)$$

$$Q_C^{cal} = 112.948 m_{12} \text{ [kJ/kg]}. \quad (3.13)$$

El calor necesario para evaporar el agua, se determina:

$$Q_{(C)}^{evap} = \lambda m_2 ;$$

$$Q_{(C)}^{evap} = 2108.5 \cdot 0.02590 m_{12} ;$$

$$Q_{(C)}^{evap} = 54.61 m_{12}. \quad (3.14)$$

Posteriormente, para calcular las pérdidas por convección libre, se considera que el reactor tendrá forma cilíndrica, con una relación altura/diámetro de 1,5. Estas pérdidas se determinan a partir de su volumen (calculado con un margen del 20%):

$$V_{(C)} = 1.2 \left(\frac{m_2}{\rho_{agua}} + \frac{m_5}{\rho_{aceite}} \right) = 1.2 \left(\frac{0.02590 m_{12}}{1000} + \frac{0.3659 m_{12}}{820} \right);$$

$$V_{(C)}/m_{12} = 0.5665 \cdot 10^{-3} [m^3/kg]. \quad (3.15)$$

A partir del volumen se calculan las dimensiones del reactor:

$$V_{(C)} = \frac{\pi}{4} (D_{(C)})^2 H_{(C)} = \frac{\pi}{4} (D_{(C)})^2 \cdot \frac{3}{2} D_{(C)} = \frac{3\pi}{8} (D_{(C)})^3;$$

$$D_{(C)} = \sqrt[3]{\frac{8}{3\pi} V_{(C)}}; \quad (3.16a)$$

$$H_{(C)} = \sqrt[3]{\frac{9}{\pi} V_{(C)}}. \quad (3.16b)$$

Estableciendo una temperatura para la pared del equipo de 50 °C (323 K), se toman las propiedades del aire: $\nu = 18,20 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, $k = 28,00 \cdot 10^{-3} \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$; $\alpha = 25,90 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ y $Pr = 0,7038$. Con las dimensiones anteriormente calculadas, se procede a determinar los números de Rayleigh para cada una de las superficies del cilindro (Incropera, 2006):

$$Ra_{\text{tapa}} = Ra_{\text{base}} = \frac{g \beta (T_w - T_\infty) (D_C / 4)^3}{\alpha \nu} = 2,5168 \cdot 10^7 D_C^3 ;$$

$$Ra_{\text{lateral}} = \frac{g \beta (T_w - T_\infty) H_C^3}{\alpha \nu} = 5,4364 \cdot 10^9 D_C^3 ;$$

y los correspondientes números de Nusselt:

$$Nu_{\text{tapa}} = 0,15Ra_{\text{tapa}}^{1/3} = 43,96D_C;$$

$$Nu_{\text{base}} = 0,27Ra_{\text{base}}^{1/4} = 19,12D_C^{3/4};$$

$$Nu_{\text{lateral}} = \left\{ 0,825 + \frac{0,387Ra_{\text{lateral}}^{1/6}}{[1 + (0,492 / Pr)^{9/16}]^{8/27}} \right\}^2 = (0,825 + 13,59D_C^{1/2})^2$$

Con los números de Nusselt, se calculan los coeficientes de transferencia de calor:

$$h_{\text{tapa}} = \frac{Nu_{\text{tapa}}k}{D_C / 4} = 4,923;$$

$$h_{\text{base}} = \frac{Nu_{\text{base}}k}{D_C / 4} = 2,1504 / D_C^{1/4};$$

$$h_{\text{lateral}} = \frac{Nu_{\text{lateral}}k}{H_C} = 0,0187 \frac{(0,825 + 13,59D_C^{1/2})^2}{D_C};$$

y, dadas las respectivas áreas, los flujos de calor:

$$q_{\text{tapa}} = h_{\text{tapa}}A_{\text{tapa}}(T_w - T_\infty) = 96,67 D_C^2;$$

$$q_{\text{base}} = h_{\text{base}}A_{\text{base}}(T_w - T_\infty) = 42,22 D_C^{7/4};$$

$$q_{\text{lateral}} = h_{\text{lateral}}A_{\text{lateral}}(T_w - T_\infty) = 0,3672 (0,825 + 13,59D_C^{1/2})^2 D_C.$$

El calor perdido, entonces, se calcula para el tiempo de permanencia, \square :

$$Q_C^{\text{per}} = (q_{\text{tapa}} + q_{\text{base}} + q_{\text{lateral}})\tau;$$

$$Q_C^{\text{per}} = [348D_C^2 + 152D_C^{7/4} + 0,3672 (0,825 + 13,59D_C^{1/2})^2 D_C]\tau; \quad (3.17)$$

donde el calor perdido está en kJ y el diámetro en m.

Entonces, el calor total consumido por el reactor se calcula por:

$$Q_C = Q_C^{\text{cal}} + Q_C^{\text{eva}} + Q_C^{\text{per}} \quad (3.18)$$

3.4.2 Balance de energía en el mezclador (D)

El calor necesario para el calentamiento de los materiales en el mezclador se calcula como:

$$Q_D^{\text{cal}} = (m_5 C p_{\text{aceite}} + m_8 C p_{\text{asfalto}})(T_f - T_i)$$

$$Q_D^{\text{cal}} = (0.3659 m_{12} \cdot 2.174 + 0.3814 m_{12} \cdot 1.926)(150 - 100);$$

$$Q_D^{\text{cal}} = 76.50 m_{12} \text{ [kJ/kg]}. \quad (3.19)$$

El volumen se calcula como:

$$V_D = 1.2 \left(\frac{m_5}{\rho_{\text{aceite}}} + \frac{m_8}{\rho_{\text{asfalto}}} \right) = 1.2 \left(\frac{0.3659 m_{12}}{820} + \frac{0.3814 m_{12}}{1050} \right);$$

$$V_D/m_{12} = 0.809510^{-3} [\text{m}^3/\text{kg}]. \quad (3.20)$$

Asumiendo una relación 3:2 entre la altura y el diámetro del mezclador, se calculan estas dimensiones a partir de su volumen:

$$V_D = \frac{\pi}{4} D_D^2 H_D = \frac{\pi}{4} D_D^2 \cdot \frac{3}{2} D_D = \frac{3\pi}{8} D_D^3;$$

$$D_D = \sqrt[3]{\frac{8}{3\pi} V_D}; \quad (3.21a)$$

$$H_D = \sqrt[3]{\frac{9}{\pi} V_D}. \quad (3.21b)$$

Para una temperatura de pared igual a la asumida para el reactor, el calor perdido está dado por la expresión (3.17), sustituyendo el diámetro del reactor por el del mezclador:

$$Q_D^{per} = 174D_D^2 + 76D_D^{7/4} + 0,1836 (0,825 + 13,59D_D^{1/2})^2 D_D. \quad (3.22)$$

3.4.3 Balance de energía en el calentador de asfalto (E).

La energía consumida en el calentador de asfalto se calcula a partir del calor específico de este material, su masa y el incremento de temperatura:

$$Q_E = Q_E^{cal} = m_8 C_{p_{asfalto}} (T_f - T_i) = 0.3814 m_{12} \cdot 2.2(100 - 25);$$

$$Q_E = 62.931 m_{12} \text{ [kJ/kg]}. \quad (3.23)$$

3.4.4 Balance de energía en el sinfín mezclador (G).

El calor necesario para el calentamiento de los materiales en el mezclador se calcula como:

$$Q_G^{cal} = (m_{10} C_{p_{M.A}} + m_{11} C_{p_{goma}}) (T_f - T_i);$$

$$Q_G^{cal} = (0.7628 m_{12} \cdot 2.787 + 0.2372 m_{12} \cdot 2.009) (150 - 100);$$

$$Q_G^{cal} = 130.1 2 m_{12}. \quad (3.24)$$

3.4.5 Cálculo de la cantidad de vapor consumida

La cantidad de vapor necesaria para garantizar el calor requerido en los pasos anteriores, se calcula a partir de la entalpía de ebullición a la presión de trabajo (0,5 MPa)

$\lambda = 2108.5$ (Keenan, 1988)

$$Q_{(C)} + Q_{(D)} + Q_{(E)} + Q_{(G)} = \lambda m_v;$$

$$m_v = \frac{Q_{(C)} + Q_{(D)} + Q_{(E)} + Q_{(G)}}{2108.5}. \quad (3.25)$$

3.5 Análisis de los resultados de los balances de masa y energía

La producción de la línea se tomó en base a la demanda potencial estimada de 44 000 kg/año, lo que para un turno diario de producción semanal con tres templas correspondería a una carga de 349.21 kg.

Con las ecuaciones (3.5-3.14) se obtienen las masas y volúmenes mostrados en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6 Resultado de los balances de masa

Componente	Masa [kg]	Densidad [kg/m³]	Volumen [L]
Cemento	0,83	---	---
Agua	9,04	1000	9,04
Cemento hidrolizado	9,87	1000	9,87
Residual de policosanol	4,56	---	---
Aceite	127,77	820	155,82
Jabón insoluble	133,19	820	162,42
Agua evaporada	9,04	---	---
Asfalto oxidado semisólido	133,19	1050	192.22
Asfalto oxidado fundido	133,19	1050	192.22
Mástique asfáltico	266,37	1029	392.29
Polvo de goma	82,83	960	251.90
Mástique asfáltico semisólido	349,21	---	---

Los balances de energía se realizan con las expresiones mostradas en la sección 3.4. Los resultados, para el reactor, el mezclador, el calentador de asfalto y el sinfín mezclador se muestran en las Tablas 3.7 a la 3.10.

Tabla 3.7 Resultados del balance de energía en el reactor

Parámetro	Valor
Calor para calentamiento	39442,16 kJ
Calor para evaporación	19070,16 kJ
Calor de pérdida	330,76 kJ
Calor total	58843,08 kJ

Tabla 3.8 Resultados del balance de energía en el mezclador

Parámetro	Valor
Calor para calentamiento	26714.29 kJ
Calor de pérdida	415.51 kJ
Calor total	27129.80 kJ

Tabla 3.9 Resultados del balance de energía en el calentador de asfalto

Parámetro	Valor
Calor para calentamiento	21975.90 kJ
Calor total	21975.90 kJ

3.10 Resultados del balance de energía en el sinfín mezclador.

Parámetro	Valor
Calor para calentamiento	45438.73 kJ
Calor de pérdida	122.0642 kJ
Calor total	45560.79kJ

En las Tabla 3.11 se muestran el consumo de vapor requeridos para el proceso.

Tabla 3.11 Consumo de vapor.

Calor consumido	153509.57 kJ
Consumo de vapor	72.81 kg

Todos los parámetros anteriormente mostrados se determinaron usando una hoja de cálculo de Microsoft Excel, lo cual permite hallar estos valores para cualesquiera otras condiciones de producción.

3.6 Valoración económica de la producción de mástique semisólido.

Para el análisis económico se realizó una actualización de la ficha de costo del mástique semisólido, al compararla con la ficha de costo actual (anexo # 1) se comprobó una disminución en los costos lo cual hace que la propuesta del caso base sea factible económicamente.

En la tabla 3.12 se muestran los principales resultados del análisis económico productivo, los datos para el cálculo fueron tomados de la ficha de costo actualizada del producto. Ver anexo # 2

Tabla 3.12. Principales resultados del análisis económico.

Materias Primas y Materiales (\$/kg)	1,02
Otros Gastos directos (\$/kg)	0,06
Gastos de fuerza de trabajo (\$/kg)	0,30
Gastos indirectos de producción (\$/kg)	0,48
Gastos Generales y de Administración (\$/kg)	0,01
Gastos de Distribución y Venta (\$/kg)	1.98
Gastos Bancarios (\$/kg)	0,08
Volumen de producción (N) (kg/año)	44 000
Ganancia (\$/año)	18 920
Rentabilidad (Rn) (%)	10.94
Costo por peso de producido (C/p).	0.9

Al analizarse los principales indicadores de eficiencia económica de la producción, puede observarse que la ganancia es de 18 920 \$/año, que es una ganancia positiva aunque poco significativa esto se debe a que la ganancia se limita por la ficha de costo que responde a la Resolución Conjunta 1/2005 del Ministerio de Economía y Planificación y el Ministerio de

Finanzas y Precios la cual establece que se pueden tener ganancias del 20% para la moneda nacional y del 10% para la divisa, unificándose ambas monedas en un valor unitario

La rentabilidad es de un 10.94%. Para la industria química se considera aceptable la rentabilidad que se encuentre entre 20 y 35%. En este caso la rentabilidad es baja debido a que se obtiene un valor de ganancia bajo, limitada por la ficha de costo país antes citada.

Por otra parte el costo por peso producido es de 0,9 lo cual se considera un valor aceptable.

Teniendo en cuenta que todos los indicadores de eficiencia económica de la producción y de la inversión arrojan resultados aceptables, puede considerarse que la planta es económicamente factible.

Nota: Los rangos establecidos para los indicadores económicos han sido planteados por Brizuela, (1987), (Peters, 1991) y Turton, (1998).

A continuación aparece la estructura de costo, con su gráfico correspondiente, donde puede determinarse el costo que más influencia tiene en el costo total de producción.

Tabla 3.13. Estructura de costo.

	%	
Materias Primas y Materiales	25.95	1,02
Otros Gastos directos	1.53	0,06
Gastos de fuerza de trabajo	7.63	0,30
Gastos indirectos de producción	12.21	0,48
Gastos Generales y de Administración	0.25	0,01
Gastos de Distribución y Venta	50.38	1.98
Gastos Bancarios	2.04	0,08

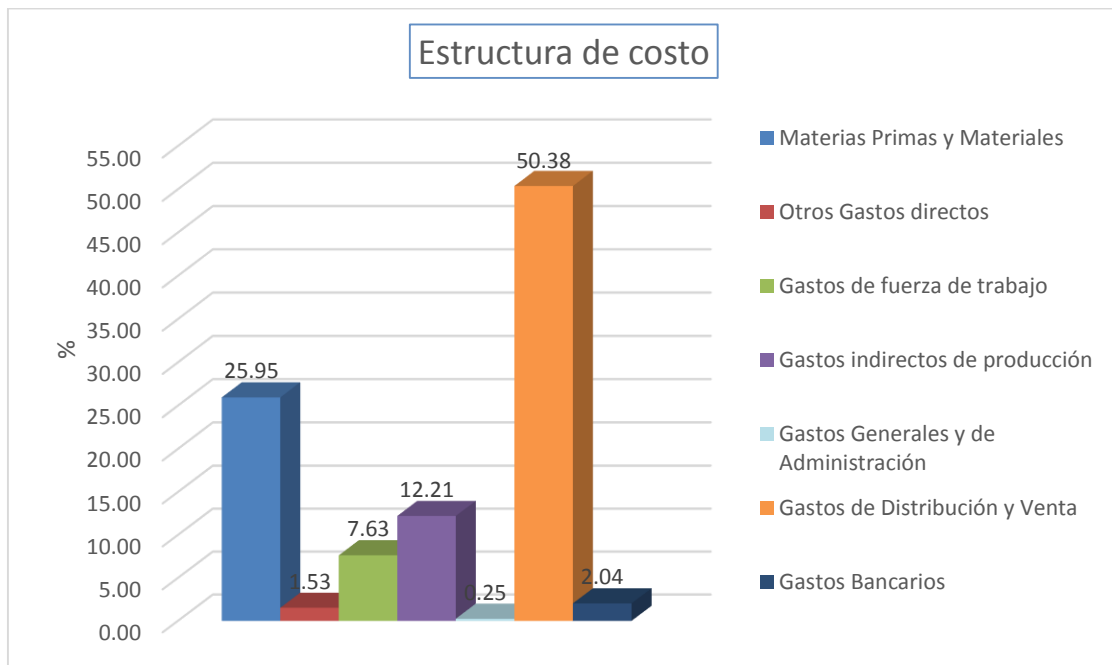


Gráfico 3.1. Estructura de costo.

Como puede observarse, los tres costos que más influencia tienen sobre el costo total de producción son:

1. Costo de distribución y ventas (50.38%)
2. Costo de materias primas y materiales (25.95%)
3. Costos indirectos de producción (12.21%)

3.7 Conclusiones parciales del capítulo.

- A través de los balances de masa se pudo determinar los flujos de cada uno de las corrientes involucradas en el proceso.
- Mediante los balances de energía se pudo estimar los consumos de energía en forma de vapor.
- A través del cálculo económico se determinó que la propuesta del caso base para la producción de mástique asfáltico semisólido con goma es económicamente factible, aunque con un valor de ganancia bajo, establecido por la ficha de costo aprobada para todo el país.

CONCLUSIONES:

1. La técnica de Análisis de Procesos As – Is ha permitido identificar como principal deficiencia del proceso actual la inexistencia de la línea de producción de mástique semisólido con goma.
2. A través de los balances de masa y energía realizados en una hoja de cálculo se pudo determinar los flujos de cada uno de las corrientes involucradas en el proceso, así como los consumos de energía en forma de vapor.
3. El análisis económico mostró que el proceso productivo propuesto como caso base es económicamente factible, aunque se requerirá un análisis económico más detallado según avance el diseño de la planta.

RECOMENDACIONES:

Con el objetivo de mejorar y ampliar los resultados de este trabajo se propone la siguiente recomendación:

1. Desarrollar el diseño detallado de los equipamientos de la línea de producción propuesta desarrollando los correspondientes análisis económicos.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA:

- Bailey, William R. (2010) Patente 20100056669: RUBBERIZED ASPHALT PELLETS. United States Patent Application.
- Cahill, P. J. (2002). Patente 200201177663: Composites for railroad ties and other products. United States Patent Application.
- Chohey N.P. (2004), Handbook of chemical engineering calculations (3rd Ed.), McGraw-Hill, Inc., New York (USA), ISBN 0-07-159313-6.
- Coe; William B. (2010). Patente No 20100168274. Asphalt – Rubber compositions and systems and methods for preparing same. United States Patent Application,
- Colvin, Howard Allen, et al, (2003) Patente No 20030203997. Modification of asphalt cement. United States Patent Application. United States Patent Application.
- Cruz Viera, Luís; Pons Hernández, Antonio. *Termodinámica Técnica para Ingenieros Químico*. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de La Habana.1987.
- Cruz Viera, Luís; Pons Hernández, Antonio. *Introducción a la Ingeniería Química*. Tomo II. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de La Habana.1990.
- Domínguez, J. y otros (1987). *Introducción a la corrosión y protección de metales*. La Habana, Editorial EMPES.
- Echeverría, C, *et al*, (2006). Informe del CEAT a la Dirección General de CUBALUB. Producción Nacional de Grasas de Conservación GRUCOMA. Una alternativa económica que sustituye importaciones.
- Echeverría, C. (1991). *La corrosión atmosférica del acero y la protección temporal de los centrales azucareros en la provincia de Matanzas*. Tesis de opción al grado científico de doctor en ciencias técnicas.

- Echeverría, C, *et al*, (2007). Grasas de conservación temporal DISTIN. Resultados y sus aplicaciones. CD de Monografía. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 978 – 959 – 16 – 0632 – 7.
- Echeverría, C. (2009). Informe del CEAT a la dirección de ciencia y técnica- MES. Importancia del financiamiento de los productos para brindar el servicio DUCAR.
- Echeverría, C, *et al*, (2011). Materiales Compuestos de Matriz Asfáltica Modificada con Polímero Goma para la Industria de Materiales.
- Echeverría, C, *et al*, (2012). Demanda y oferta tecnológica de productos y servicios anticorrosivos para la Unión Eléctrica. Experiencia del CEAT de la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”. Revista Nueva Empresa. Revista Cubana de Gestión Empresarial. Volumen 7, No 3, ISSN: 1682 – 2455. Pág.74-80.
- Espada, L. R. (2005). La corrosividad atmosférica: zonas costeras, de interior y agresivas.
- Frank P. Incropera, David P. DeWitt, Theodore L. Bergman, Adrienne S. Lavine (2006). Fundamentals of heat and mass transfer, 6th Ed. John Wiley & Sons, New York (USA), ISBN 0-471-30458-1.
- Ficha Técnica DISTIN 404.
- García, P, Luis. (2005). Residuales de la producción de policosanol. Matanzas. 120h. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Químicas. Universidad de Girona, España. Universidad de Matanzas, Cuba.
- González, Y. (1995). Obtención y evaluación de grasas de conservación sólidas en planta piloto. Aplicación en la técnica. Trabajo de diploma, Matanzas.
- Green, D. W.; Perry R.H. (2008). Perry's Chemical Engineers Handbook (8th Ed.), McGraw-Hill, New York (USA), ISBN 0-07-159313-6.
- Himmelblau, D. (1997). Principios básicos y cálculos en ingeniería química. Sexta edición.

- Keenan, J. H.; Keyes, F. G.; Hill, P. G.; Moore, J. G. (1988). Steam Tables. Thermodynamic Properties of Water Including Vapor, Liquid and Solid Phases. Edición Revolucionaria.
- Murthy, J.Y. (2002). Numerical Methods in Heat, Mass, and Momentum Transfer - Draft Notes, School of Mechanical Engineering, Purdue University, West Lafayette, IN (USA).
- Partanen, J. E. (2005). Patente 20050027046: Emulsiones con goma de neumáticos reciclados y procesos para su obtención. United States Patent Application.
- Patente Cubana 143/94: Composición de recubrimientos y procedimiento de obtención.
- Rajalingam, Ponswamy, et al, (2001). Patente No 20010051676. Bituminous polyurethane interpenetrating elastomeric network compositions as coatings and sealants for roofing and other applications. United States Patent Application.
- Reyes, F. and C. Lizarazo (2006). Caracterización dinámica de asfaltos con y sin polímeros, Grupo CECATA. Universidad Javeriana.
- Roca, X. (2005). Estudio de la aplicabilidad de materiales compuestos avanzados en la construcción de edificios industriales. Departamento de Ingeniería de la Construcción. Barcelona, Universidad Politécnica de Cataluña: 255.
- Rodríguez et al. (2006). "Desarrollo de aditivos para asfaltos modificados con bajos contenidos de hule." Publicación Técnica 160.
- Sagaró, R., L. Olivares, et al. (2004). "Evaluación y desarrollo de materiales compuestos de matriz polimérica con rellenos cubanos (Primera parte)." Tecnología Química 44(2): 24 - 36.
- Sylvester, Laurence M. (2003) Patente No 20030018106. Aqueous asphalt emulsions containing liquefied or devulcanized recycled rubber. United States Patent Application.
- Tápanes, M. (2006). Obtención y Evaluación de las grasas conservación. Tesis en opción a Ingeniero Químico.

- Tonda, M. (2006). Asfaltos modificados con polímeros. Monografía.
- Trischler, W. (1998). Mejora del valor añadido en los procesos. Ediciones Gestión 2000 S.A., Barcelona.
- Wollum, Mark H, *et al*, (2002). Patente No 20020123542. Asphalt compositions. United States Patent Application.

ANEXO #1 FICHA DE COSTO

EMPRESA: UMCC			
Organismo: MES Plan de Produc: 3000 Kg	Capac. Instalada: 6000 Kg		
Producto o Servicio: Producto.	% utiliz.Capacidad: 50		
Código Prod o Serv.: Mástique Asfáltico, 1 Kg.(Env 17 Kg) UM: \$/Kg.	Producc.Period. Anterior		
Concepto de gastos	Fila	Total Unitario	De ello: CUC
1	2	3	4
Materias Primas y Materiales	1	1.10	0.08
Materia Prima y materiales fundamentales	1.1	0.81	0.00
Combustible y Lubricantes	1.2	0.15	0.08
Energía Eléctrica	1.3	0.11	0.00
Agua	1.4	0.03	0.00
Sub total (Gastos de elaboración)	2	3.17	0.31
Otros Gastos directos	3	0.18	0.02
Depreciación	3.1	0.15	0.00
Arrendamiento de equipos	3.2	0.00	0.00
Ropa y calzado (trabajadores directos)	3.3	0.03	0.02
Gastos de fuerza de trabajo	4	0.35	0.00
Salarios	4.1	0.27	0.00
Vacaciones	4.2	0.02	0.00
Impuesto utilización de la Fuerza de trabajo.	4.3	0.01	0.00
Contribución a la seguridad social.	4.4	0.03	0.00
Estimulación en pesos convertibles	4.5	0.00	0.00
Gastos indirectos de producción	5	0.53	0.04
Depreciación	5.1	0.00	0.00
Mantenimiento y Reparación	5.2	0.07	0.04

Gastos Generales y de Administración	6	0.04	0.02
Combustible y Lubricantes	6.1	0.03	0.01
Energía Eléctrica	6.2	0.00	0.00
Depreciación	6.3	0.00	0.00
Ropa y Calzado (trabaj. Indirectos)	6.4	0.00	0.00
Alimentos	6.5	0.00	0.00
Otros	6.6	0.01	0.01
Gastos de Distribución y Venta	7	2.00	0.22
Combustible y Lubricantes	7.1	0.02	0.01
Energía Eléctrica	7.2	0.00	0.00
Depreciación	7.3	0.00	0.00
Ropa y Calzado (trabaj. Indirectos)	7.4	0.00	0.00
Otros	7.5	1.98	0.21
Gastos Bancarios	8	0.08	0.01
Gastos Totales o Costo de producción	9	4.28	0.39
Margen utilidad S/ base autorizada	10	0.48	
Precio según lo establecido por el MFP	11	4.75	
% Sobre el gasto en divisa (hasta el 20 %)	12		0.04
Componente total en pesos convertibles	13		0.43
Aprobado por	Firma:	Cargo:	Fecha:
Miguel Sarraff González		Rector.	

ANEXO #2 FICHA DE COSTO ACTUALIZADA

FICHA PARA DETERMINAR EL PRECIO Y SU COMPONENTE EN PESOS CONVERTIBLES.			
EMPRESA: UMCC	Código: DISTIN 404.		
Organismo: MES Plan de Produc: 20000 Kg	Capac. Instalada: 31500 Kg		
Producto o Servicio: Producto.	% utiliz.Capacidad : 50		
Código Prod o Serv.: Mástique Asfáltico, 1 Kg.(Env 17 Kg) UM: \$/Kg.	Producc.Period. Anterior		
Concepto de gastos	Fila	Total Unitario	De ello: CUC
1	2	3	4
Materias Primas y Materiales	1	1.01	0.08
Materia Prima y materiales fundamentales	1.1	0.81	0.00
Combustible y Lubricantes	1.2	0.15	0.08
Energía Eléctrica	1.3	0.02	0.00
Agua	1.4	0.03	0.00
Sub total (Gastos de elaboración)	2	2.85	0.23
Otros Gastos directos	3	0.03	0.00
Depreciación	3.1	0.02	0.00
Arrendamiento de equipos	3.2	0.00	0.00
Ropa y calzado (trabajadores directos)	3.3	0.00	0.00
Gastos de fuerza de trabajo	4	0.30	0.00
Salarios	4.1	0.23	0.00
Vacaciones	4.2	0.02	0.00
Impuesto utilización de la Fuerza de trabajo.	4.3	0.01	0.00
Contribución a la seguridad social.	4.4	0.03	0.00
Estimulación en pesos convertibles	4.5	0.00	0.00
Gastos indirectos de producción	5	0.47	0.00
Depreciación	5.1	0.00	0.00

Mantenimiento y Reparación	5.2	0.01	0.00
Gastos Generales y de Administración	6	0.00	0.00
Combustible y Lubricantes	6.1	0.00	0.00
Energía Eléctrica	6.2	0.00	0.00
Depreciación	6.3	0.00	0.00
Ropa y Calzado (trabaj. Indirectos)	6.4	0.00	0.00
Alimentos	6.5	0.00	0.00
Otros	6.6	0.00	0.00
Gastos de Distribución y Venta	7	1.98	0.21
Combustible y Lubricantes	7.1	0.00	0.00
Energía Eléctrica	7.2	0.00	0.00
Depreciación	7.3	0.00	0.00
Ropa y Calzado (trabaj. Indirectos)	7.4	0.00	0.00
Otros	7.5	1.98	0.21
Gastos Bancarios	8	0.08	0.01
Gastos Totales o Costo de producción	9	3.86	0.31
Margen utilidad S/ base autorizada	10	0.43	
Precio según lo establecido por el MFP	11	4.29	
% Sobre el gasto en divisa (hasta el 20 %)	12		0.03
Componente total en pesos convertibles	13		0.34