

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1 INTRODUCCIÓN

Dentro del proceso modernizador que desarrolla el gobierno del Ecuador se encuentra la reconstrucción vial del país. Como antecedente, el “Fenómeno del Niño” destruyó en 1.997 aproximadamente 3.000 Km. de vías en la costa ecuatoriana, sin que hasta la fecha se hayan podido reconstruir. Para ello el gobierno del Ecuador, mediante decreto presidencial crea CORPECUADOR, organismo encargado de desarrollar la reconstrucción vial de la costa ecuatoriana.

El mecanismo más viable que CORPECUADOR ha planteado es el de la “concesión”, mediante la cual se entrega la obra a una empresa contratista, para que reconstruya con fondos no gubernamentales a cambio de que ella administre la vía por un período determinado de años fijado en el contrato respectivo. La inversión será recuperada a través de peajes colocados a lo largo de la vía.

Si bien es cierto el proceso de construcción a través del uso de asfalto en caliente es utilizado aún en muchos países, es claro también que los procedimientos de construcción a través de la utilización de emulsiones asfálticas, asfaltos modificados y otros son los que actualmente se están utilizando en forma más generalizada y con mejores resultados. Basta con mencionar los trabajos realizados por la empresa PANAVIAL, la cual tiene una concesión de 480 km. al centro-norte del Ecuador, los cuales están siendo reconstruidos con emulsión asfáltica y el uso de un aditivo rejuvenecedor. Se está potencializando también en el país el uso de sellos asfálticos y micropavimentos, técnicas en las cuales el uso de la emulsión asfáltica es imprescindible.

Durante mucho tiempo los asfaltos obtenidos del subsuelo fueron diluidos con solventes derivados del petróleo para obtener un producto más manejable. Sin embargo, estos solventes son cada vez más difíciles de obtener y por consecuencia más caros, teniendo además el inconveniente de producir una considerable contaminación ecológica, así como riesgos en el trabajo.

Debido a lo anterior, actualmente se utiliza el agua como solvente, logrando compatibilidad con el asfalto por medio de la aplicación de técnicas de emulsificación, siendo además esta opción, una buena respuesta a la crisis mundial de energía y a la preservación del medio ambiente.

Cuando el asfalto es mecánicamente separado en partículas microscópicas y luego dispersado en agua con un agente emulsivo, se convierte en una emulsión asfáltica. Las pequeñísimas gotas de asfalto se mantienen uniformemente dispersas en la emulsión hasta el momento en que ésta es utilizada. En el estado de emulsión, las moléculas del agente emulsivo se orientan rodeando a las gotitas de asfalto. La naturaleza química del sistema emulsivo/asfalto/agua determina las características de la dispersión y la estabilidad de la suspensión. Cuando se utilizan las emulsiones en obra, el agua se evapora hacia la atmósfera, quedando el agente emulsivo retenido en el asfalto.

Las técnicas de pavimentación donde se utiliza el asfalto como agente ligante han estado en constante desarrollo con la finalidad de mejorar la calidad y el periodo de vida de los caminos, así como facilitar el trabajo del constructor.

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Aumentar la capacidad de producción de la planta de emulsiones asfálticas de CHOVA DEL ECUADOR, para cubrir la demanda existente.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Rediseñar e instalar una planta procesadora de emulsiones asfálticas para CHOVA DEL ECUADOR, con una capacidad de 16 ton./hr.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aumentar la capacidad de producción de emulsiones asfálticas de la empresa CHOVA DEL ECUADOR en base al estudio de mercado realizado.
- Calcular las cantidades de bombeo de asfalto, agua y emulsificante para la producción de 16 ton./hr. de emulsiones asfálticas.
- Realizar el montaje de cada uno de los componentes de la planta, en las instalaciones de la empresa CHOVA DEL ECUADOR, y asegurar la operabilidad de la misma.

1.4 ALCANCE DEL PROYECTO

El alcance de este proyecto es rediseñar e instalar una planta procesadora de emulsiones asfálticas para CHOVA DEL ECUADOR, la misma que tendrá una capacidad de producir 16 ton./hr.

1.5 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO

En la actualidad CHOVA DEL ECUADOR busca aumentar su producción con la construcción de una nueva planta y así poder cubrir con parte de la demanda

requerida en el País para el proceso de reconstrucción vial que está emprendiendo.

Es claro deducir que las empresas contratistas buscarán procedimientos de construcción que le garantice la máxima durabilidad a las obras y evitar gastos relacionados con mantenimiento o reconstrucción parcial de la misma.

También es importante recalcar el hecho de la calidad del asfalto entregado por la refinería de Esmeraldas no garantiza de ninguna forma el desempeño requerido para la vía, sino más bien obliga al contratista a optar por nuevos procedimientos.

CAPITULO 2

TEORIA DE EMULSIONES ASFÁLTICAS

2.1 GENERALIDADES

Una emulsión asfáltica consiste en tres componentes principales: asfalto, agua y un agente emulsificante. En algunas ocasiones, la emulsión puede contener otros aditivos, como: estabilizantes, mejoradores de recubrimiento, mejoradores de adherencia o agentes de control de rotura.

Es bien sabido que el agua y el asfalto no se mezclan, excepto en condiciones cuidadosamente controladas, utilizando equipos de alta especialización y aditivos químicos.

Mezclar agua y asfalto es una tarea similar a la del mecánico que intenta lavar, sólo con agua, sus manos engrasadas. Sólo con detergente o con un agente jabonoso la grasa puede ser exitosamente removida. Las partículas de jabón rodean a los glóbulos de grasa, rompen la tensión superficial que los mantiene unidos y permiten que sean eliminados.

Algunos de los mismos principios físicos y químicos se aplican a la formulación, producción y uso de emulsiones asfálticas. El objetivo es lograr una dispersión homogénea del cemento asfáltico en el agua, suficientemente manipulable para ser bombeada, almacenada durante tiempo prolongado y mezclada. Más aún, la emulsión deberá “romperse” rápidamente tras entrar en contacto con el agregado en un mezclador, o tras ser distribuida sobre la vía. “Rotura” es la separación del agua del asfalto. Cuando esto sucede, el residuo asfáltico conserva toda la capacidad adhesiva, la durabilidad y la resistencia al agua propias del cemento asfáltico con el cual fue elaborado.

Las emulsiones asfálticas comenzaron a utilizarse para la construcción y mantenimiento de carreteras a principios de este siglo. Al inicio, su crecimiento fue lento debido a la falta de conocimientos sobre su aplicación. Sin embargo,

actualmente el uso de las emulsiones asfálticas comprende una gran variedad de aplicaciones, desde tratamientos superficiales, mantenimiento de carreteras (bacheo), carpetas asfálticas, “slurry seal”¹ y riegos de gravillas entre otros.

Para obtener excelentes resultados en la aplicación de una emulsión asfáltica es necesario seleccionar la emulsión adecuada para cada agregado pétreo y el equipo de aplicación apropiado.

Las emulsiones asfálticas son versátiles, económicas y no contaminantes. Además de su fabricación y aplicación se obtiene un importante ahorro de energía. Pueden ser utilizadas en frío e incluso con materiales pétreos húmedos.

2.1.1 ASFALTO

El asfalto es una mezcla de hidrocarburos que incluye grupos alifáticos saturados o parafinas, grupos nafténicos o cicloparafinas, grupos compuestos de anillos aromáticos y grupos alifáticos con enlaces dobles olefínicos. Existen además numerosos componentes en el asfalto, tales como compuestos de nitrógeno, azufre, oxígeno y varios metales.

Típicamente los constituyentes del asfalto se dividen en asfaltenos (constituyentes sólidos, de alto peso molecular) y los maltenos (aceites de bajo peso molecular).

Los asfaltenos aportan la dureza al asfalto, mientras que los maltenos aportan las propiedades de ductilidad y adhesividad. Los aceites y resinas que están presentes influyen en la viscosidad o en las propiedades de flujo del asfalto. Debido a la compleja interacción de las diferentes sustancias en el asfalto es prácticamente imposible predecir con exactitud su comportamiento, especialmente en las emulsiones asfálticas.

¹ Mezcla de emulsión diluida con un agregado pétreo fino.

En esencia, el asfalto es una estructura coloidal o una emulsión donde los maltenos son la fase continua y los asfaltenos son la fase discontinua. Existen también algunos constituyentes aromáticos que se encuentran dispersos en la fase de los maltenos.

Como se mencionó anteriormente la consistencia, la fuente y la composición del asfalto son variables, lo cual afecta directamente el funcionamiento del asfalto como interfase con el agregado.

En las emulsiones asfálticas, un factor muy importante es la calidad del asfalto utilizado ya que comprende más del 60 % del producto final. El asfalto y el emulsificante deben visualizarse como un sistema que en conjunto funciona como agente ligante. Ya que el asfalto debe enlazarse con el agregado, es también un punto crítico la selección apropiada del agregado.

Las mezclas bituminosas usadas para la construcción de caminos están constituidas básicamente por un sistema de dos fases: la emulsión asfáltica (agente ligante) y el agregado pétreo. En este sistema, la función principal del asfalto es la de formar un enlace adhesivo con el agregado, lo cual se logra mediante una interacción mecánica o química.

Una interacción mecánica es el enlace de dos componentes a través de una interfase o superficie. Este tipo de acción es importante cuando una de las sustancias es porosa y la otra puede penetrar los poros y solidificarse. Un segundo tipo de interacción mecánica depende de la resistencia a la fricción debida a la presión ejercida de un componente alrededor del otro.

Un enlace químico en la interfase se desarrolla al humedecer una superficie sólida con un líquido (el asfalto puede considerarse como un líquido). Una vez que se obtiene el contacto molecular las dos fases pueden interactuar a través de fuerzas intermoleculares. La fuerza de la interacción depende del tipo de enlace químico formado. El enlace químico se puede clasificar en un enlace primario o un enlace secundario. Un enlace primario puede ser iónico, covalente o metálico.

El enlace iónico se forma debido a interacciones electrostáticas entre átomos altamente electronegativos y electropositivos. Un elemento electronegativo dona electrones a los átomos electropositivos formando iones que son responsables del enlace electrostático.

El enlace covalente se obtiene cuando un electrón es compartido por dos átomos. La capa electrónica de los átomos pierde su identidad y forma un orbital molecular alrededor de los núcleos de los átomos que están interactuando. Un enlace metálico es similar al enlace covalente en donde los electrones son compartidos por los núcleos de varios átomos.

La calidad o durabilidad del enlace dependerá de las propiedades del asfalto, del agregado y de las condiciones bajo las cuales se forma el enlace.

2.1.2 AGUA

El segundo componente en una emulsión asfáltica es el agua. Su contribución a las propiedades deseadas en el producto final no puede ser minimizada. El agua puede contener minerales u otros elementos que afectan la producción de emulsiones asfálticas estables, consecuentemente, el agua potable no es adecuada para producción de emulsión asfáltica.

El agua encontrada en la naturaleza puede ser inadecuada debido a impurezas, sea en solución o en suspensión coloidal. Preocupa particularmente la presencia de iones de calcio y de magnesio en la misma. Estos iones favorecen la formación de una emulsión catiónica estable. De hecho, frecuentemente se adiciona cloruro de calcio a las emulsiones catiónicas, con el objeto de aumentar la estabilidad durante el almacenamiento. Estos mismos iones, sin embargo, pueden ser perjudiciales para emulsiones aniónicas. Y esto se debe a que las sales de calcio y de magnesio, insolubles en agua, se forman en la reacción con sales de sodio y potasio solubles en agua, normalmente utilizadas como emulsificantes. De igual forma, aniones de carbonatos y bicarbonatos pueden facilitar, gracias a su efecto “amortiguador”, la estabilización de emulsiones, pero pueden desestabilizar emulsiones catiónicas

al reaccionar con emulsificantes compuestos de hidroclouros de aminas solubles en agua.

Aguas que contienen impurezas no deben utilizarse en la elaboración de emulsiones. Dichas aguas pueden ser perjudiciales para las emulsiones catiónicas. Comúnmente, tales partículas están cargadas negativamente, y absorben rápidamente los agentes emulsificantes, desestabilizando la emulsión. El uso de aguas impuras puede resultar en un desequilibrio en los componentes de la emulsión, lo que puede afectar en forma adversa la performance o causar una rotura prematura.

2.1.3 EMULSIFICANTES

Las propiedades de una emulsión asfáltica dependen en gran medida del emulsificante que se utilice. Un emulsificante es un agente tensoactivo que modifica la tensión superficial en la interfase entre las partículas de asfalto y de agua, por lo que mantiene los glóbulos de asfalto estables en suspensión y controla el tiempo de rompimiento.

Un producto químico que sea utilizado como emulsificante debe tener en su estructura química dos zonas perfectamente definidas, una parte hidrófoba o apolar (repelente al agua) y una parte hidrófila o polar (afín al agua). Este comportamiento permite obtener una dispersión estable del asfalto en el agua, obteniendo así la emulsión deseada.

La parte polar de la molécula del emulsificante asfáltico presenta cargas libres muy positivas o muy negativas, por lo que los emulsificantes deberán encontrarse en forma de sales para obtener su funcionamiento como tales.

La mayoría de los emulsificantes catiónicos son principalmente aminas grasas, además de amidoaminas e imidazolinas. Las aminas son principalmente convertidas en sales mediante la reacción con ácido clorhídrico. Las sales cuaternarias de amonio son utilizadas normalmente como aditivos. Son sales

solubles en agua, que no requieren la adición de ácido, presentan estabilidad y son efectivas.

De acuerdo a lo anterior, se puede afirmar que la emulsión asfáltica es una dispersión de una fase orgánica o aceitosa líquida (asfalto) en otra fase líquida (agua) en forma de pequeños glóbulos (Figura 2.1)

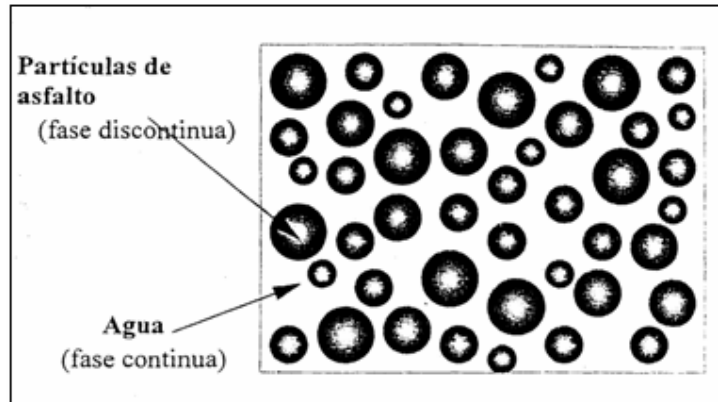


Figura 2.1 Emulsión asfáltica

Esta dispersión se obtiene por medios mecánicos (molino coloidal) y por medios fisicoquímicos que consisten en la adición de agentes emulsificantes.

La presencia del agente emulsificante facilita la dispersión inicial del asfalto en el agua, logrando una mezcla homogénea y evitando que las partículas formadas se separen. Si una vez que se ha formado esta mezcla el asfalto se separa del agua, se dice que la emulsión se ha roto y debe ser reprocesada.

Existen muchos factores que pueden afectar la estabilidad de las emulsiones; sin embargo, en la práctica la rotura de la emulsión ocurre al contacto de ésta con las superficies minerales de los agregados pétreos y/o a la evaporación del agua presente en la emulsión (Fig. 2.2)

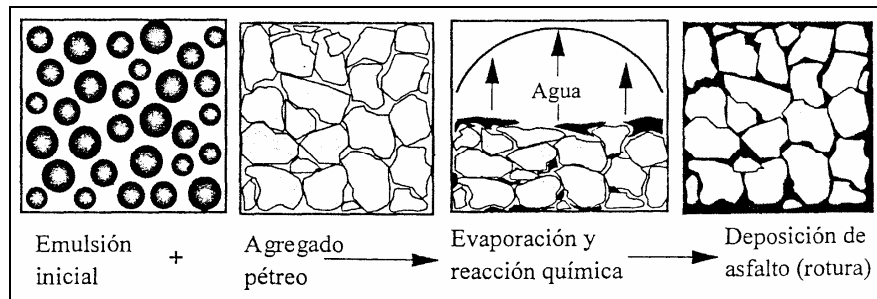


Figura 2.2 Rompimiento de una emulsión asfáltica

Una vez rota la emulsión, el asfalto queda firmemente adherido al material pétreo debido a la acción del agente emulsificante ya que éste forma un puente químico entre ambas superficies.

El rompimiento de una emulsión es el proceso de deposición del asfalto en la superficie del material de construcción.

Debido a que todos los materiales presentan características superficiales distintas, se requiere de una emulsión diferente en cada caso.

2.1.4 AGREGADOS PÉTREOS

Los materiales pétreos se combinan con las emulsiones asfálticas para preparar mezclas con diversas aplicaciones. Como los agregados constituyen normalmente el 90% en peso o más de estas mezclas, sus propiedades tienen gran influencia sobre las del producto terminado.

Los agregados pétreos más empleados son piedra y escoria partida, gravas, arenas y filler².

En la construcción de pavimentos asfálticos el control de las propiedades de los pétreos es tan importante como el control del asfalto.

² Agregado pétreo comúnmente utilizado en el proceso de fabricación de emulsiones asfálticas, cuyo principal constituyente es polvo mineral.

2.1.5 EMULSIÓN ASFÁLTICA

Como se ha mencionado anteriormente, una emulsión asfáltica químicamente está compuesta por emulsificante, asfalto y agua.

El agua es el segundo mayor componente en la formulación de una emulsión, por lo que debe tomarse en cuenta la calidad del agua que se utiliza, ya que puede tener un gran impacto en el funcionamiento de la emulsión. Además, el agua, en general, afecta directamente la relación entre el asfalto y el agregado.

Las reacciones químicas que ocurren entre la superficie del agregado y las emulsiones determinan las propiedades de adhesión, cohesión, estabilidad, compatibilidad, asentamiento, curado, etc. de la mezcla. Anteriormente se consideraba a los agregados calizos como electropositivos y a los silicosos como electronegativos. Esto puede ser cierto siempre y cuando el agregado esté perfectamente seco. Cuando están húmedos ambos agregados tienen carga negativa.

Los materiales calizos o de naturaleza básica, que son fragmentos de roca con alto contenido de carbonato de calcio, al ser humedecidos presentan una ionización en su superficie, generando cargas electrostáticas del tipo negativo y compuestos básicos (Figura 2.3)

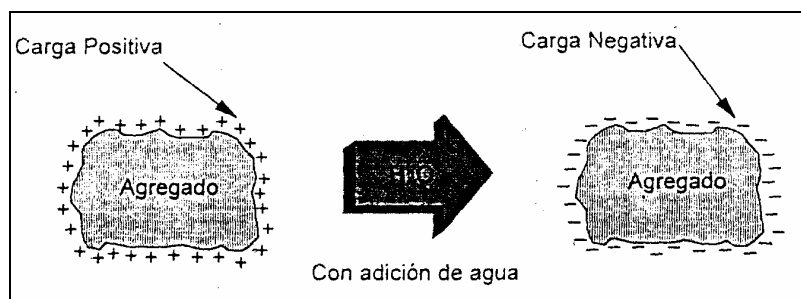


Figura 2.3 Agregados pétreos calizos o de naturaleza básica

Por otra parte, los materiales ácidos o silicosos, que son fragmentos de roca ácida con alto contenido de sílice, al ser humedecidos producen una ionización en la superficie del material, formando iones de carga negativa (Figura 2.4)

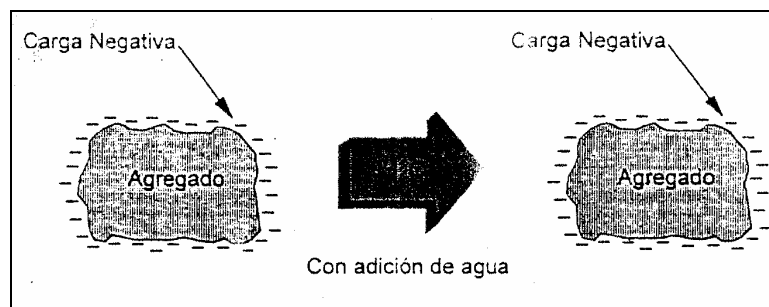


Figura 2.4 Agregados pétreos ácidos o silicosos

2.2 CARACTERÍSTICAS Y CLASIFICACIÓN DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS

De acuerdo con su naturaleza iónica, las emulsiones asfálticas se clasifican en iónicas (catiónicas y aniónicas) y no iónica.

Las emulsiones aniónicas se obtienen empleando emulsificantes del tipo aniónico, tales como las sales sódicas o potásicas de ácidos grasos o resínicos, mismas que actúan como jabones ($\text{RCOO} \cdot \text{Na}$) ionizándose en el agua en Na^+ y en RCOO^- .

Los aniones RCOO^- se absorben en los glóbulos de asfalto confiriéndole a dichas partículas polaridad negativa, mientras que los cationes Na^+ son absorbidos por el agua. Este tipo de emulsiones tienen un carácter básico debido a que se trabajan con valores de PH mayores a 7 (normalmente entre 11 y 12).

Por su parte, las emulsiones catiónicas se obtienen empleando emulsificantes del tipo catiónico, siendo comúnmente sales de compuestos orgánicos electropositivos como sales de amonio cuaternario, clorhidratos de diaminas y poliamidas grasas, amidoaminas e imidazolininas derivadas normalmente del sebo animal o del "tall oil"³.

³ Compuesto que contiene principalmente ácidos resinosos y ácidos grasos.

Las clorhidras de diamina ($R_1NHR_2NH_2 \cdot 2HCl$) se ionizan en el agua en cationes $R_1NH_2RR_2NH_3^+$ y en aniones $2Cl^-$. Estos últimos son absorbidos por el agua, mientras que los cationes son absorbidos por los glóbulos de asfalto confiriéndoles una polaridad positiva (Figura 2.5)

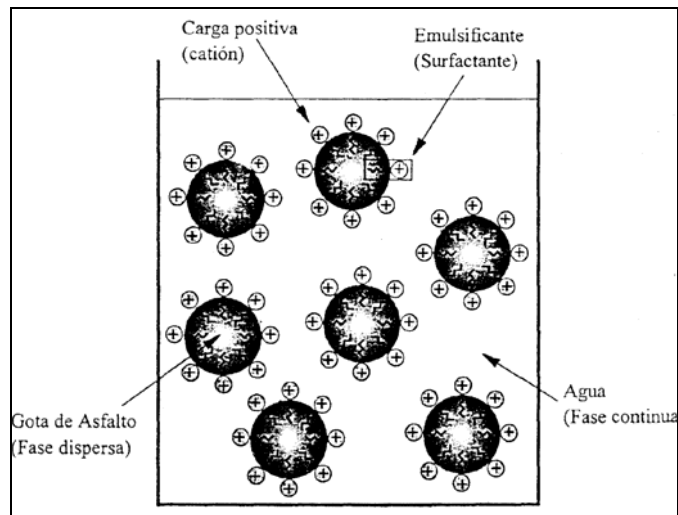


Figura 2.5 Emulsión Catiónica

Las emulsiones catiónicas presentan un carácter ácido ya que se trabajan con valores de PH menores a 7 (normalmente entre 1.5 y 4.0).

Las emulsiones se clasifican también dependiendo de la velocidad de separación del asfalto respecto al agua y su posterior deposición al material pétreo. Los términos de rompimiento rápido, medio, lento y rompimiento estable se utilizan para simplificar y estandarizar esta clasificación. (Tabla 2.1)

Se ha comprobado que en las emulsiones de rompimiento medio y lento fabricadas con más de 0.6% de emulsificante tipo poliamida se presenta un asentamiento más marcado. Este fenómeno es reversible y se soluciona recirculando la emulsión cada tercer día en caso de tener que ser almacenada por algún periodo de tiempo. Otra opción para evitar el asentamiento consiste en modificar la viscosidad de la fase dispersante mediante la adición de polímeros.

Tabla 2.1 Clasificación de las emulsiones según la separación del asfalto respecto al agua.

Tipo de Rompimiento	Características	Tiempo de Descarga (min.)	Kg. De emulsificante por Ton. De emulsión	% de Cemento Asfáltico	PH de la Solución Jabonosa	Aplicación
RAPIDO	Gran carga efectiva	De 0 a 10	2,0 - 3,5	63 - 65	2,0 - 3,5	Riego de gravilla y de liga
	Poca sedimentación					
	Gran adhesividad					
MEDIO	Carga efectiva	De 15 a 25	4,0 - 7,0	60 - 62	1,8 - 2,5	Mezclas asfálticas
	Poca sedimentación					
	Buena adhesividad					
LENTO	Poca carga efectiva	De 30 a 60	8,0 - 10,0	60 - 52	1,8 - 2,5	Mezclas asfálticas
	Buena adhesividad					
	Sedimentación alta					
ESTABLE	Asentamiento considerable	De 60 a 24 horas	10,0 - 18,0	60 - 62	1,8 - 2,5	Mezclas asfálticas
						Slurry Seal
						Microsuperficies

Fuente: Manual de Emulsiones Asfálticas – QUIMKAO Cia. Ltda.

Es también recomendable recircular las emulsiones de rompimiento estable cada tercer día, ya que presentan un asentamiento considerable.

Además de la selección del agente emulsificante, otro factor importante que influye en la calidad final de la emulsión asfáltica es el trabajo efectuado por el molino coloidal. Este tipo de equipos están compuestos por un rotor y un estator cuya separación es regulable, determinándose de esta manera la abertura de dicho molino.



Figura 2.6 Detalle del rotor-estator del molino coloidal.

La abertura del molino determina el tamaño de los glóbulos (granulometría de la emulsión) y esto incide directamente en la estabilidad de la emulsión.

2.3 VENTAJAS DEL USO DE EMULSIONES ASFALTICAS SOBRE LOS REBAJADOS ASFALTICOS Y MEZCLAS EN CALIENTE

1. La presencia del agua y el emulsificante en la emulsión asfáltica favorece el mezclado del cemento asfáltico con los materiales pétreos, obteniéndose mejor cubrimiento de éstos.
2. Las adhesividades pasiva y activa que se obtienen mediante el uso de una emulsión asfáltica son superiores a las obtenidas con rebajados asfálticos. La presencia del emulsificante asegura una unión química asfalto-agregado con lo que se obtiene mejor cubrimiento y adherencia.
3. Se obtiene un ahorro energético al evitarse totalmente el calentamiento de solventes ya que en la emulsión lo que se pierde es agua.
4. Se evita contaminación ambiental al no efectuarse la evaporación de los solventes mencionados.
5. La emulsión asfáltica es el método más práctico para el transporte, almacenamiento y aplicación del asfalto en forma líquida.
6. El empleo de las emulsiones puede llevarse a cabo controlando el factor atmosférico, mientras que el trabajo con rebajados exige la presencia de un clima favorable.
7. En la actualidad prácticamente todos los trabajos de construcción, reparación y mantenimiento de carreteras puede efectuarse con el uso de las emulsiones, con excepción de la fabricación de concreto asfáltico.

2.4 FABRICACIÓN DE EMULSIONES EN PLANTA

2.4.1 EQUIPO DE EMULSIFICACIÓN

El equipo básico para preparar emulsiones incluye un dispositivo mecánico de alta velocidad con tensiones de corte elevadas (usualmente un molino coloidal), para dividir el asfalto en micropartículas.

Un diagrama esquemático de una típica planta de elaboración de emulsiones asfálticas se muestra en la figura 2.7. También se necesitan un tanque para la solución de emulsificante, un tanque para el asfalto caliente, bombas, y medidores de caudal.

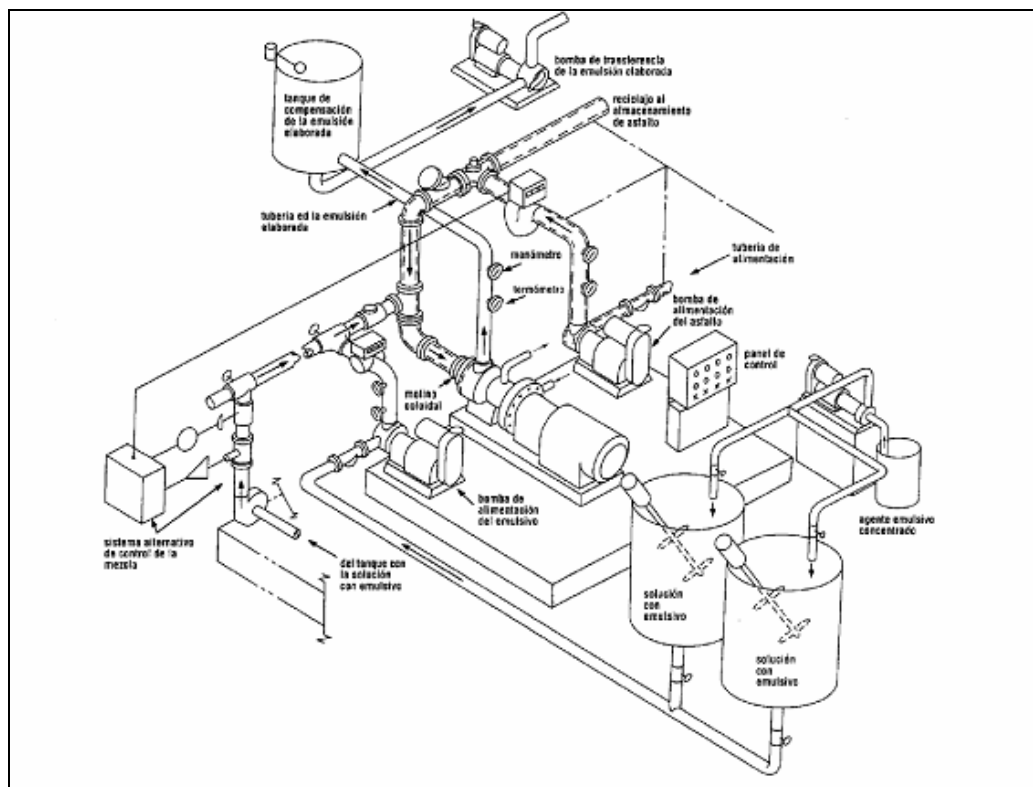


Figura 2.7 Diagrama de una planta de elaboración de emulsión asfáltica

El molino coloidal posee un rotor de alta velocidad (17-100 Hz ó 1000-6000 RPM) con gálibos de paso en el orden de 0.25 a 0.50 mm. (0.01 — 0.02 pulgadas).

Típicamente, las gotitas de las emulsiones asfálticas tienen tamaños inferiores al diámetro de un cabello humano, esto es, alrededor de 0.0002 a 0.0004 pulgadas. Comúnmente se emplean analizadores de tamaños de partículas para caracterizar la calidad de la emulsión. El tamaño de las gotitas de asfalto depende de la energía mecánica unitaria aplicada por el molino.

Para regular las cantidades de asfalto y de solución jabonosa que ingresan en el molino coloidal se utilizan varias bombas. Debido a que la solución jabonosa puede ser altamente corrosiva, puede ser necesario emplear equipos contruidos con materiales resistentes a la corrosión, tales como plástico o metales recubiertos con anticorrosivos.

Tanque de solución jabonosa: Se utiliza para mezclar el emulsificante y el agua para obtener una solución diluida de emulsificante.

Tanques de almacenamiento: Se requieren tanques para almacenar el asfalto, el emulsificante y la emulsión final. Para la emulsión final se recomiendan cuatro tanques para los diferentes tipos de emulsión.

Para fabricar la emulsión asfáltica se bombea el asfalto de su tanque de almacenamiento al molino coloidal. En el molino coloidal se combinan el asfalto y el emulsificante previamente diluido y con un PH ajustado para formar la emulsión asfáltica, la cual se bombea al tanque de almacenamiento adecuado.

La temperatura de entrada del asfalto y de la solución jabonosa al molino coloidal es un factor muy importante para obtener buena calidad en la emulsión fabricada, ya que estas variables son indispensables para controlar el contenido de asfalto y la temperatura final de la emulsión.

La temperatura a la salida del molino coloidal no debe exceder 85°C para evitar la ebullición del agua, ya que la pérdida por evaporación implica una mayor concentración de asfalto en la emulsión.

Entre menos refinado sea el asfalto con el que se trabaje, mayor deberá ser la temperatura de entrada al molino para lograr su emulsificación.

La solución jabonosa normalmente se alimenta a una temperatura de 45 °C, y se prepara mezclando el agua, el ácido y el emulsificante hasta lograr la dispersión de éste último, efectuándose un ajuste final de PH. Sin embargo, en algunos casos dependiendo de las características del producto es necesario adicionar el emulsificante al principio del proceso constituyente de la solución.

Para controlar el contenido de asfalto en la preparación de una emulsión, se utilizan tablas que se basan en la temperatura de la solución jabonosa y del asfalto. (Ver Anexo A).

2.4.2 PROCESO DE EMULSIFICACIÓN

Durante el proceso de emulsificación, se alimenta el molino coloidal con asfalto caliente, el cual es dividido en pequeñas partículas. Al mismo tiempo, ingresa en el molino coloidal el agua conteniendo el agente emulsificante.

El asfalto que ingresa en el molino coloidal se calienta para alcanzar una baja viscosidad; la temperatura del agua se ajusta para optimizar el proceso de emulsificación. Estas temperaturas varían, dependiendo de las características de emulsificación del cemento asfáltico y de la compatibilidad entre el asfalto y el agente emulsificante. Debido a que la temperatura de la emulsión al abandonar el molino debe ser inferior al punto de ebullición del agua, el asfalto no se lleva a temperaturas extremadamente altas, a menos que se emplee un enfriador. Luego, la emulsión es usualmente bombeada a tanques de almacenamiento a granel. Estos tanques pueden estar equipados con agitadores mecánicos para mantener la uniformidad de la emulsión.

El método de incorporación del emulsificante al agua varía de acuerdo con el procedimiento empleado por el fabricante. Para ser solubles en agua, algunos emulsificantes, como las aminas, deben mezclarse y reaccionar con un ácido; otros, como los ácidos grasos, deben mezclarse y reaccionar con un alcalino.

La mezcla del emulsificante se hace comúnmente en un tanque de mezclado por agitadores o también se lo puede hacer con una toma directa en la línea de agua, mediante una bomba dosificadora. El emulsificante es incorporado al agua caliente que contiene sustancias ácidas o alcalinas y es agitado hasta su completa disolución.

Las proporciones de asfalto y de solución emulsificante deben medirse con exactitud. Esto se hace normalmente con medidores de caudal pero también pueden controlarse las proporciones verificando la temperatura de cada fase y la descarga del molino.

Por otra parte, el tamaño de las partículas de asfalto es un factor vital en la elaboración de una emulsión estable⁴. Una fotografía a nivel microscópico de una típica emulsión (Figura 2.8) pone en evidencia estos promedios de tamaños de partículas:

Menor de 0,001 mm (1 μ m)	28%
0,001 – 0,005 (1 – 5 μ m)	57%
0,005 – 0,010 (5 – 10 μ m)	15%

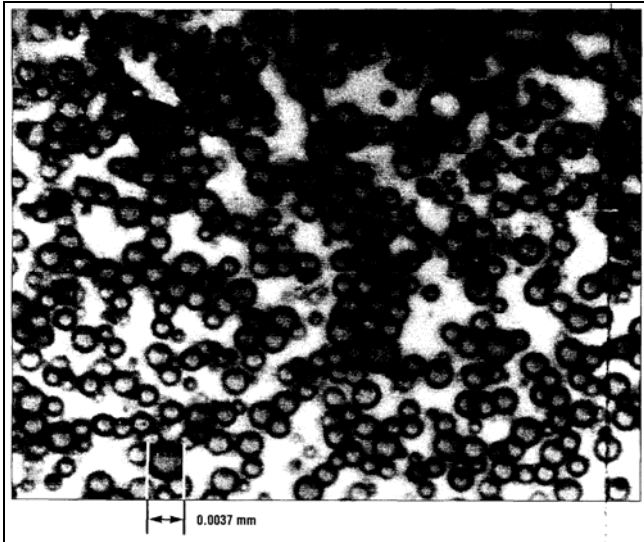


Figura 2.8 Tamaños relativos de las partículas de asfalto en una emulsión

⁴ La estabilidad de la emulsión se refiere a la mezcla de asfalto y solución jabonosa, en cantidades adecuadas.

Estas partículas de asfalto de tamaño microscópico se dispersan en el agua en presencia del emulsificante tenso-activo (surfactante).

El surfactante produce un cambio en la tensión superficial en el área de contacto entre las partículas de asfalto y el agua, permitiendo así que el asfalto permanezca en suspensión.

Las partículas de asfalto, todas con similares cargas eléctricas, se repelen entre sí, lo que ayuda a mantenerlas suspendidas.

En las tablas 2.2, 2.3 y 2.4 se menciona el equipo necesario que debe contener una planta para la fabricación de emulsiones asfálticas, así como posibles contaminantes y circunstancias que deben evitarse para la obtención de una buena emulsión.

Tabla 2.2 Equipo necesario para una planta de emulsiones.

	Tanque de Asfalto	Tanque de Solución Jabonosa	Tanque de Emulsión	Tanque de Emulsificante	Molino Coloidal
Acciones necesarias	Calentamiento	Calentamiento	Calentamiento	Calentamiento	Enfriamiento
	Agitación	Agitación	Agitación	Agitación	
	Recirculación	Recirculación	Aislamiento	Aislamiento	Control de velocidad
	Aislamiento	Revestimiento	Enfriamiento	Recirculación	

Fuente: Manual de Emulsiones Asfálticas – QUIMKAO Cia. Ltda..

Tabla 2.3 Cuidados dentro de la producción de emulsiones.

CIRCUNSTANCIAS QUE DEBEN EVITARSE EN LA FABRICACION DE UNA EMULSION ASFALTICA	
Viscosidad baja	Sedimentación alta
<ul style="list-style-type: none"> - Insuficiente cantidad de emulsificante - PH inadecuado o inestable - Emulsificante no completamente disuelto o ionizado - Presión insuficiente - Asfalto insuficiente o contaminado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura de descarga en la emulsión muy alta - Temperatura de la solución jabonosa o del asfalto incorrecta - Molienda excesiva o insuficiente - Contaminación por partículas extrañas - Calentamiento localizado - Formación de nata y espuma - Contaminación

Fuente: Manual de Emulsiones Asfálticas – QUIMKAO Cia. Ltda.

Tabla 2.4 Causas de contaminación de una emulsión.

POSIBLES CAUSAS DE CONTAMINACION		
Solventes	Solución Jabonosa	Emulsión
- Solventes	- Contaminación del emulsificante - Aniónica/Catiónica - Base/Ácido - Agua (Dureza, sales, aditivos)	- Aniónica/catiónica - Diferentes viscosidades - Presencia de nata - Rompimiento prematuro de la emulsión

Fuente: Manual de Emulsiones Asfálticas – QUIMKAO Cia. Ltda..

2.4.3 CALIBRACIÓN DEL MOLINO COLOIDAL.

Para la calibración del molino, se utiliza el método de regulación de la temperatura a partir de los componentes constitutivos de la emulsión. Con las temperaturas del asfalto y de la solución se calcula la temperatura deseada de salida de la emulsión y así se controla el porcentaje de contenido de asfalto residual en el producto terminado.

2.4.3.1 Balance de energías en el molino coloidal.

Para la deducción de la fórmula para la calibración del molino, se hace un balance de energías en la unidad central de emulsión (molino coloidal), para lo que se detalla primero el diagrama de cuerpo libre:

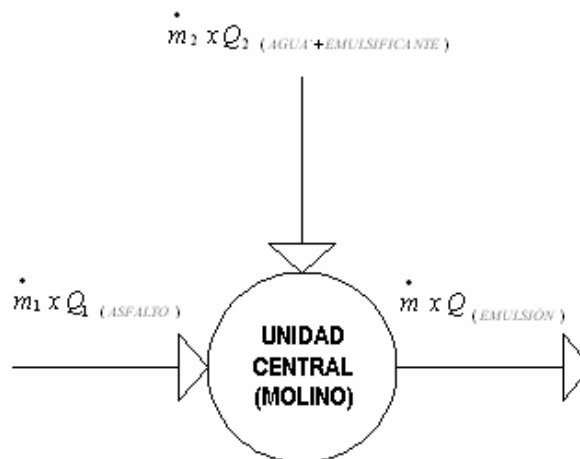


Figura 2.9 Diagrama de cuerpo libre de la unidad central de emulsión

A continuación el balance energético:

$$Q_{ingresa} = Q_{sale}$$

$$Q = \dot{m} \cdot Cp \cdot \Delta T$$

Realizando el balance nos queda que:

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$\dot{m} \cdot Cp \cdot \Delta T = Cp_1 \cdot \dot{m}_1 \cdot \Delta T_1 + Cp_2 \cdot \dot{m}_2 \cdot \Delta T_2$$

$$Cp \cdot \dot{m} \cdot (T - T_{ambiente}) = Cp_1 \cdot \dot{m}_1 \cdot (T_1 - T_{ambiente}) + Cp_2 \cdot \dot{m}_2 \cdot (T_2 - T_{ambiente}) \quad (2.1)$$

Donde:

T = Temperatura de la emulsión asfáltica.

\dot{m} = Flujo másico de emulsión asfáltica

Cp = Calor específico de la emulsión asfáltica (0.70 Cal/gr. °C)

\dot{m}_1 = Flujo másico de asfalto.

Cp₁ = Calor específico del asfalto (0.45 Cal/gr. °C)

T₁ = Temperatura del asfalto.

\dot{m}_2 = Flujo másico de solución jabonosa.

Cp₂ = Calor específico de la solución jabonosa (1.00 Cal/gr. °C)

T₂ = Temperatura de la solución jabonosa.

Se desarrolla la ecuación 2.1, y tenemos:

$$Cp \cdot \dot{m} \cdot T - Cp \cdot \dot{m} \cdot T_{ambiente} = Cp_1 \cdot \dot{m}_1 \cdot T_1 - Cp_1 \cdot \dot{m}_1 \cdot T_{ambiente} + Cp_2 \cdot \dot{m}_2 \cdot T_2 - Cp_2 \cdot \dot{m}_2 \cdot T_{ambiente}$$

Despejamos la temperatura de la emulsión a la salida del molino:

$$T = \frac{T_{ambiente} \left(Cp \cdot \dot{m} - Cp_2 \cdot \dot{m}_2 - Cp_1 \cdot \dot{m}_1 \right) + Cp_1 \cdot \dot{m}_1 \cdot T_1 + Cp_2 \cdot \dot{m}_2 \cdot T_2}{Cp \cdot \dot{m}} \quad (2.2)$$

Con el dato de la temperatura de emulsión podemos poner el molino a punto para iniciar la producción.

La unidad central de emulsión viene ya con tablas de calibración del fabricante, las cuales tiene como datos de entrada la temperatura del asfalto y la temperatura de la solución jabonosa (Ver Anexo A).

Escogemos la tabla según el porcentaje de asfalto residual que se desee tenga la emulsión, y entramos a la misma con el valor de la temperatura del asfalto. En el eje positivo “y” cruzamos este dato con la curva de la temperatura de solución jabonosa y posteriormente determinamos el valor que debe tener la emulsión asfáltica a la salida del molino. Estas temperaturas serán controladas por el operario, de tal manera que se tenga el tipo de emulsión deseada.

2.5 TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

2.5.1 FORMACIÓN DE ESPUMA

Los emulsificantes utilizados originan formación de espuma en las emulsiones debido a su propia naturaleza, por lo que se recomienda no agitarlas violentamente ni verterlas en cascada. El transporte de las emulsiones debe efectuarse en pipas equipadas con rompeolas y el llenado de la pipa debe hacerse prolongando la tubería con una manguera flexible hasta unos 10 o 20 cm. del fondo. En caso de ser necesario recircular la emulsión, se recomienda utilizar bombas herméticas, con objeto de que no aspiren aire.

2.5.2 NATAS Y SEDIMENTOS

Durante el almacenamiento de la emulsión se forman natas en la superficie de la misma que protegen al resto de la emulsión. Es recomendable almacenar la emulsión en depósitos cilíndricos de eje vertical alimentados desde el fondo, con la intención de reducir el área superficial de dichas natas. Por otra parte, se forman sedimentos con el tiempo aumentando la viscosidad de la emulsión en la zona inferior del depósito, originándose decantación. Mientras no se

produzca el rompimiento de la emulsión, este fenómeno puede hacerse reversible mediante la recirculación de la misma.

2.5.3 MEZCLAS INCOMPATIBLES

Deben evitarse las mezclas de emulsiones del tipo aniónico y catiónico ya que son incompatibles entre sí y coagularán por reacción electroquímica. Emulsiones catiónicas de diferentes tipos tampoco deben mezclarse, excepto en proporciones adecuadas y bajo ciertas condiciones.

2.5.4 TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO

Las emulsiones conservan sus propiedades a temperaturas comprendidas entre 10 y 80 °C. Por debajo de los 5 °C pueden congelarse y romper su estructura interna, provocando un daño irreparable en la misma.

Por su parte, el calentamiento de la emulsión por encima de los 80 °C genera un aumento en la energía cinética de las moléculas y la evaporación del agua, disminuyendo la estabilidad de dicha emulsión.

CAPITULO 3

ESTUDIO DEL PROCESO PARA LA FABRICACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS

3.1 SECCIONES DE LA PLANTA

La planta de emulsiones asfálticas tiene áreas o secciones claramente identificadas, las cuales se componen de elementos importantes para transporte, almacenamiento y control de las sustancias que intervienen en el proceso.

La planta también consta de áreas y elementos para el control del proceso y garantizar su correcto funcionamiento. A continuación se detallan las distintas áreas de la nueva planta de emulsiones asfálticas de CHOVA DEL ECUADOR.

- Área de Manejo de Asfalto.
- Área de Manejo de Solución Jabonosa.
- Área de Producción.
- Área de Control.
- Área de Producto Terminado.

Cada una de estas secciones, tienen elementos importantes e imprescindibles, los cuales se detallarán a continuación.

3.1.1 ÁREA DE MANEJO DE ASFALTO

En esta sección se consideraron todos aquellos elementos que intervienen en el almacenamiento y transporte del asfalto al proceso de producción de los distintos tipos de emulsiones asfálticas.

3.1.1.1 Línea de Asfalto

La línea de asfalto está completamente equipada para la dosificación interna del mismo e incluye: un filtro de entrada con extra malla de colado y un medidor de caudal volumétrico con indicador mecánico y transmisor de pulsaciones eléctricas para indicar el flujo de asfalto al molino en el panel de control del proceso. Tendidos de tubería galvanizada con calibradores, transmisores de temperatura e indicadores de presión. Todo el equipo es calentado mediante aceite térmico. La tubería de asfalto esta cubierta por cañuelas, las cuales tienen en su interior una lana aislante, de tal manera que se eviten las pérdidas de temperatura producidas por convección con el medio ambiente. El diámetro instalado con el que se maneja el asfalto actualmente es de 2", pero en la nueva planta se utilizará tubería de 3" de diámetro debido al aumento en la capacidad de producción. Esta tubería también constará de recubrimiento aislante para evitar pérdidas del calor del aceite térmico.



Figura 3.1 Línea de asfalto aislada

3.1.1.2 Bomba tanquero-tanques de almacenamiento de asfalto.

Esta bomba tiene la función de transportar el asfalto desde el tanquero que llega con el hidrocarburo hasta los tanques en los cuales se almacenará el mismo.

Es necesario que esta bomba tenga ingresos de aceite térmico, de tal manera que el mismo mantenga a una temperatura adecuada a la bomba y permita que el asfalto adquiera una viscosidad lo suficientemente baja y pueda ser bombeado a los tanques de almacenamiento.

Esta bomba en uno de sus extremos debe tener un acople que permita conectar la manguera del tanquero, siendo esta conexión lo suficientemente hermética, de tal manera que no exista derrame de asfalto.



Figura 3.2 Bomba de descarga de asfalto.

3.1.1.3 Tanques de almacenamiento de asfalto.

La planta de emulsiones asfálticas de CHOVA DEL ECUADOR cuenta con dos tanques de almacenamiento de asfalto de 7.000 galones de capacidad cada uno, en los cuales se mantiene acondicionado al asfalto mediante el calentamiento que produce el aceite térmico el cual circula por serpentines ubicados en el interior de los tanques.

Adicionalmente, estos tanques cuentan con agitadores, los mismos que mantienen en permanente movimiento al asfalto, para evitar la formación de natas y homogenizar la temperatura del material en el tanque.



Figura 3.3 Tanque de almacenamiento de asfalto

3.1.1.4 Bomba tanques de almacenamiento de asfalto-tanque de premezcla

Esta bomba tiene la importante función de enviar el asfalto al tanque de premezclado en donde se le añade aceite plastificante, el cual actúa como aditivo brindándole mejores características.

En la actual planta de emulsiones, la bomba de asfalto es la que más trabajo efectúa. Debido a la extensión de la tubería de asfalto, el trabajo de la bomba aumenta ya que es mayor la distancia que debe vencer. Hay que considerar también que existen pérdidas de calor en el aceite térmico, lo que puede ocasionar que el asfalto cambie su consistencia (gane viscosidad) y como consecuencia se produzca un sobre esfuerzo en la bomba.

Por todo lo antes mencionado, la línea de transporte del asfalto es la crítica para el rediseño de la planta de emulsiones asfálticas, y es por eso que para la nueva planta se consideró una tubería de asfalto que lo transportará de los tanques de almacenamiento directo al molino coloidal. En esta misma línea se adecuará una toma de aceite plastificante provista de una bomba dosificadora de caudal. Este aceite plastificante se introducirá en el proceso de manera directa.



Figura 3.4 Bomba de Asfalto

3.1.1.5 Tanque de premezcla

La planta actual esta provista de un tanque de premezcla. En este tanque de 850 galones se produce la mezcla del asfalto y aceite plastificante. Para lograr la mezcla se dispone de un agitador, el cual es movido mediante un motor eléctrico hasta que alcance las propiedades aptas para entrar al proceso. Como se mencionó en el punto 3.1.1.4, en la nueva planta de emulsiones el aditivo será introducido directamente a la línea de asfalto en cantidades adecuadas, por lo que este tanque de premezcla se suprimirá.



Figura 3.5 Tanque de premezcla

3.1.1.6 Tanque de almacenamiento de aceite plastificante

Este tanque de 450 galones es de acero inoxidable está provisto de una válvula de compuerta a su salida, la misma que controla el paso del aceite plastificante a la bomba.

El tanque de aceite plastificante tiene una tapa apoyada en la base superior, la cual no necesita ningún tipo de sello hermético, puesto que no se trata de un recipiente a presión. El aceite que viene en tanques de plástico, debe ser vertido en el tanque de almacenamiento, por lo que el espacio alrededor del mismo y la altura del extremo de ingreso de aceite deben ser lo suficientemente cómodos y seguros para que el operador pueda completar este proceso con seguridad.

En la nueva disposición de la planta de producción de emulsiones, a la salida de este tanque se colocará una bomba para la dosificación del aditivo en la línea de asfalto.



Figura 3.6 Tanque de Aceite Plastificante

3.1.1.7 Bomba dosificadora de aceite plastificante

Esta bomba será la encargada de introducir el aceite plastificante, desde el tanque que lo almacena hasta la línea de asfalto. En la actual planta se utiliza un bomba de engranes para transportar el aditivo hasta el tanque de premezcla. La bomba de dosificación reemplazará a la bomba de engranes en la nueva planta de emulsiones asfálticas.

Hay que tener claro que el principal motivo por el que se implementó el bombeo directo del aceite a la línea de asfalto es por la pérdida de tiempo que esto ocasionaba en la producción, puesto que este aceite se debía homogenizar con el asfalto en el tanque de premezcla y esto tomaba tiempo; mientras que, con la inyección directa a la tubería de asfalto, todo este proceso se realiza dentro del molino coloidal sin tener que esperar el tiempo que se tomaba la premezcla.

3.1.2 ÁREA DE MANEJO DE SOLUCIÓN JABONOSA

En esta sección se consideraron todos aquellos elementos que intervienen en el almacenamiento y transporte, tanto de las sustancias constituyentes de la solución (agua, ácido y emulsificante), así como de la misma solución jabonosa

3.1.2.1 Línea de solución jabonosa

Esta línea de transporte de solución está instalada con tubería de PVC, puesto que este polímero, al ser resistente a la corrosión del tipo de ácido que se maneja (ácido clorhídrico), garantiza una alta durabilidad en su uso.

Actualmente toda la línea de solución se encuentra instalada con una tubería de diámetro 1". Para la nueva planta de emulsiones asfálticas, se consideró una tubería para la línea de solución jabonosa de 2", esto debido al aumento de la capacidad de producción.

3.1.2.2 Tanque de almacenamiento de agua.

En este tanque de 6800 galones, ubicado fuera de las instalaciones se almacena agua para abastecer a las dos secciones de la planta (Laminación y Emulsiones) mediante una bomba.



Figura 3.7 Tanque de almacenamiento de agua

3.1.2.3 Tanque de almacenamiento de ácido clorhídrico

Actualmente el ácido se mantiene en recipientes provenientes de fábrica (100 galones) ya que se lo vierte manualmente en los tanques de solución jabonosa. Este proceso a más de ser peligroso para el personal que lo realiza, resta tiempo en el proceso de fabricación, por lo que en la nueva planta de producción de emulsiones se dispondrá de un tanque de acero inoxidable cerca de los tanques de almacenamiento de solución jabonosa, en el cual se almacenará el ácido y desde el cual se bombeará esta sustancia a los antes mencionados tanques de almacenamiento de la solución jabonosa.

3.1.2.4 Tanques de almacenamiento de solución jabonosa

Son dos tanques de 1000 galones cada uno, a los cuales primero se los llena de agua y posteriormente se añade ácido clorhídrico y emulsificante. Para mezclar estos elementos se dispone de agitadores dentro de estos tanques de almacenamiento operados por motores eléctricos. Una vez que se homogeniza esta mezcla se forma la llamada solución jabonosa, la cual está lista para ingresar a la unidad central (molino coloidal).



Figura 3.8 Tanques de solución jabonosa

3.1.3 SECCIÓN DE PRODUCCIÓN

En esta sección se consideraron todos aquellos elementos que intervienen en el proceso de fabricación de emulsión asfáltica.

3.1.3.1 Bomba de alimentación de solución jabonosa

Esta bomba es la encargada de llevar la solución jabonosa almacenada en los tanques al molino coloidal, de tal manera que sea ahí donde se homogenice con el asfalto y se produzca la emulsión.

Deberá tener características específicas como son la resistencia a agentes químicos y la capacidad de trabajar con un variador de velocidad para regular el caudal que se necesita que ingrese a la unidad central (molino coloidal).

3.1.3.2 Bomba de alimentación de asfalto

Es la encargada de transportar el asfalto desde los tanques de almacenamiento a la unidad central de emulsión para que, en conjunto con la solución jabonosa, se produzca la emulsión asfáltica.

Esta bomba también debe contar con parámetros específicos como son por ejemplo la resistencia a las altas temperaturas y la capacidad de trabajar con un variador de velocidad para regular el caudal que se necesita que ingrese a la unidad central (molino coloidal).

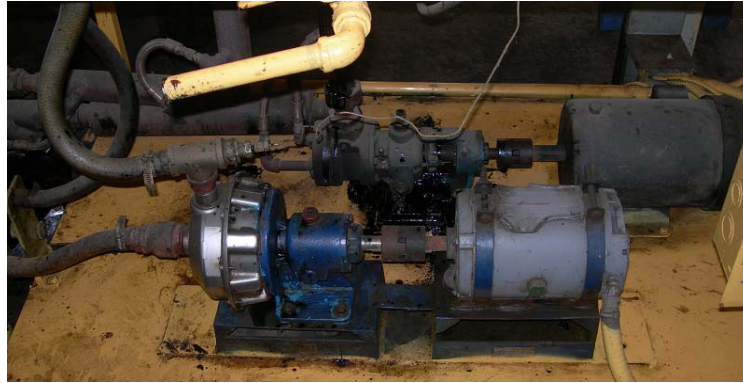


Figura 3.9 Bombas de asfalto y solución jabonosa

3.1.3.3 Unidad central de emulsión o molino coloidal

El molino coloidal o también conocido como la unidad central de emulsión, tiene la principal función de homogenizar las partículas de asfalto mezcladas con solución jabonosa, al punto de formar unas partículas muy pequeñas, del orden del micrón, distribuyéndolas de manera uniforme. Subdivide la partícula de asfalto, dispersándola en un medio acuoso, formando así la emulsión.

El espacio de aire entre el rotor y el estator puede ser ajustado por la parte de atrás de la flecha del molino, sin abrirlo o desarmarlo. Este espacio de aire ajustable garantiza mejores resultados en la producción de diferentes tipos de emulsión y esto asegura una apropiada distribución y tamaño de las partículas de asfalto en la emulsión. El molino tiene un sistema de sellado de doble salto para la flecha. La caja de relleno para los sellos de salto es refrigerada mediante agua para extender la vida útil de los sellos. Los rodamientos de bolas para el eje y para el rotor funcionan en un baño de aceite.

El diseño del molino en donde el asfalto y el agua ingresan al mismo por su parte posterior, permite un buen acceso para el mantenimiento y limpieza. Es posible abrir el molino sin desarmar las tuberías de entrada.

Un motor eléctrico de 30 KW opera el molino mediante un sistema de banda. El hogar del molino es calentado mediante pines eléctricos de calentamiento de temperatura controlada. El molino está montado en un marco de acero galvanizado.



Figura 3.10 Unidad de molino coloidal – motor eléctrico

3.1.4 SECCIÓN DE CONTROL

Esta sección contempla todos aquellos elementos que participan en el control de la producción. En este caso un panel de mando o tablero de control desde el cual se manejan todos los elementos que intervienen en el proceso de producción de emulsiones.

3.1.4.1 Panel de control

Tiene dos mandos principales:

1. Válvula de tres vías de asfalto, la cual permite realizar la recirculación del asfalto hasta el momento deseado en que debe ingresar al proceso de producción.

2. Válvula de tres vías de solución jabonosa, la cual permitirá realizar la recirculación de Solución hasta el momento indicado de entrar al proceso de fabricación de Emulsión.

La producción de emulsión en esta planta semiautomática es controlada desde el sistema de control de proceso, el cual consta de un sistema lógico manual.

Gracias a este, toda esta planta de emulsiones puede ser operada por una sola persona. Un panel de control con un breaker principal para la planta, fusibles, contactos, relays, etc. Son necesarios para este equipo, controles digitales con indicadores completos, alarma alta y baja, selección entre automático y manual para el ajuste de la salida y el control de todos los flujos.

Se cuenta además con un amperímetro con indicadores para:

- Motor de entrada de asfalto.
- Motor del molino.

Adicionalmente se tiene un panel de switches para el control manual, que contenga un botón de encendido/apagado (con iluminación para indicar el estado), para todos los motores.

3.1.4.2 Tanque de inspección

Es un tanque abierto de 320 galones del cual se toman muestras de la emulsión producida para su posterior análisis en los laboratorios de control de calidad.

CHOVA DEL ECUADOR tiene certificación de calidad ISO 9001, por lo que este tanque de inspección es indispensable también en la nueva planta de producción de emulsiones.

3.1.5 SECCIÓN DE PRODUCTO TERMINADO

En esta sección se considero todos aquellos elementos que intervienen en el proceso de traslado del producto terminado hasta el almacenamiento de la emulsión asfáltica.

3.1.5.1 Tanques de almacenamiento de producto terminado

La planta existente dispone de tres tanques de almacenamiento de producto terminado: 5300, 5700 y 7000 galones, en los cuales se distribuye de acuerdo al tipo de emulsión que se produzca.

Hay que recalcar que uno de ellos no es apropiado para este tipo de almacenamiento puesto que su sección es cuadrada y originalmente no fue diseñado para este tipo de uso, por lo que será necesario la fabricación de un tanque adecuado a esta necesidad.



Figura 3.11 Tanques de almacenamiento de producto terminado

3.1.5.2 Bomba de producto terminado

Esta bomba se encarga de enviar el producto terminado desde el tanque de inspección hacia los tanques de almacenamiento de emulsión asfáltica

(tanques de producto terminado). La nueva planta dispone de tres tanques de almacenamiento de producto terminado, los cuales se van llenando conforme se produce la emulsión.

La emulsión se direcciona a cada uno de los tanques mediante un juego de válvulas, dispuestas en la línea de producto terminado.



Figura 3.12 Bomba de alimentación de producto terminado hacia tanques de almacenamiento

3.1.5.3 Bomba de despacho

Es la bomba que se encarga de despachar el producto terminado hacia los tanqueros que trasladan la emulsión al cliente. Esta bomba es accionada desde el panel de control ubicado en el área de producción y tiene dos conexiones para acoplarse a los tanqueros: una mediante una manguera de 3" de diámetro y otra mediante un brazo articulado de descarga fabricado con tubería de 2 ½".



Figura 3.13 Bomba de despacho de producto terminado

CAPITULO 4

INSTALACIONES DE TUBERÍA

4.1 CONSIDERACIONES

Para la nueva instalación de tubería se ha considerado básicamente el trazado de instalaciones existentes para así buscar el mejor trayecto sin que este influya o interfiera el sistema actual de producción.

El elemento principal de la planta es la unidad de emulsión (molino coloidal). Todas las demás secciones deberán localizarse alrededor de este núcleo, tomando en cuenta algunas consideraciones:

- El tramo de tubería debe ser lo más corto posible para evitar pérdidas de calor del aceite térmico.
- El tablero de mando debe estar en una posición, que permita observar al operario todo el proceso de producción.
- Los tanques de solución deben estar dispuestos de manera que haya espacio suficiente alrededor de ellos para que haya acceso a mantenimiento e inspección visual.
- Los tanques de ácido y emulsificante se rediseñaron de tal manera que cumplan con los lineamientos de seguridad industrial y manejo de sustancias químicas.
- El ácido y el agente emulsificante serán bombeados a los tanques de solución.
- La ubicación de tubería y bombas no deben afectar al flujo de personal por los senderos correctamente marcados.

4.2 LÍNEAS DE RECIRCULACIÓN

En el proceso de fabricación de emulsiones asfálticas es necesario una recirculación en todas las entradas a la unidad central (Molino), debido a que se requiere una mezcla uniforme que garantice un correcto funcionamiento de cada una de las bombas en el instante que empiece la mezcla y esta pueda tener las óptimas características o ya sea que se requiera hacer una parada temporal.

La recirculación se la utiliza en el arranque o en una parada fortuita y consiste en una tubería que regresa al mismo punto de partida del componente que requiera del proceso. De esta manera se restringe su entrada al proceso de producción hasta el momento deseado.

4.3 LÍNEA DE ASFALTO

Para la línea de asfalto, en la distribución de la tubería dentro de la nueva planta de emulsiones se deben tomar en cuenta los siguientes puntos:

- El transporte del asfalto por la tubería debe ser de forma tan directa como sea posible, de tal manera que se eviten pérdidas de presión y de calor.
- Los sistemas de transporte del producto, no deben interferir con la seguridad y movimiento conveniente del personal y equipo.
- Se deben minimizar las operaciones manuales.

Esta línea comienza en los tanques de almacenamiento de asfalto y termina en la entrada al molino a diferencia del proceso inicial en donde era necesario primero almacenarlo en el tanque de premezcla donde se lo mezclaba con aditivo, previo al ingreso de la unidad central.

Por tanto la línea de asfalto, antes del ingreso al molino deberá incluir una toma para la inyección del aceite plastificante mediante una bomba dosificadora.

La bomba principal en esta línea tiene la función de enviar el asfalto al molino coloidal, de tal manera que el asfalto ingrese al molino con el caudal necesario para mezclarse con la solución jabonosa en la proporción determinada.

Estas bombas suelen ser de desplazamiento positivo (disminución del volumen en la cámara de bombeo, de tal manera que se produce un aumento de presión).

Además la bomba de asfalto debe tener un ingreso de aceite térmico para mantener una temperatura adecuada (120 y 150 °C) de tal manera que permita que el asfalto adquiera una viscosidad lo suficientemente baja para poder ser bombeado al molino coloidal.

La velocidad de la bomba de asfalto es controlada mediante un convertidor de frecuencia acoplado al variador de velocidad. Este controlador está integrado en el panel de control y se lo calibra de acuerdo al tipo de emulsión que se va a procesar.

4.3.1 LÍNEA DE DOSIFICACIÓN

Esta línea será implementada para evitar tener un tanque de premezcla y de esta manera se dosificará directamente a la línea de Asfalto mediante una bomba que realice esta acción en las cantidades necesarias para que el asfalto adquiera las propiedades adecuadas para ingresar al proceso.

La bomba dosificadora así como el tanque de almacenamiento de aceite, se encontrarán lo más cerca posible de la unidad central (Molino) para garantizar una correcta dosificación.

Esta bomba debe tener un rango de dosificación variable, el mismo que abarque las necesidades de caudal que requiere el ingreso del aceite a la línea de asfalto.

El ingreso del aceite plastificante a la línea de asfalto se debe dar en proporciones específicas de acuerdo a la emulsión que se vaya a producir, por lo que se controla el caudal de la bomba dosificadora desde un mando incluido en el panel de control.

4.4 LÍNEA DE SOLUCIÓN JABONOSA

4.4.1 LÍNEA DE AGUA

Uno de los componentes que conforman la solución jabonosa es el agua, la cual en este proceso parte de un tanque de almacenamiento cuya capacidad es de 25 m³, que abastece tanto a la línea de laminación como a la de emulsión mediante una bomba de 60 gal./min.

Esta línea va desde el tanque de agua al tanque de solución jabonosa y su diámetro es de 1 ½", ya instalada desde el comienzo. En su trayecto, la mencionada línea tendrá que pasar por un intercambiador de calor, el cual calentará el agua a una temperatura de 70 °C y la enviará a los tanques de solución en donde no será necesario el calentamiento con aceite térmico o resistencias. De esta manera se ahorrará energía utilizando el calor de los gases de escape de la chimenea del caldero horizontal, el cual calienta el aceite térmico para las diferentes líneas de la planta.

Esta línea será suficiente para abastecer a la nueva planta ya que al no ser una producción continua, conforme se consume, se le va llenando periódicamente.

La bomba que abastece los tanques de solución se mantendrá para el nuevo proceso por las razones mencionadas.

4.4.2 LÍNEA DE ÁCIDO

Esta línea debe conducir al ácido clorhídrico desde los tanques que lo contienen (de fábrica) a los tanques de Solución Jabonosa de 1000 galones, en donde se mezcla con el agua y el emulsificante para posteriormente entrar al molino.

En este proceso, se va a tomar en cuenta como factor primordial la seguridad del personal ya que al manejar un ácido se corre riesgos de ocasionar accidentes, situación que no era considerada en el proceso de producción inicial.

Para alimentar a los tanques de solución se utilizará una bomba y se eliminará cualquier acción manual dentro de este proceso. De esta forma ayudará, protegerá y ahorrará tiempo al operario en su ejecución.

4.5 LÍNEA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA

Esta línea tendrá que atravesar la distancia necesaria hasta llegar a los tanques de almacenamiento de producto terminado en donde se lo guardará hasta despacharlo.

Además esta línea tendrá un bypass, que la dirija directamente a los tanqueros para cuando se requiera despachar directamente al cliente mediante válvulas que regulen el flujo de acuerdo a las necesidades propuestas.

4.5.1 LÍNEA DE DESPACHO DE PRODUCTO TERMINADO

La línea de despacho de producto terminado no variará por cuanto se mantendrá el mismo sistema mediante el brazo de tubería acorde a la altura de los tanqueros.

4.6 DISPOSICIÓN DE TUBERÍAS

La disposición de la tubería en la nueva planta de emulsiones asfálticas de la empresa CHOVA DEL ECUADOR, será modificada casi en su totalidad puesto que el área de producción será reubicada.

Además se debe tomar en cuenta que la capacidad productiva de la planta aumentará, por lo que el requerimiento dimensional de la tubería lo hará igual manera.

Con las todas las consideraciones y requerimientos anteriormente planteados y analizados, la nueva planta de emulsiones quedaría dispuesta de la siguiente manera:

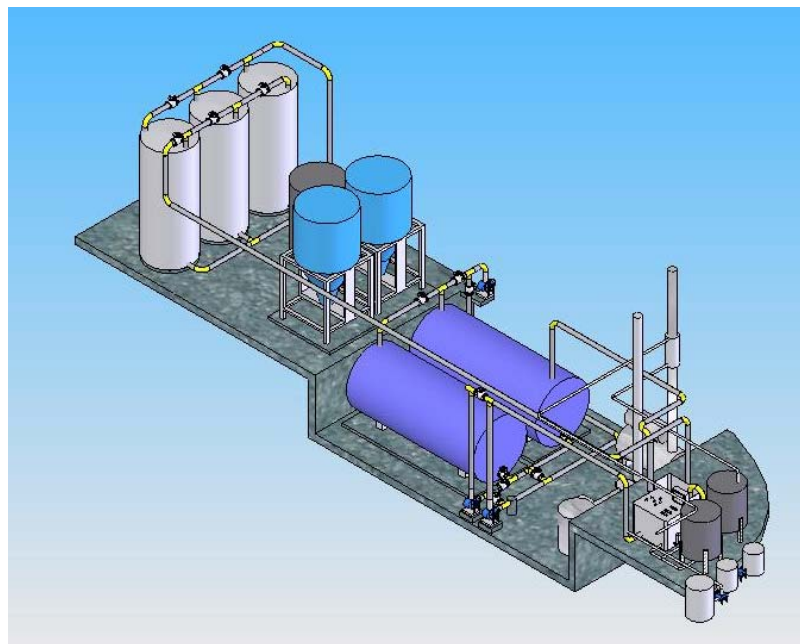


Figura 4.1 Vista total isométrica de planta de emulsiones

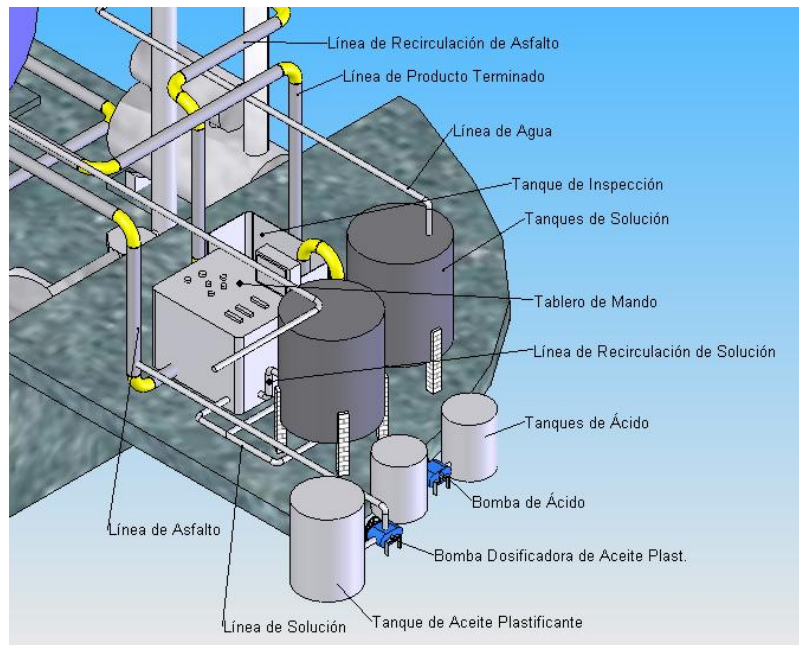


Figura 4.2 Área de emulsiones asfálticas

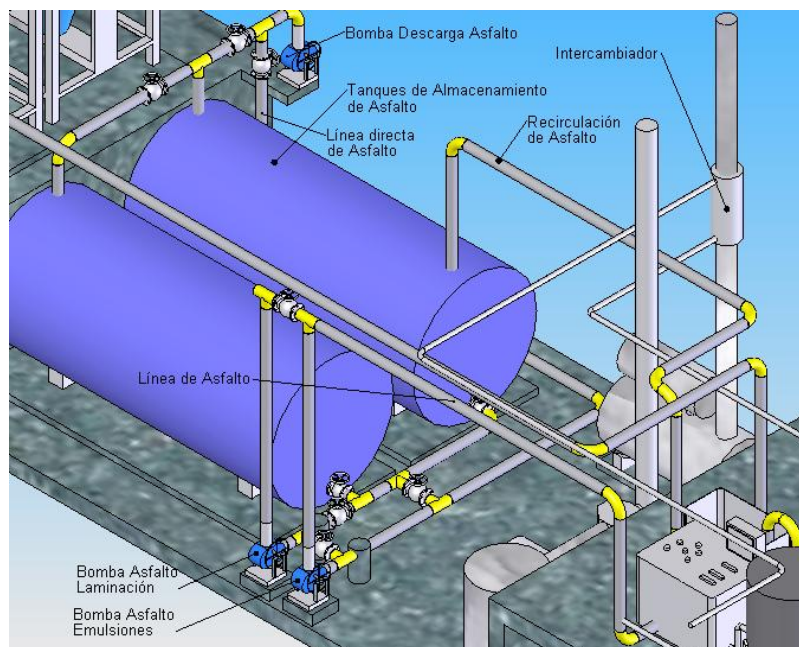


Figura 4.3 Área de almacenamiento de asfalto

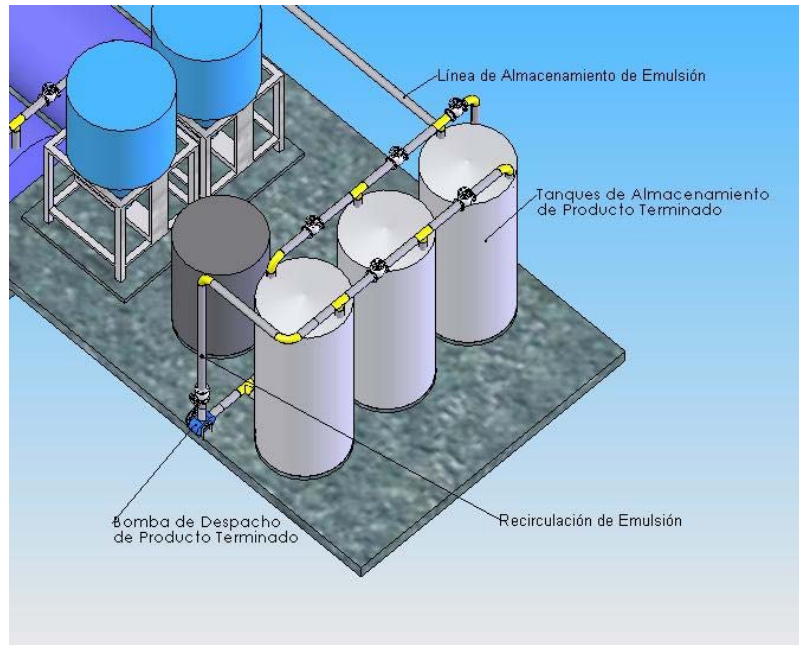


Figura 4.4 Área de almacenamiento de producto terminado

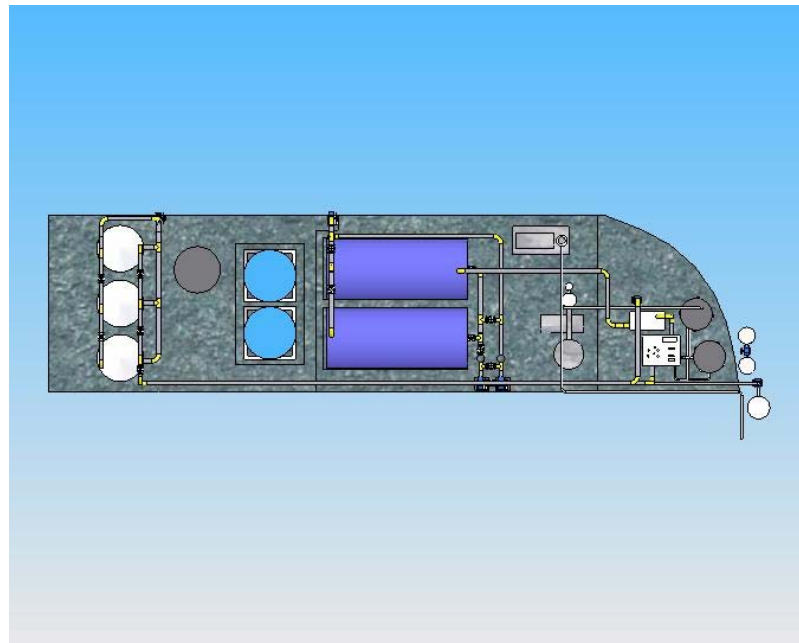


Figura 4.5 Vista general superior de la planta de emulsiones asfálticas

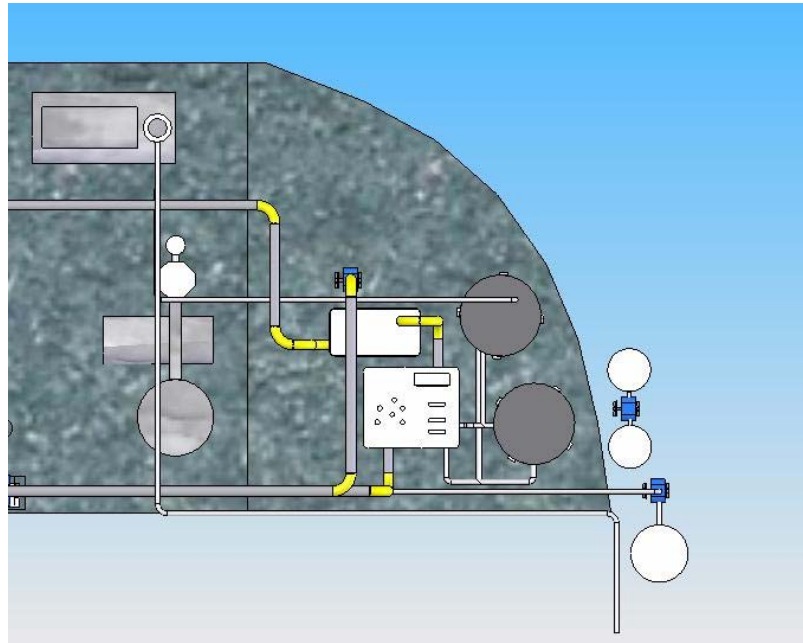


Figura 4.6 Vista superior parcial del área de emulsiones asfálticas

CAPITULO 5

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD REQUERIDA DEL MOLINO COLOIDAL, TANQUES DE ALMACENAMIENTO Y SELECCIÓN DE BOMBAS

Para la selección de las bombas que se utilizarán en la línea de producción, se debe considerar que existen pérdidas de carga o pérdidas de energía cinética a lo largo de todas las tuberías debido a la fricción entre el fluido y las paredes de los elementos por los que se transportan. Las pérdidas de presión también se presentan en los accesorios como son los codos, válvulas, uniones y demás, por lo que es necesario que se determine su valor.

Con los valores de las pérdidas y adicionalmente el cálculo de la capacidad mínima requerida por parte de cada una de las bombas, se procede a su selección.

5.1 CÁLCULO DE CAPACIDAD REQUERIDA POR EL MOLINO COLOIDAL

La capacidad del molino coloidal se refiere al volumen que éste podrá procesar por unidad de tiempo. Sabemos que la nueva planta debe estar apta para procesar 16 toneladas de emulsión por cada hora de trabajo, pero para la selección del molino es necesario saber cuantos galones por minuto se van a requerir, para lo que se trabaja con factores de conversión.

Dado que un galón de asfalto pesa 3,785 kilogramos y 1 tonelada es igual a 1000 kilogramos, se obtiene la siguiente relación:

$$CM = \frac{16 \times Fc_1}{Fc_2} \quad (5.1)$$

Donde,

CM: Capacidad del molino coloidal en galones por hora

Fc₁: Factor de conversión de toneladas a kilogramos

Fc₂: Factor de conversión de toneladas de asfalto a galones de asfalto.

De donde obtenemos que:

$$CM = \frac{16 \times 1000}{3,785} \quad (5.2)$$

$$CM = 4227 \text{ GPH}$$

Por lo tanto el molino coloidal requerido debe tener la capacidad de producir 70,45 galones de emulsión por cada minuto de funcionamiento.

La unidad a utilizarse será un molino coloidal de marca CHARLOTTE, modelo G-75 (Ver Anexo B), el mismo que esta en capacidad de producir de 2000 a 4000 galones por hora. El requerimiento teórico del molino es de 4227 GPH, pero se considera que con un molino que esté en capacidad de producir 4000 GPH satisfacemos la producción requerida por la planta de manera óptima.

5.2 SELECCIÓN DE BOMBAS

Antes de iniciar el cálculo de las capacidades de las bombas que intervendrán en el proceso para luego proceder con la selección de las mismas, se debe considerar los diferentes tipos de emulsión que se producirá, esto por la cantidad de asfalto y solución jabonosa requeridos en cada diferente situación.

A continuación se detallan los tres tipos de emulsión requeridas, con los porcentajes de asfalto y solución jabonosa necesarios para la fabricación de cada una de ellas:

Css -1h:

62% Asfalto
38% Solución Jabonosa

CMS:

65% Asfalto
35% Solución Jabonosa

Css -1h (modificado):

59% Asfalto
41% Solución Jabonosa

Para el cálculo de las capacidades requeridas para las bombas de alimentación, tanto de asfalto como de solución jabonosa, se toma en cuenta el mayor de los porcentajes del componente en los tres tipos de emulsión, puesto que estos valores constituirán el caudal máximo de bombeo.

5.2.1 SELECCIÓN DE LA BOMBA DE ALIMENTACIÓN DE ASFALTO AL MOLINO

Antes de proceder a determinar la capacidad requerida por la bomba de asfalto, es necesario determinar el caudal máximo de bombeo. En la emulsión de tipo CMS se requiere que ingrese al molino un 65% de la capacidad que tiene este elemento, por lo que el caudal máximo necesario para la bomba de asfalto es:

$$Q_{AP-3} = 0,65 \times CM \quad (5.3)$$

$$Q_{AP-3} = 0,65 \times 70,45$$

$$Q_{AP-3} = 45,80 \text{ GPM}$$

Donde,

Q_{AP-3} : Caudal máximo requerido para la bomba de alimentación de asfalto al molino coloidal.

CM: Capacidad del molino coloidal en galones por minuto.

Con este valor del caudal máximo requerido y, adicionalmente considerando las pérdidas producidas en la línea de asfalto, se procede a la selección de una bomba que cumpla con este requerimiento.

Hay que considerar que la bomba de asfalto debe contar con un variador de velocidad que nos permita regular el caudal del asfalto en la línea, de tal manera que podamos controlar la presión de ingreso del asfalto al molino coloidal.

5.2.1.1 Cálculo de pérdidas en la línea de asfalto

Para el cálculo de las pérdidas en la línea de asfalto se debe determinar el tipo de flujo que se tendrá en la tubería. Para esto se necesita obtener el número de Reynolds.

Primero, necesitamos obtener la velocidad del asfalto dentro de la tubería, para lo cual se calcula la sección de la misma.

$$D := 3\text{in}$$

$$D = 0.076\text{m} \quad \text{Diámetro de la tubería de Asfalto}$$

$$A := \pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 \quad (5.4)$$

$$A = 4.56 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \quad \text{Área de la sección de la tubería}$$

Como valor referencial se considera el valor del caudal máximo requerido para la bomba de alimentación de asfalto al molino coloidal

$$Q_{AP-3} = 45,80 \text{ GPM}$$

Se pasa este valor de caudal a unidades del sistema internacional y se calcula el valor de la velocidad del asfalto, así:

$$Q := 0.003 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad \text{Caudal requerido de asfalto}$$

$$v := \frac{Q}{A} \quad (5.5)$$

$$v = 0.658 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{Velocidad de asfalto en línea}$$

A continuación, y con los datos obtenidos anteriormente, se calcula el número de Reynolds:

$$\text{ssu} := 2000 \quad \text{Viscosidad cinemática del asfalto a 150 °C}$$

$$\text{cst} := \frac{\text{ssu}}{4.55} \quad (5.6)$$

$$\text{cst} = 439.56$$

$$v := \text{cst} \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$v = 4.396 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \quad \text{Viscosidad cinemática del asfalto a 150 °C en Unidades del sistema internacional}$$

$$\text{NR} := \frac{v \cdot D}{\nu} \quad (5.7)$$

$$\text{NR} = 114.04 \quad \text{POR TANTO ES UN FLUJO LAMINAR}$$

Una vez determinado que es flujo laminar, obtenemos el valor del factor de fricción con la fórmula correspondiente para esta característica:

$$f := \frac{64}{\text{NR}} \quad \text{Fórmula del factor de fricción para Flujo Laminar} \quad (5.8)$$

$$f = 0.561$$

Con este y otros datos, calculamos el valor de pérdida en la tubería, valor que lo tendremos en metros:

$$g := 9.78 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Gravedad en el Ecuador

$$L := 20\text{m}$$

Longitud de la tubería de asfalto

$$h_l := f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

(5.9)

$$h_l = 3.259\text{m}$$

Pérdida debido a la fricción en la línea de asfalto

Obtenemos la presión real a la que el asfalto llegará a la entrada del molino, tomando en cuenta las pérdidas por fricción:

$$h_b := 5\text{m}$$

Altura de bombeo a vencer por la bomba de Asfalto

$$\rho := 950 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Densidad del asfalto a 150 °C

$$\gamma := \rho \cdot g$$

(5.10)

$$\gamma = 9.291 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}^2}$$

Peso específico del Asfalto

$$P_{sb} := 100\text{psi}$$

Presión a la salida de la bomba de Asfalto

$$P_{sb} = 6.895 \times 10^5 \text{Pa}$$

$$P_{em} := P_{sb} - \gamma \cdot [(h_b) + h_l]$$

Presión a la entrada del molino

(5.11)

$$P_{em} = 6.127 \times 10^5 \text{Pa}$$

$$P_{em} = 88.871\text{psi}$$

Si seleccionamos una bomba que nos entregue 100 psi, la pérdida en la línea de asfalto no perjudica el proceso de producción, por tanto, esta sería la apropiada para el proceso.

5.2.1.2 Selección de la bomba de asfalto.

Para el caso de la bomba de asfalto, se conoce que con una presión de salida de 100 psi se abastece la línea para producción sin ningún problema ya que el molino coloidal que se utilizará tiene una presión máxima de diseño de 150 psi, es decir que los elementos que ni el asfalto ni la solución deben entrar a una presión mayor (Ver Anexo B). La bomba que se seleccionó para este caso, es marca VIKING modelo KK-224A, la cual entrega una presión máxima de bombeo de 150 psi, regulable con un variador de velocidad. (Ver Anexo C)

Una vez elegida la bomba en base a una presión de bombeo, nos referimos a la tabla de sus curvas características, realizando el siguiente procedimiento para cada una de ellas:

1. Fijamos en el eje (Y), el caudal que sea necesario manejar en el proceso.
2. En sentido horizontal (X) se hace intersección en la curva de presión a la que se requiere trabajar.
3. Verticalmente hacia abajo se indica las revoluciones por minuto (RPM) a la que dicha bomba trabajará para entregar el caudal deseado.
4. En la misma dirección pero en sentido contrario (hacia arriba), se hace intersección con la curva de presión a la que la bomba va a trabajar.
5. Finalmente, en sentido horizontal (- X) se interseca en el eje Y para seleccionar el motor eléctrico necesario para operar la bomba.

En las tablas se encuentra los siguientes parámetros con sus respectivas unidades:

- Viscosidad: [SSU] o [cSt]
- Caudal: [GPM] o [m³/Hr]
- Presión de trabajo: [PSI] o [bar]
- Velocidad de la bomba: [RPM]
- Potencia: [HP] o [KW]

Siguiendo el procedimiento planteado y tomando como dato de entrada la capacidad máxima de bombeo requerida por la bomba de asfalto (45,80 GPM), seleccionamos la potencia del motor eléctrico:

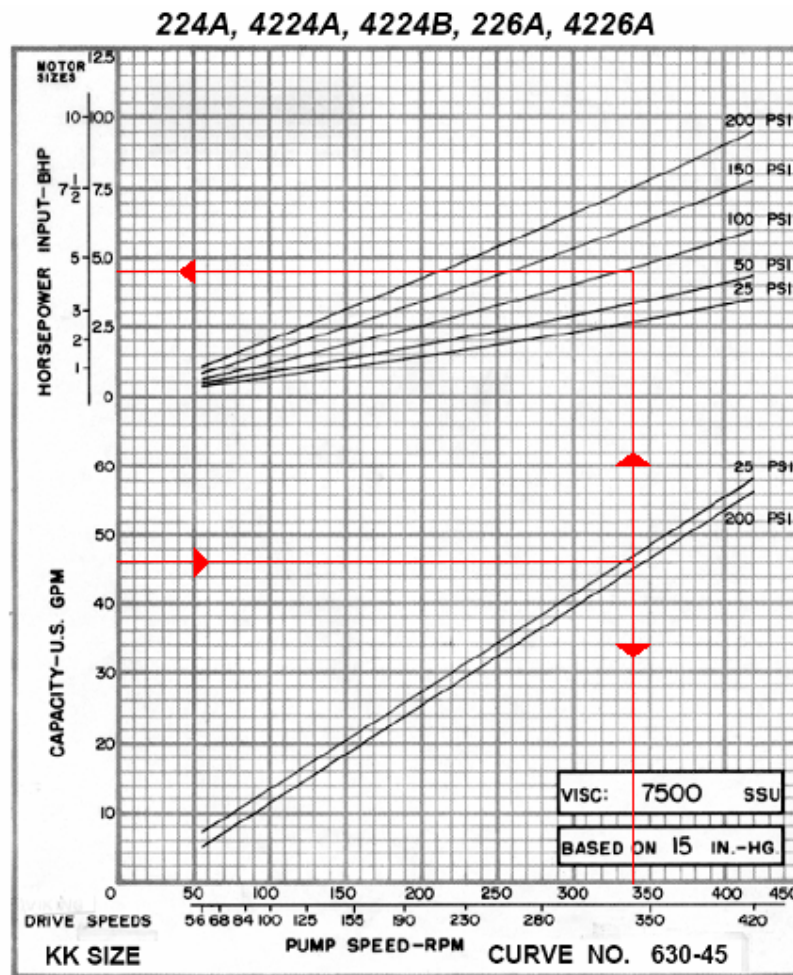


Figura 5.1 Curvas características de la bomba VIKING KK-224A

Por tanto requerimos un motor eléctrico para esta bomba de 4.5 HP funcionando a 340 RPM, provisto de un variador de velocidad.

5.2.2 SELECCIÓN DE LA BOMBA DE ALIMENTACIÓN DE SOLUCIÓN JABONOSA AL MOLINO

Para la selección de la bomba de alimentación de solución jabonosa al molino coloidal, se hace la misma consideración utilizada para la determinación del caudal máximo de bombeo de la bomba de asfalto. Para el caso de la solución jabonosa, el proceso en el que mayor porcentaje de la misma se requiere es en la fabricación de la emulsión CSS-1h (modificada), en el cual interviene el 41% de solución jabonosa, por lo que el caudal máximo de bombeo requerido, sin considerar las pérdidas que se presentan, se obtienen de la siguiente manera:

$$Q_{SJ} = 0,41 \times CM$$

$$Q_{SJ} = 0,41 \times 70,45$$

$$Q_{SJ} = 28,87 \text{ GPM}$$

Donde,

Q_{SJ} : Caudal máximo requerido para la bomba de alimentación de solución jabonosa al molino coloidal.

CM: Capacidad del molino coloidal en galones por minuto.

5.2.2.1 Cálculo de pérdidas en la línea de solución jabonosa.

Para el cálculo de las pérdidas en la línea de solución jabonosa, se sigue el procedimiento aplicado para el cálculo de pérdidas en la línea de asfalto, por tanto se inicia calculando el valor de Reynolds:

$$D := 2\text{in}$$

Diámetro de la tubería de S.J.

$$D = 0.051\text{m}$$

$$A := \pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2$$

$$A = 2.027 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Área de la sección transversal de la tubería de S.J.

Calculando la velocidad de la solución en la línea de producción:

$$Q := 29 \text{ gpm}$$

$$Q := 0.002 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Caudal requerido por parte de la bomba de S.J.

$$v := \frac{Q}{A}$$

$$v = 0.987 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Velocidad de la solución en la tubería

Determinamos el valor del número de Reynolds:

$$v := 1.004 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

Viscosidad cinemática del agua a 20 °C

$$\text{NR} := \frac{v \cdot D}{\nu}$$

$$\text{NR} = 20.142$$

POR TANTO ES UN FLUJO LAMINAR

Al ser flujo laminar, el factor de fricción es:

$$f := \frac{64}{\text{NR}}$$

$$f = 3.177$$

Factor de fricción en la línea de S.J.

Determinado este valor, se calcula el valor de las pérdidas en la línea de solución:

$$g := 9.78 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Gravedad en el Ecuador

$$L := 4\text{m}$$

Longitud de la tubería de S.J.

$$h_l := f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$h_l = 12.454\text{m}$$

Pérdida en la línea de S.J.

Con el valor de las pérdidas, se determina la presión de la solución jabonosa a la entrada del molino coloidal:

$$h_b := 1\text{m}$$

Altura de bombeo

$$\rho := 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Densidad del agua

$$\gamma := \rho \cdot g$$

$$\gamma = 9.78 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}^2}$$

Peso específico del agua

$$P_{sb} := 80\text{psi}$$

Presión a la salida de la bomba

$$P_{sb} = 5.516 \times 10^5 \text{Pa}$$

$$P_{em} := P_{sb} - \gamma \cdot [(h_b) + h_l]$$

$$P_{em} = 4.2 \times 10^5 \text{Pa}$$

$$P_{em} = 60.915\text{psi}$$

Presión de la S.J. a la entrada del molino

Si seleccionamos una bomba que nos entregue 80 psi, la pérdida en la línea de solución jabonosa no perjudica el proceso de producción, por tanto, esta sería la apropiada para el proceso.

5.2.2.2 Selección de la bomba de solución jabonosa

Para la selección de la bomba de solución jabonosa, se sigue el mismo procedimiento realizado para la selección de la bomba de asfalto

Para la bomba de solución jabonosa, se conoce que con una presión de salida de 80 psi se abastece la línea para producción sin ningún problema. La bomba que se seleccionó para este caso, es marca VIKING modelo LVP-41027, la cual entrega una presión máxima de bombeo de 100 psi regulable con un variador de velocidad, puesto que no existe una bomba de 80 psi de salida. (Ver Anexo D)

Siguiendo el procedimiento planteado y tomando como dato de entrada la capacidad máxima de bombeo requerida por la bomba de solución jabonosa (28,87 GPM), seleccionamos la potencia del motor eléctrico:

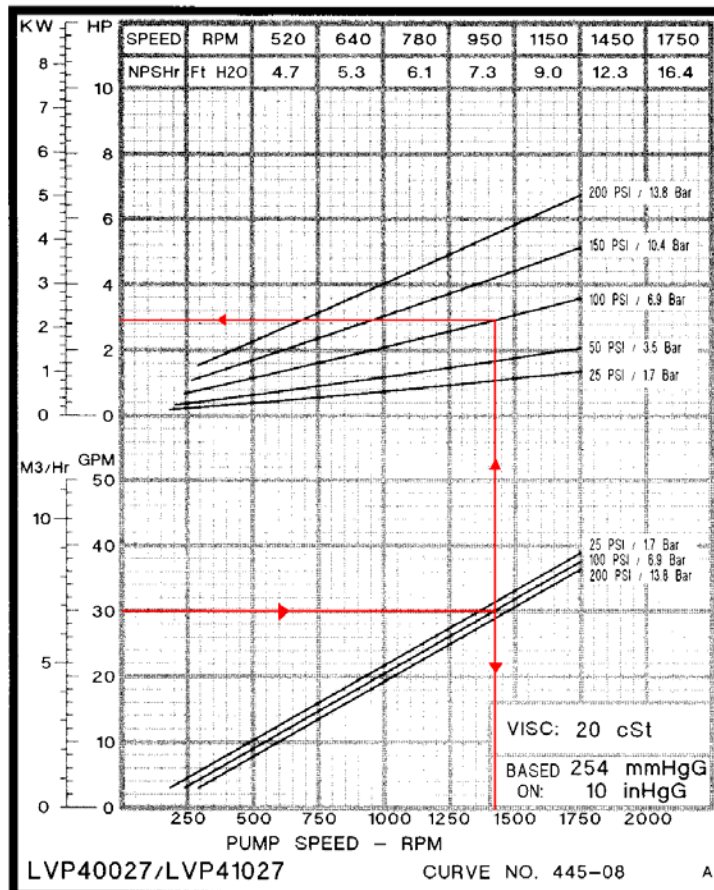


Figura 5.2 Curvas características de la bomba VIKING LVP- 41027

Por tanto requerimos un motor eléctrico para esta bomba de 2.4 HP funcionando a 1400 RPM, provisto de un variador de velocidad.

5.2.3 SELECCIÓN DE LA BOMBA DE DESPACHO

Para la selección de la bomba de despacho de producto terminado (emulsión), se consideró un tiempo estimado para cargar el tanquero. Un tiempo máximo de carga de una hora y media, es prudente para este proceso.

La capacidad aproximada de un tanquero es de 10.000 galones y deberá ser llenado en máximo una hora y media, por lo que el caudal necesario de la bomba se lo obtiene de la siguiente manera:

$$Q_{BD} = \frac{10000}{1,5}$$

$$Q_{BD} = 6667 \text{ GPH}$$

La bomba de despacho entonces, debe tener una capacidad mínima de bombeo de 111.11 galones por minuto, esto con la finalidad de cumplir con el tiempo máximo establecido para el proceso de despacho de producto terminado.

Cabe recalcar que el valor de las pérdidas de presión en esta línea de despacho es mínimo, por lo que no se toma en cuenta para la selección de la bomba. Además, al ser un valor estimado de demora en la carga de los tanqueros, no influye de manera significativa un parámetro como éste.

Para este propósito se ha seleccionado una bomba VIKING LS-224A considerando todos los criterios ya expuestos, la cual abastece sin ningún problema los requerimientos de despacho planteados, con la opción de regular el caudal con un variador de velocidad, lo cual permite manejar los tiempos de despacho.

A continuación se encuentra el cuadro de las curvas características de la bomba LS-224A:

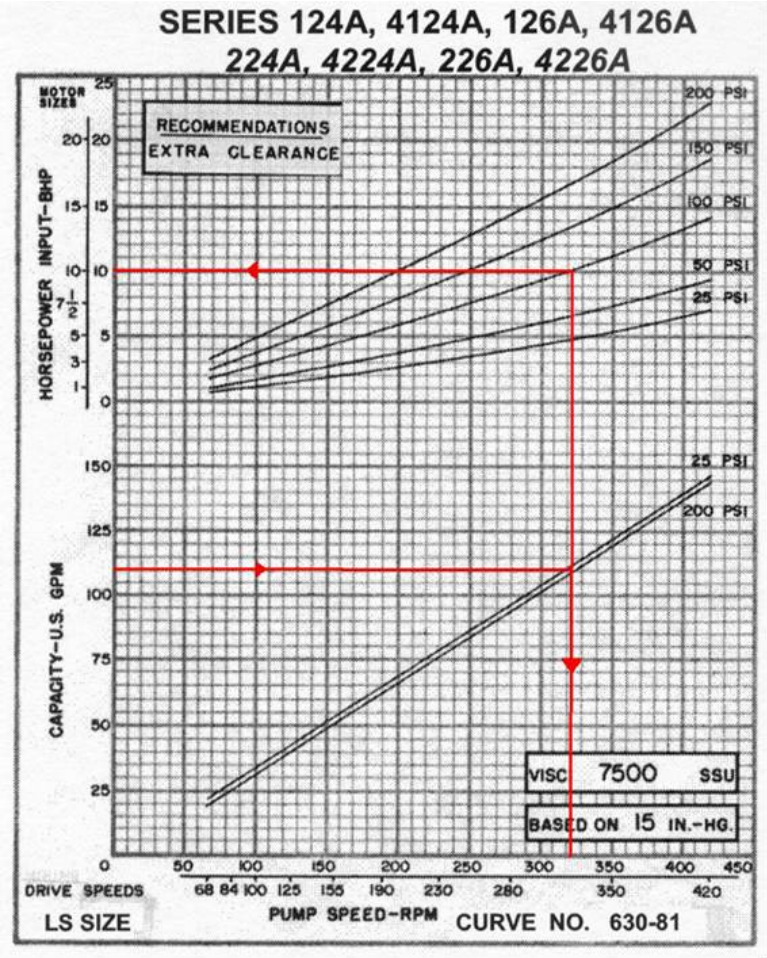


Figura 5.3 Curvas características de la bomba VIKING LS- 224A

Por tanto requerimos un motor eléctrico para esta bomba de 10 HP funcionando a 320 RPM, provisto de un variador de velocidad.

5.3 TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Los tanques de almacenamiento a utilizarse en esta nueva planta de emulsiones asfálticas, serán prácticamente los mismos que se disponen actualmente, con ciertas modificaciones de ubicación. El almacenamiento de agua para la producción de solución jabonosa se lo mantendrá en el tanque existente, sin modificación alguna, puesto que el volumen, abastece sin inconvenientes al proceso de producción de la nueva planta.

Por otro lado se eliminará el tanque de premezcla en donde actualmente se realiza la mezcla del asfalto con el aceite plastificante, puesto que en la nueva planta de emulsiones, el asfalto se tomará directamente de los tanqueros que lo almacenan y se lo llevará directamente al molino.

En la línea de asfalto, mediante una bomba dosificadora se hará la inyección directa del aceite plastificante.

El almacenamiento del aceite plastificante se lo hará en un tanque dispuesto cerca del molino coloidal, de tal manera que facilite su ingreso a la línea de asfalto.

Este tanque necesita cumplir con especificaciones de volumen y resistencia a la corrosión, por lo que se mantendrá el tanque que actualmente existe, modificando únicamente su ubicación.

Por otra parte, los tanques de almacenamiento de ácido y de emulsificante, cambiarán su ubicación y serán colocados en la nueva área dispuesta para el proceso de producción. Estos serán ubicados en un lugar alto, casi sobre los tanques de solución jabonosa, de tal manera que por gravedad se pueda colocar estos dos componentes en dichos tanques.

Los tanques de solución jabonosa tampoco serán reemplazados, puesto que se mantendrá el mismo proceso de "batch" que actualmente se tiene, es decir, se llenan los dos tanques de solución jabonosa, uno entra en producción hasta que se haya utilizado por completo su contenido. Una vez que esté vacío, entra a producción el segundo tanque, mientras el primero es llenado nuevamente y así se repite el proceso. Por este motivo no se ha visto la necesidad de aumentar la capacidad de los tanques de solución, ya que cada uno de ellos abastece aproximadamente para dos horas de producción continua, quedando uno siempre listo para seguir el proceso productivo.

En cuanto a los tanques de almacenamiento de producto terminado, se rediseñaron ya que la producción de la nueva planta será mayor y por tanto la capacidad de almacenamiento disponible debe aumentar también.

A continuación, el diseño de los tanques de almacenamiento de emulsión asfáltica.

5.3.1 DISEÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO TERMINADO SEGÚN NORMA API 650

Para el almacenamiento de emulsión asfáltica en CHOVA DEL ECUADOR, actualmente se cuenta con 3 tanques:

Tanque 1: Cilíndrico vertical de 5300 gal.

Tanque 2: Rectangular vertical de 7000 gal.

Tanque 3: Cilíndrico vertical de 5700 gal.

Para la nueva planta se trasladará el tanque 1 y 3, puesto que el cuadrado no es apropiado para almacenamiento y no cumple con especificaciones. Por esta razón se diseñará y construirá un tanque cilíndrico vertical de 6.000 galones. De esta manera en el área de almacenamiento se contará con los tres tanques para los diferentes tipos de emulsiones.

Para el diseño de este tanque, es necesario ajustarse a lo establecido en el código API 650 (Ver Anexo I), Tanques de acero soldado para almacenamiento de petróleo (Weld Steel Tanks for Oil Storage) el mismo que en su décima edición de Noviembre de 1998 con adenda 1 de marzo de 2000, cubre: los materiales, el diseño, fabricación, erección y pruebas para tanques de acero soldados cilíndricos verticales construidos sobre el nivel de la tierra, ya sean tapados o abiertos, con fondo uniformemente soportado.

Se cumplirán las siguientes condiciones:

- La presión de operación debe ser cercana a la atmosférica; y,
- La temperatura de operación máxima sea de 90 °C

A continuación se detallan los cálculos de los espesores para la plancha del fondo, espesores de la planchas del cuerpo y finalmente para el techo.

5.3.1.1 Cálculo del diámetro según el volumen requerido

Como ya se mencionó el tanque tendrá un volumen de 6000 galones.

$$\text{Vol} := 6000\text{gal}$$

$$\text{Vol} = 22.712 \cdot \text{m}^3 \quad \text{Capacidad del tanque}$$

Para estimar el número de pisos del tanque, se considera la geometría de los tanques existentes para que no haya una diferencia notable por cuestiones de estética.

$$N_p := 3.3 \quad \text{Numero de pisos}$$

El ancho de la lámina de fábrica tiene la siguiente medida:

$$w := 1.5\text{m} \quad \text{Ancho de la lámina}$$

Con el número de pisos y el ancho de la lámina se calcula la altura del tanque como sigue:

$$h := N_p \cdot w$$

$$h = 4.95\text{m} \quad \text{Altura del tanque}$$

Y con la altura a su vez se calcula el diámetro del tanque:

$$\phi := 2 \sqrt{\frac{\text{Vol}}{\pi \cdot h}}$$

$$\phi = 2.417\text{m} \quad \text{Diámetro calculado del tanque}$$

5.3.1.2 Diseño de la pared

Para el procedimiento del cálculo del espesor de la pared vamos a partir de los siguientes datos. Algunos de ellos han sido aproximados al inmediato superior por facilidad de construcción del tanque:

$D := 2.5 \text{ m}$ Diámetro seleccionado del tanque

$H := 5 \text{ m}$ Altura de Nivel de líquido

$$G := \frac{\delta_{as}}{\delta_{ag}}$$

$\delta_{as} := 950 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ Densidad del asfalto

$\delta_{ag} := 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ Densidad del agua

$G = 0.95$ Gravedad específica del asfalto

5.3.1.3 Cálculo del espesor por el método de 1 pie

Este método calcula espesores requeridos en puntos situados a 1 pie sobre el borde inferior de cada anillo que conforma el cuerpo.

El espesor mínimo requerido será el mayor entre los siguientes:

- Para condición de diseño

$$t_d = \frac{4.9 \times D \times (H - 0.3) \times G}{S_d} \quad (\text{Unidades del SI})$$

Donde:

t_d : Espesor de diseño del cuerpo, en mm

D: Diámetro nominal del tanque, en m

H: Nivel de diseño del líquido, en m (especificado por el comprador)

G: Gravedad específica de diseño del líquido almacenado

S_d : Esfuerzo admisible para la condición de diseño, en Mpa

$$CA := 1 \text{ mm} \quad \text{Corrosión admisible} \quad S_d := 137 \text{ Mpa}$$

$$t_d := \frac{4.9 \cdot D \cdot (H - 0.3) \cdot G}{S_d} + CA$$

$$t_d = 1.399 \text{ mm}$$

- Para condición de prueba hidrostática

$$t_t = \frac{4.9 \times D \times (H - 0.3)}{S_t} \quad (\text{Unidades del SI})$$

Donde:

t_d : Espesor de prueba hidrostática, en mm

D: Diámetro nominal del tanque, en m

H: Nivel de diseño del líquido, en m (especificado por el comprador)

S_t : Esfuerzo admisible para la condición de prueba hidrostática, en Mpa

De acuerdo con 3.6.2.1 y 3.6.2.2 (Ver Anexo I), el esfuerzo del material para la *condición de diseño*, será el menor valor entre: los dos tercios del esfuerzo de fluencia $\left(\frac{2}{3}S_y\right)$, y los dos quintos de la resistencia a la tensión $\left(\frac{2}{5}S_u\right)$.

Y el esfuerzo del material para la *condición de prueba hidrostática*, es el menor valor entre: los tres cuartos del esfuerzo de fluencia $\left(\frac{3}{4}S_y\right)$, y los tres séptimos de la resistencia a la tensión $\left(\frac{3}{7}S_u\right)$.

Entonces:

$$St := 154 \text{ Mpa}$$

$$tt := \frac{4.9 \cdot D \cdot (H - 0.3)}{St} + CA$$

$$tt = 1.374 \text{ mm}$$

En ningún caso, el espesor seleccionado será menor que las proporcionadas por API 650 (Ver Anexo I) e indicados en la siguiente tabla:

Tabla 5.1 Espesor de la plancha según el diámetro del tanque

Diámetro nominal del tanque		Espesor nominal de la plancha	
[m]	[ft]	[mm]	[in]
<15	<50	5	3/16
De 15 a < 36	De 50 a <120	6	1/4
De 36 a 60	De 120 a 200	8	5/16
>60	>200	10	3/8

Fuente: Código API 650

Por lo mencionado en la tabla 5.1, entonces el espesor de pared sería 5mm, pero por el grado de corrosión que presenta la emulsión asfáltica y de acuerdo al fabricante el espesor seleccionado será de 6mm (Ver Anexo F).

5.3.1.4 Diseño de techo

Se seleccionó techo cónico ya que no se requiere soportar presiones internas. Según el punto 3.10.2.1 del código API 650 (Ver Anexo I), todos los techos y estructura de soporte, deben estar diseñados para soportar el peso propio (carga muerta), más una carga viva de al menos 25 lb/pie², distribuida en el área proyectada.

Las láminas del techo deben tener un espesor mínimo de 3/16" más la corrosión admisible.

Por facilidad de fabricación se selecciona 6mm el espesor del techo del tanque de almacenamiento (Ver Anexo F).

5.3.1.5 Diseño del fondo

Según el numeral 3.4.1 del código API 650 (Ver Anexo I), todas las láminas del fondo deben tener un espesor mínimo nominal de 6 mm sin incluir ninguna tolerancia por corrosión. Por lo general el material de la lámina del fondo será el mismo que el utilizado para el primer anillo.

Considerando la corrosión se selecciona un espesor de 8 mm para el fondo del tanque (Ver Anexo F).

CAPITULO 6

CONTROL DENTRO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE EMULSIÓN ASFÁLTICA

6.1 TABLERO DE CONTROL

Dentro de un proceso productivo, en el cual existan muchos parámetros que deben ser cuidadosamente controlados, lo óptimo es adaptar sistemas semiautomáticos que permitan al operario manejar todos los elementos claves del proceso desde un mismo lugar y con bastante precisión, de acuerdo a las normas de fabricación y los parámetros establecidos para el proceso.

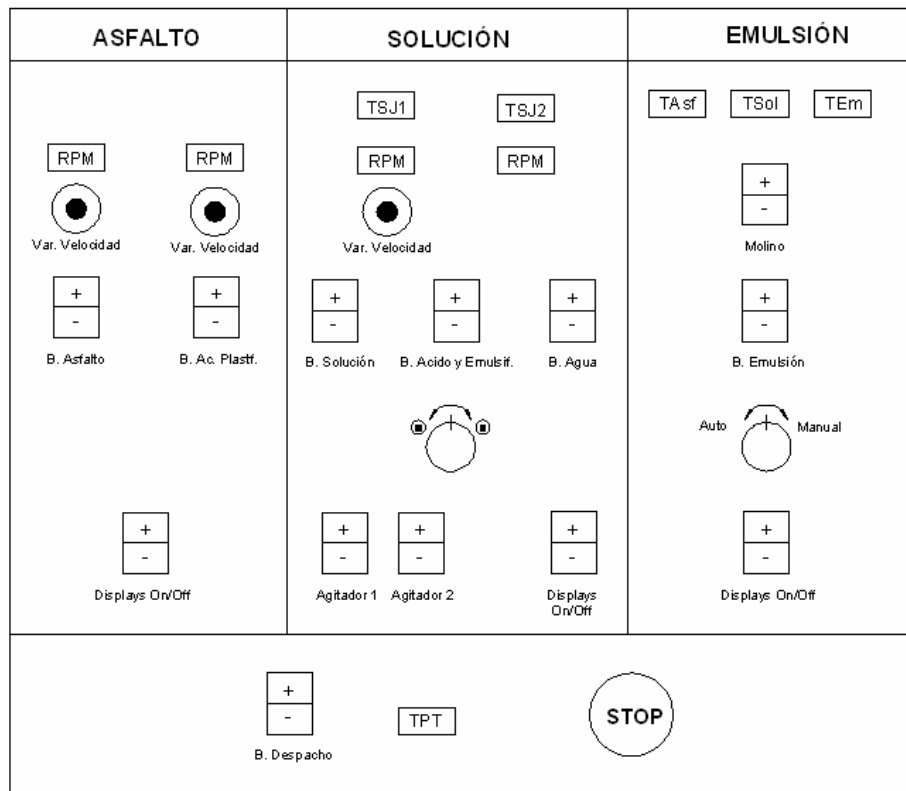


Figura 6.1 Esquema básico del tablero de control

Por este motivo es necesario incluir un tablero de mando (control) dentro de la planta de producción de emulsiones asfálticas, desde el cual se controlarán las

tres líneas principales dentro de este proceso: la línea de asfalto, la línea de solución jabonosa y por último, la línea de producto terminado (emulsión asfáltica).

Este tablero debe contar con controles para los siguientes parámetros importantes de los elementos presentes en el proceso de fabricación de emulsiones asfálticas:

6.1.1 CONTROL DEL ENCENDIDO DE LA BOMBA DE ASFALTO

El operario encargado del proceso de producción de emulsiones asfálticas debe tener la posibilidad de controlar el encendido o apagado de la bomba que provee de asfalto al molino coloidal, esto con la finalidad de cortar el paso de asfalto al proceso en el caso que se presente un imprevisto, o para una rutina normal de mantenimiento, sea de la misma bomba, de la tubería o del propio molino.

Este control se lo hará mediante un switch de dos posiciones (ON/OFF) colocado en la sección del tablero destinada para la línea de asfalto.

6.1.2 CONTROL DEL CAUDAL DE LA BOMBA DE ASFALTO

El control del caudal de la bomba de asfalto es indispensable dentro del proceso productivo. Esto se debe a los distintos tipos de emulsión que se pueden fabricar, los mismos que se diferencian por el porcentaje de asfalto presente en la emulsión, por lo que el bombeo de esta materia prima debe tener la capacidad de ser regulado para lograr las proporciones adecuadas y obtener el tipo de emulsión deseado.

Este regulador tiene como función controlar al variador de velocidad de la bomba de asfalto, el mismo que permitirá controlar el volumen de asfalto que ingresará al molino por unidad de tiempo. Esta regulación se logrará mediante una perilla giratoria colocada en la sección del tablero destinada a la línea de asfalto.

6.1.3 CONTROL DEL ENCENDIDO Y DEL CAUDAL DE LA BOMBA DE SOLUCIÓN JABONOSA

La bomba de solución jabonosa, es la encargada de alimentar de esta sustancia al molino coloidal en cantidades previamente calibradas, por lo que se hace indispensable su control total desde el tablero de control.

En el tablero se contará con un switch de dos posiciones (ON/OFF), el mismo que será el encargado del encendido del motor eléctrico que hará funcionar a la bomba de solución.

Adicionalmente se dispondrá de un medidor de caudal y de una perilla desde la cual se controlará el variador de velocidad del motor eléctrico, con lo que se logrará calibrar el caudal de la bomba de solución para obtener el porcentaje adecuado requerido en el proceso.

6.1.4 CONTROL DEL ENCENDIDO Y DEL CAUDAL DE LA BOMBA DE ACEITE PLASTIFICANTE

La bomba de aceite plastificante tiene funciones dosificadoras puesto que permite el ingreso controlado de dicho aceite directamente a la línea de asfalto. El control de encendido de esta bomba también se lo hará desde un switch de dos posiciones (ON/OFF).

Es importante el control de la dosificación de la bomba de aceite, ya que la cantidad de sustancia que interviene en el proceso, depende del caudal de asfalto que ingrese al molino coloidal, por cuanto se incluirá una perilla para el control del caudal de la bomba de aceite. Tanto el control de encendido de la bomba de aceite así como la perilla de control del caudal de la misma, se colocarán en la sección del tablero destinada a la línea de asfalto.

6.1.5 CONTROL DEL ENCENDIDO DE LAS BOMBAS DE ÁCIDO, AGUA Y EMULSIFICANTE

Mediante un switch de dos posiciones (ON/OFF) ubicado en el sector del tablero dispuesto para la línea de solución, se controlará el encendido de las bombas de ácido clorhídrico y agua, así como de la bomba de emulsificante, las cuales se encargarán de llevar estos componentes al tanque de solución jabonosa, en cantidades previamente determinada, y así obtener la solución necesaria para el proceso de producción de emulsión asfáltica.

6.1.6 CONTROL DEL ENCENDIDO DE LOS AGITADORES EN LOS TANQUES DE SOLUCIÓN JABONOSA

Con el tiempo, en los tanques de solución jabonosa se forman sedimentos, lo que provoca que aumente la viscosidad en la zona inferior del depósito, por decantación. Mientras la fase acuosa no entre al proceso de fabricación (molino), este fenómeno puede hacerse reversible mediante agitación o recirculación a los tanques de almacenamiento.

Los emulsificantes utilizados originan formación de espuma en la solución jabonosa debido a su propia naturaleza, por lo que se recomienda no agitarla violentamente.

6.1.7 CONTROL DE LA TEMPERATURA DEL ASFALTO AL INGRESO DEL MOLINO

La temperatura de entrada del asfalto al molino coloidal es un factor muy importante para obtener buena calidad en la emulsión fabricada, ya que ésta variable es indispensable para controlar el contenido de asfalto y la temperatura final de la emulsión.

Entre más duro sea el asfalto⁵ con el que se trabaje, mayor deberá ser la temperatura de entrada del mismo al molino, para lograr una correcta emulsificación, ya que el asfalto debe calentarse hasta alcanzar una viscosidad adecuada que permita su bombeo y el correcto cizallamiento en el molino.

Generalmente, la temperatura del asfalto oscila entre los 130°C y los 150°C y si esta materia prima es un asfalto duro o modificado se debe tener en cuenta que la temperatura de ingreso al molino debe estar comprendida entre 180°C y 190°C. Cuando esto ocurre se debe disponer de un sistema de enfriamiento rápido mediante un intercambiador de calor a la salida del molino que evite la evaporación del agua de la emulsión.

Por los motivos antes expuestos, es indispensable el control de la temperatura del asfalto a la entrada del molino coloidal, proceso que se lo realizará mediante una termocupla colocada en la línea de asfalto, la misma que estará provista de un tramo de recirculación por el cual se desviara el betumen hasta tenerlo en condición óptima para su entrada al proceso de fabricación de emulsión asfáltica.

6.1.8 CONTROL DE LA TEMPERATURA DE LA SOLUCIÓN JABONOSA AL INGRESO DEL MOLINO

Al igual que lo que sucede con el asfalto, la temperatura de entrada de la solución jabonosa al molino coloidal, es importante para obtener buena calidad en la emulsión fabricada.

La solución jabonosa debe calentarse hasta una temperatura que no provoque un choque térmico excesivo al ponerse en contacto con el asfalto dentro del molino. Para esta fase acuosa, la temperatura debe estar comprendida entre los 30°C y 60°C, tomando como temperatura estándar los 45°C. Si el asfalto

⁵ Mientras menos refinado es un asfalto, es decir tiene más impurezas, el asfalto es más duro.

que se está utilizando es duro o modificado, la temperatura de la fase acuosa deberá oscilar entre los 80°C y 90°C.

6.1.9 CONTROL DE LA TEMPERATURA DE LA EMULSIÓN A LA SALIDA DEL MOLINO

La temperatura de la emulsión a la salida del molino no debe exceder los 85°C, esto con el fin de evitar la ebullición del agua, ya que la pérdida por evaporación implica una mayor concentración de asfalto en el producto terminado, lo cual altera las características requeridas de la emulsión asfáltica.

Otro factor importante para evitar un exceso de temperatura de la mezcla del molino, es el vapor de agua que se puede presentar, el cual causa cavitaciones en el mismo y provoca roturas parciales de la emulsión.

La calibración del molino coloidal se la hace considerando tablas que se basan en las temperaturas de entrada del asfalto y de la solución, así como en la temperatura de salida de la emulsión, de aquí la necesidad del control de dichas temperaturas (Ver Anexo A).

6.1.10 CONTROL DEL ENCENDIDO DEL MOLINO

El molino coloidal es un elemento fundamental dentro proceso de fabricación de emulsiones asfálticas, puesto que es el dispositivo mecánico en el cual se separa el asfalto en pequeños glóbulos del orden comprendido entre 1 y 10 micras, lo cual permite que se forme la emulsión.

El encendido de este dispositivo esta considerado dentro del tablero de control mediante un switch de dos posiciones (ON/OFF), el cual permitirá al operador del proceso encender o detener el mismo con la finalidad de una rutina programada de mantenimiento o en caso se presente cualquier inconveniente dentro de la fabricación.

6.1.11 CONTROL DEL ENCENDIDO DE LA BOMBA DE DESPACHO

Esta bomba es la encargada de transportar el producto terminado a tanqueros, los mismos que trasladan la emulsión a su destino siguiente. Para controlar el encendido de esta bomba, se contará con un switch de dos posiciones (ON/OFF) en el tablero de control, mediante el cual se accionará el funcionamiento de este elemento.

Es importante que el operario tenga cuidado con el control del llenado del tanque para evitar cualquier inconveniente al momento de este proceso, motivo por el cual se tomó la decisión de que la operación de esta bomba sea desde el tablero de control principal.

6.1.12 Control de la temperatura de la emulsión en los tanques de almacenamiento

Las emulsiones conservan sus propiedades a temperaturas comprendidas entre 10°C y 80°C. Por debajo de los 5°C pueden congelarse lo cual ocasionaría una alteración en su estructura interna, causando que la emulsión se eche a perder.

Por otro lado el calentamiento de la emulsión por encima de los 85°C genera un aumento en la energía cinética de las moléculas y la evaporación del agua de la emulsión, disminuyendo la estabilidad del producto terminado.

CAPITULO 7

RECUPERADOR DE CALOR DE LOS GASES DE ESCAPE

La planta de emulsiones asfálticas de CHOVA DEL ECUADOR consta de varios equipos y procesos que necesitan de calor para su correcto funcionamiento, como son: tanques de agua, asfalto, bombas de asfalto, etc.; calor que se produce mediante un caldero que eleva la temperatura del aceite térmico que es distribuido por tuberías aisladas, a cada proceso o equipo que lo requiera.

Este caldero funciona con quemadores a diesel y por lo que de este proceso se obtienen gases de escape, los cuales pueden alcanzar temperaturas de entre 400 y 500 grados centígrados.

Para la fabricación de emulsiones asfálticas, al momento de preparar la solución jabonosa que se mezclará con el asfalto, se necesita agua a una temperatura aproximada de 70 grados centígrados.

Considerando esta necesidad, se tomó la decisión de diseñar un intercambiador de calor (recuperador), el mismo que se colocará en la chimenea del caldero para aprovechar el calor que tienen los gases de escape y calentar el agua, reduciendo así el uso de aceite térmico en el proceso de producción, lo cual optimizará el consumo de combustible, disminuyendo por lo tanto, los costos de producción.

A continuación se detalla los cálculos y consideraciones que se tomaron en cuenta para el diseño del recuperador de calor de los gases de escape.

7.1 DISEÑO DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR

Para iniciar el diseño del recuperador de calor de los gases de escape del caldero, se plantea la ecuación del calor transferido de los gases al agua que se requiere calentar, así:

$$Q = h \cdot Ac \cdot (T_f - T_o) \quad (7.1)$$

Donde:

h: Coeficiente de transferencia de calor por convección.

Ac: Área de transferencia de calor.

Tf: Temperatura promedio de la superficie límite (pared de chimenea)

To: Temperatura del agua a la entrada del recuperador.

Q: Calor transferido.

Primero, se debe calcular el coeficiente de transferencia de calor por convección, cálculo que requiere determinar el número de Reynolds:

$$Re = \frac{\rho_{H_2O} \cdot V \cdot di}{\mu} \quad (7.2)$$

Donde:

Re: Número de Reynolds

ρ_{H_2O} : Densidad del agua.

V: Velocidad del agua.

di: Diámetro de la chimenea.

La densidad del agua a una temperatura de 15,56°C es:

$$\rho_{H_2O} @ 15,56 \text{ °C} = 998,6 \frac{kg}{m^3}$$

Se determina la velocidad del agua a partir del cálculo del caudal de la bomba que la enviará hasta el recuperador. Para determinar el caudal de la bomba, se mide treinta segundos de llenado de un tanque; este procedimiento se lo repite dos veces para obtener un valor promedio:

$$\theta_{TANQUE} = 1,70 m$$

a) Primera medición:

$$t_1 = 30 \text{ s.}$$

$$h_1 = 4.9 \text{ cm.} = 0.049 \text{ m.} \quad (\text{Altura del agua en el tanque})$$

Entonces el volumen que llenó el agua en treinta segundos:

$$V_1 = \left[\pi \cdot \left(\frac{\phi}{2} \right)^2 \cdot h \right] = \left[\pi \cdot \left(\frac{1,70}{2} \right)^2 \cdot 0,049 \right] \quad (7.3)$$

$$V_1 = 0,11 \text{ m}^3$$

Cálculo del caudal:

$$Q_1 = \frac{V_1}{t} = \frac{0,11}{30} = 0,0037 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad (7.4)$$

b) Segunda medición:

$$t_1 = 30 \text{ s.}$$

$$h_1 = 4.7 \text{ cm.} = 0.047 \text{ m.} \quad (\text{Altura del agua en el tanque})$$

Volumen que lleno el agua en treinta segundos:

$$V_2 = \left[\pi \cdot \left(\frac{\phi}{2} \right)^2 \cdot h \right] = \left[\pi \cdot \left(\frac{1,70}{2} \right)^2 \cdot 0,047 \right]$$

$$V_2 = 0,1067 \text{ m}^2$$

Cálculo del caudal:

$$Q_2 = \frac{V_2}{t} = \frac{0,1067}{30} = 0,003556 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]$$

Una vez que se ha obtenido los diferentes valores del caudal, se los promedia para utilizar este valor en los siguientes cálculos:

$$\bar{Q} = \frac{Q_1 + Q_2}{2} = \frac{0,0037 + 0,003556}{2} = 0,00363 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right] \quad \text{Caudal de la bomba de agua.}$$

Cálculo de la velocidad del agua dentro del recuperador:

$$V_{H_2O} = \frac{\bar{Q}}{A_2 - A_1} \tag{7.5}$$

Donde:

A_2 = Área de la tubería externa del recuperador.

A_1 = Área de la tubería interna del recuperador.

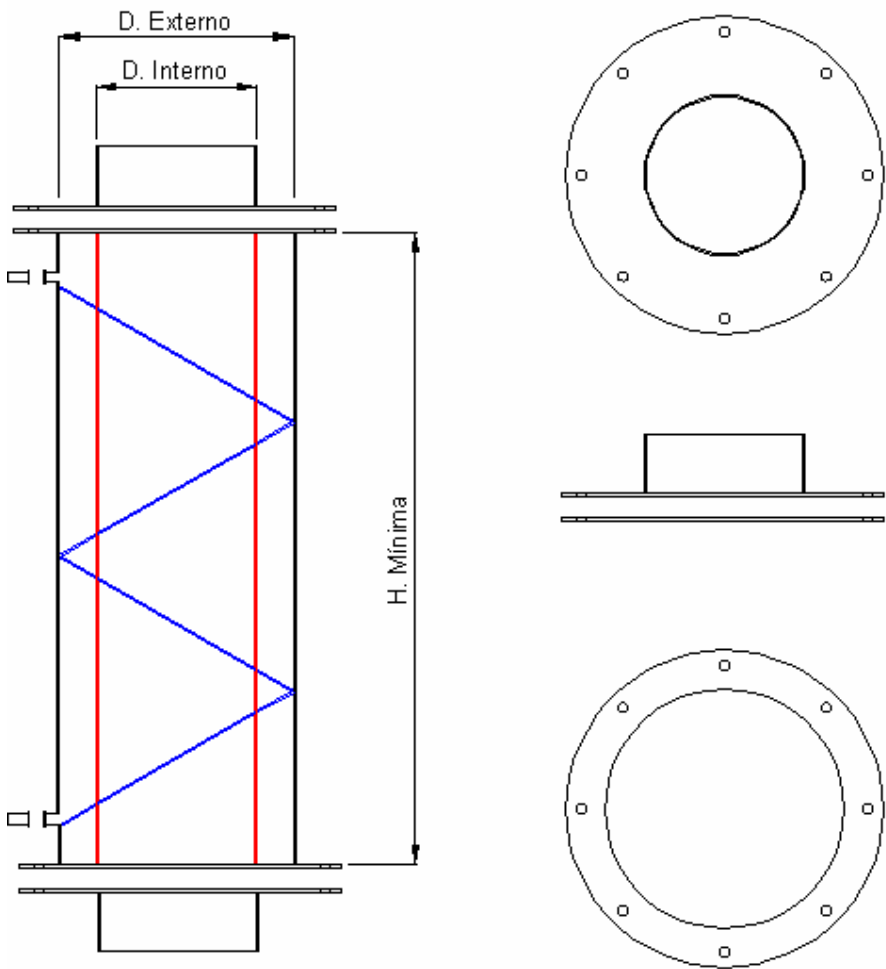


Figura 7.1 Esquema básico del intercambiador de calor

$$A_1 = \pi \cdot \theta_{interno} \cdot H = \pi \cdot (0,4) \cdot H$$

$$A_2 = \pi \cdot \theta_{externo} \cdot H = \pi \cdot (0,6) \cdot H \tag{7.6}$$

La expresión para calcular la velocidad del agua es:

$$V_{H_2O} = \frac{0,00363}{0,2 \cdot \pi \cdot H}$$

$$\Rightarrow V_{H_2O} = \frac{0,005774}{H} \left(\frac{m}{s} \right)$$

La expresión para calcular Reynolds queda en función de la altura del recuperador de calor:

La viscosidad del agua a 15,56 °C es :

$$\mu_{H_2O} @ 15,56 \text{ °C} = 0,0012 \frac{kg}{m \cdot s}$$

Cálculo de Número de Reynolds (Re):

$$Re = \frac{\rho_{H_2O} \cdot V \cdot di}{\mu} = \frac{998,6 \cdot \left(\frac{0,005774}{H} \right) \cdot 0,6}{0,00112}$$

$$Re = \frac{3089}{H}$$

En esta ecuación se supone una altura del recuperador de entre uno a dos metros, con lo que se obtiene los siguientes valores:

- Para H = 1m.

$$Re = \frac{3089}{H} = 3089$$

- Para H = 2m.

$$Re = \frac{3089}{H} = 1544,5$$

Como los valores de Reynolds están en el rango de 40 – 4000 utilizamos los siguientes valores de C y n, constantes necesarias para el cálculo de número de Nusselt (Nu):

$$C = 0.683$$

$$n = 0.466$$

Con estos valores y con el número de Prandtl (Pr) se obtiene el número de Nusselt (Nu):

$$Pr = \frac{Cp \cdot \mu}{k} \tag{7.7}$$

$$Cp = 4186 \frac{J}{Kg \text{ } ^\circ C}$$

$$k = 0.595 \frac{W}{m \text{ } ^\circ C}$$

$$\mu = 0.00112 \frac{Kg}{m s}$$

Los valores de Cp, k y μ , se consideraron para una temperatura del agua de 15,56 °C. Con estos valores se tiene que:

$$Pr = \frac{Cp \cdot \mu}{k} = 7.88$$

Por lo que:

$$Nu = C \cdot (Re)^n \cdot (Pr)^{0.333}$$

$$Nu = (0.683) \left(\frac{3089}{H} \right) (7.88)^{0.333} \tag{7.8}$$

$$Nu = \frac{57.52}{H^{0.466}}$$

Con este término se obtiene el valor de altura mínima (H) necesaria para el recuperador de calor:

$$h = \frac{Nu \cdot k}{\phi_2} = \frac{\left(\frac{57.52}{H^{0.466}}\right) (0.595)}{0.6} \quad (7.9)$$

$$h = \frac{57.04}{H^{0.466}} \left[\frac{W}{^{\circ}C m^2} \right]$$

Adicionalmente, se obtiene el valor de la temperatura promedio de pared, para lo que se toma siete temperaturas en diferentes puntos de la chimenea, a la altura de donde se colocará el intercambiador. Se promedian:

Tabla 7.1 Mediciones de la temperatura de pared de chimenea del caldero

T° de pared	
197	
189	
190	
188	
203	
191	
204	
Sumatoria	1362
Promedio (Tf)	195

Fuente: CHOVA DEL ECUADOR

Reemplazando todos los términos en la ecuación de transferencia de calor por convección:

$$Q = h \cdot Ac \cdot (Tf - To)$$

$$Q = \left(\frac{57.04}{H^{0.466}}\right) \cdot ((0.2) \cdot \pi \cdot H) \cdot (195 - 20) \quad (7.10)$$

$$Q = \frac{6271.9 H}{H^{0.466}} \rightarrow \text{Ecuación 1}$$

El valor de Q se obtiene de la siguiente ecuación:

$$Q = m_{H_2O} \cdot C_{p_{H_2O}} \cdot \Delta T_{H_2O}$$

$$Q = (3.628 \times 10^{-3}) \left[\frac{m^3}{s} \right] \cdot 4186 \left[\frac{J}{Kg \cdot ^\circ C} \right] \cdot (70 - 20) [^\circ C] \quad (7.11)$$

$$Q = 759.35 [Watts]$$

Reemplazando el valor del calor (Q) en la ecuación 7.10:

$$759.35 = \frac{6271.9 H}{H^{0.466}}$$

$$759.35 H^{0.466} = 6271.9 H$$

Se obtiene el valor de la altura mínima necesaria del recuperador de calor, así:

$$H = 0.02 \text{ m.}$$

La altura mínima del recuperador para satisfacer con las necesidades planteadas de temperatura del agua para la preparación de solución jabonosa debe ser de 0.02 metros.

En consecuencia, el intercambiador de calor tendrá una altura de 50 centímetros. La temperatura del agua se estabilizará en los tanques de solución añadiendo agua a menor temperatura, hasta que el líquido alcance la temperatura necesaria para entrar al proceso.

7.2 IMPACTO AMBIENTAL

La construcción del intercambiador de calor está pensada también para disminuir la temperatura de chimenea a la cual se evacúan los gases de

escape, esto como un efecto reductor del calentamiento atmosférico, fenómeno que cada vez se lo controla de mejor manera.

Además se reduce el consumo de diesel y de aceite térmico, puesto que se evita que el agua se caliente mediante una línea de aceite en el interior del tanque que la almacena, aunque esta línea no será suprimida definitivamente, solo se la mantiene por motivos de contingencia, más no para su uso continuo.

CAPITULO 8

ANÁLISIS ECONÓMICO – FINANCIERO

8.1 ANTECEDENTES

El equipo actual en la planta de emulsiones asfálticas ha cumplido su vida útil por lo que es más propenso a paradas por daños. Además se debe tener en cuenta que el nivel de exigencia por los volúmenes de producción actuales la desgasta más aceleradamente. Si no se ejecutara el proyecto la inversión a realizar sería de al menos \$ 10.000 para mantener el equipo operando, pero existe la posibilidad de no poder enfrentar la creciente demanda del mercado por fallas del equipo y por tanto incumplir los compromisos adquiridos con los clientes.

Ante la creciente demanda por el uso de emulsiones asfálticas, existe el riesgo de permitir el ingreso a nuevos competidores productores de emulsiones asfálticas al mercado nacional, por lo que se ha visto la necesidad de ampliar la capacidad de la actual planta de emulsiones asfálticas de Chova del Ecuador.

Es por eso que para atender de mejor forma los pedidos es necesaria la reducción de tiempos de entrega de acuerdo con los consumos requeridos en obra, además la actual cantidad de clientes y los diversos tipos de emulsiones.

8.2 PROYECCIÓN DE VENTAS

Se ha tomado en cuenta para el estudio del actual proyecto, un resumen histórico de las ventas y una proyección de ventas constante estimado de 350.000 galones, a partir de el año 2008 hasta el 2017, lo que representa un incremento del 20% con respecto al plan de negocios del año 2007.

El análisis y justificación del proyecto se lo realiza con ventas promedio de \$ 400.000 anual a un precio estimado actual de \$ 1.10/gal. No se ha proyectado un crecimiento importante de las ventas dentro de este período pero para la

evaluación las ventas por sobre este nivel mejoran los beneficios del proyecto lo cual se reflejará en la tasa interna de retorno y tiempo de recuperación de la inversión.

8.2.1 VARIABLES

8.2.1.1 Variables económicas

Inflación	3,5 %
P. I. B.	4,0 %
Tasa de descuento	12%

8.2.1.2 Aspectos legales, reglamentarios y políticos

Duración del Régimen actual	4 años
Régimen laboral (Sueldo Básico)	\$ 200,00
Tratamiento tributario	12 % IVA

8.2.1.3 Variables Precios en el mercado

Precios del Petróleo	Entre \$ 80 a \$ 100 por Barril
Subsidio del precio del asfalto	18 % respecto Argus WTI ⁶ .

8.2.1.4 Variables Técnicas

Tiempo para mantenimiento mayor:	3 años.
Tiempo de Garantía contra defectos de fabricación:	1 año

⁶ WTI: Western Texas Indicator

8.3 ESTUDIO DEL MERCADO

8.3.1 ANÁLISIS DE LA OFERTA

En el mercado nacional se presentan los siguientes productores de Emulsiones Asfálticas con sus respectivos clientes:

Tabla 8.1 Empresas que producen emulsiones asfálticas con sus cantidades y clientes

Ítem	Empresa	Capacidad (Ton/h)	Ubicación Geográfica	Clientes
1	EMULPAC	20	13	Municipio de Guayaquil
				Concretos y Prefabricados
				Same
				Licosa
				MOP
				Cuerpo de Ingenieros
2	Herdoiza Crespo	37	8	Varios
				Panavial
3	CHOVA DEL ECUADOR	5	16	Herdoiza Crespo Construcciones
				Dirección de Aviación Civil
				Obraciv
				EMOP
				PCV
				Coandes
				Menatlas
				Modelco
				Chova - Imprimantes
Varios				
4	Constructora POGGI	37	12	Constructora Poggi
				MOP

Fuente: Archivo del departamento de planificación – CHOVA DEL ECUADOR

8.3.2 ANÁLISIS DE LA DEMANDA

La demanda o consumo histórico de Chova del Ecuador S.A., ha sido creciente conforme se muestra en el siguiente gráfico.

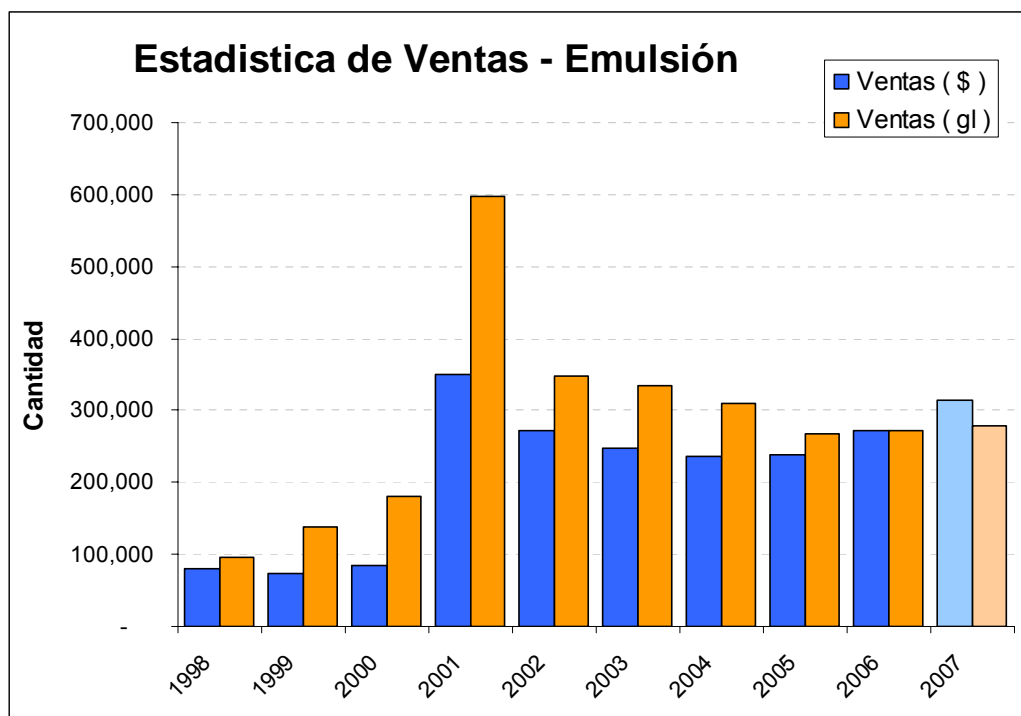


Figura 8.1 Demanda hasta el primer semestre del 2007 de CHOVA DEL ECUADOR

Las ventas del año 2007 corresponden a datos de los primeros 6 meses, situación que permite establecer que es necesario implementar el proyecto ya que el nivel de consumo crecerá, debido a que los clientes han aceptado este tipo de productos en obras de mantenimiento vial y actualmente ya se están especificando aplicaciones de este tipo en entidades públicas como la Empresa Metropolitana de Obras Públicas EMOP-Q, el HCPP y el MOP.

8.3.3 ANÁLISIS DE PRECIOS

El análisis del margen esperado se detalla a continuación manteniendo como referencia el precio del Asfalto en Terminal \$ 0,25 por kg.

Tabla 8.2 Tipos de emulsiones con sus respectivos precios

TIPO EMULSIÓN	COSTO Gal [\$]	MARGEN	PRECIO gal [\$]
Emulsión Catiónica Css-1h	0.88	20%	1.10
Emulsión Catiónica CRS-1	0.88	20%	1.10
Emulsión Catiónica CSS-1h - SBR 3%	1.24	20%	1.55
Emulsión Catiónica CQS	1.00	20%	1.25

Fuente: CHOVA DEL ECUADOR

Los precios de la competencia se presentan a continuación:

Tabla 8.3 Precios de otra empresas productoras de emulsiones⁷

Ítem	Descripción del Producto	Precio a Distribuidor: gal [\$]			
		Emulpac	HCC	Chova	Poggi
1	Emulsión Catiónica Css-1h	1.19	N/D	1.1	N/D
2	Emulsión Catiónica CRS-1	N/D	N/D	1.1	N/D
3	Emulsión Catiónica CSS-1h - SBR 3%	1.62	N/D	1.55	N/D
4	Emulsión Catiónica CQS	N/D	N/D	1.25	N/D

Fuente: CHOVA DEL ECUADOR

8.4 INVERSIÓN

La inversión es de \$ 140.363 para diseño y construcción del sistema, obra civil menor, instalación de tuberías y traslado de tanques de almacenamiento.

No se prevé inversión en capital de trabajo, es decir no se requiere incremento en inventario de materias primas, suministros e insumos de producción.

No se prevé inversiones por readecuaciones.

Se ha considerado para la justificación los siguientes factores:

⁷ **Nota:** Precios no incluyen IVA
Herdoiza Crespo Construcciones no vende al público en general
Poggi tiene el método de trabajo por licitación de obras

8.4.1 PRODUCTIVIDAD

- Al pasar de 5 ton/hr a 16 ton/hr, la capacidad productiva de la planta se incrementa en un 220%.

8.4.2 MEJORAS EN LOS TIEMPOS DEL PROCESO

- El tiempo de la mano de obra por preparación se estima que no se reducirá.
- La productividad de la mano de obra mejorará ya que actualmente se produce 6.000 galones en 8 horas, con el nuevo equipo la producción se estima que se logrará realizar 6.000 galones en 3 horas y media aproximadamente.
- El tiempo disponible del operador se destinará a pruebas y ensayos de laboratorio para el diseño, desarrollo y control de calidad del producto así como también en calibraciones de los equipos.

8.4.3 REDUCCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO.

La reubicación de la planta contempla la reducción de al menos 50 metros de tubería, tramo en el cual existen pérdidas de temperatura, lo que obliga a utilizar mayor cantidad de aceite térmico para mantener la temperatura de la línea y como consecuencia, aumenta el consumo de diesel.

El proyecto también contempla la instalación de un sistema de calentamiento de agua mediante el aprovechamiento de gases de combustión del caldero horizontal, con lo cual se estima lograr una reducción del 10% por consumo de combustible.

El proceso con mayor capacidad de producción hace que el asfalto en almacenamiento se mantenga menos tiempo a la temperatura requerida, estimando, que con esta reducción de consumo energético se puede lograr ahorrar 40 galones de combustible por cada 6000 gal. de producción de emulsión, es decir \$ 40 por cada 6000 gal. de emulsión.

8.4.4 INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN DIARIA

Con la implementación del proyecto se estima producir un 100% adicional es decir pasar de 6.000 galones a 12.000 galones en 8 horas.

Representa una ventaja competitiva el incremento de la producción en un 100%. Lo cual permite establecer una barrera a la entrada de nuevos competidores en la zona de influencia.

8.4.5 DEPRECIACIÓN

La vida útil proyectada es de 10 años con una depreciación anual del 10%.

Para el análisis del flujo de caja se ha considerado el valor de la depreciación anual correspondiente al valor de la inversión dividido por 10 años.

8.4.6 INVERSIÓN EN INTANGIBLES

- No se considera la inversión en intangibles como patentes o licencias.
- Costos de Inversión por capacitación y conocimiento del sistema de operación no se han considerado.

8.4.7 RECURSOS HUMANOS

- El estudio del proyecto y diseño fue elaborado por dos estudiantes egresados de Ing. Mecánica, coordinando con Gerencia de Planta y su posterior construcción se realizará con recursos propios, utilizando al equipo técnico de mantenimiento y proyectos.
- Para la automatización y conexiones eléctricas se cuenta con apoyo externo necesario para la ejecución del proyecto hasta el óptimo funcionamiento.
- El responsable del manejo del sistema es el Supervisor de Producción de Emulsiones.

8.4.8 CONTRATACIÓN DE PERSONAL

No se contempla la contratación de personal especializado para la operación, mantenimiento, etc. Para esto se contará con recurso humano propio de la empresa.

8.5 DETERMINACIÓN DE COSTOS

8.5.1 MATERIALES

En las siguientes tablas se encuentran los costos de los materiales que forman parte de la instalación de la nueva planta de emulsiones asfálticas en CHOVA DEL ECUADOR.

Tabla 8.4 Costo de materiales para instalación de la planta de emulsiones asfálticas

LISTA DE MATERIALES				
Ítem	Descripción	Cant.	Valor Unitario (\$)	Valor Total (\$)
1	Molino Coloidal G-75 (4.000 GPH) - 75 hp	1	\$ 38,000	\$ 38,000
2	Bomba de Solución – LVP 41027 (316 ss)	1	\$ 3,500	\$ 3,500
3	Variador de velocidad 5 hp	1	\$ 1,500	\$ 1,500
4	Motor eléctrico 5 hp	1	\$ 500	\$ 500
5	Bomba de Despacho - Emulsión Asfáltica – LS 224A	1	\$ 11,947	\$ 11,947
6	Bomba dosificadora Aceite Plastificante	1	\$ 2,500	\$ 2,500
7	Bomba de Emulsión	1	\$ 11,947	\$ 11,947
8	Base soportante motor y bomba	1	\$ 300	\$ 300
9	Motor eléctrico 10 hp	1	\$ 800	\$ 800
10	Bomba de Asfalto KK-224A - Motor – Variador	1	\$ 11,787	\$ 11,787
11	Tanque de Almacenamiento vertical	1	\$ 20,000	\$ 20,000
12	Tablero de control	1	\$ 3,000	\$ 3,000
13	Instrumentación y control	1	\$ 4,500	\$ 4,500
14	Tablero de válvulas y mando	1	\$ 3,000	\$ 3,000
15	Equipos, suelda, herramientas varias	1	\$ 4,000	\$ 4,000
16	Tubería de acero negro sin costura 3"	80	\$ 17	\$ 1,344
17	Codo roscado 3"	12	\$ 4	\$ 52
18	Tee roscado 3"	3	\$ 10	\$ 30
19	Neplo corrido 3"	15	\$ 16	\$ 239
20	Universal 3"	8	\$ 18	\$ 144
21	Tubería de acero negro sin costura 4"	60	\$ 24	\$ 1,411
22	Codo roscado 4"	12	\$ 8	\$ 101

23	Tee roscado 4"	4	\$	12	\$	50
24	Neplo corrido 4"	15	\$	21	\$	308
25	Universal 4"	8	\$	25	\$	200
26	Válvula bola 3" roscable acero	10	\$	120	\$	1,200
27	Manguera flexible alma acero inoxidable 3/4" – 50 cm.	14	\$	80	\$	1,120
28	Suministros y materiales varios	1	\$	400	\$	400
Total Materiales y Equipos					\$	123,879

Fuente: Proveedores de CHOVA DEL ECUADOR

8.5.2 MANO DE OBRA

8.5.2.1 Mano de obra ingeniería

Para la determinación del costo de diseño del proyecto, como se mencionó anteriormente, serán 2 las personas que estarán a cargo del diseño. Entonces:

$$\# \text{ Estudiantes} = 2$$

$$\# \text{ meses desarrollo proyecto} = 4$$

$$\text{Salario / Estudiantes} = \$350$$

$$\text{Diseño del proyecto} = \left(350 \frac{\text{USD}}{\text{ingeniero} \times \text{mes}} \times 2 \text{ing} \times 4 \text{meses} \right) \quad (8.1)$$

$$\text{Diseño del proyecto} = 2800 \text{ USD}$$

8.5.2.2 Mano de obra personal técnico

El personal técnico será propio de la empresa y se dedicará en el tiempo indicado únicamente a la instalación de la planta de emulsiones por lo que:

$$\# \text{ tecnicos} = 5$$

$$\# \text{ meses instalación} = 4$$

$$\text{Salario / técnico} = \$300$$

El costo de M.O.⁸ durante el periodo de instalación es:

⁸ MO: Mano de obra

$$\text{mano de obra instalación} = 300 \frac{\text{USD}}{\text{técnico} \times \text{mes}} \times 5 \text{téc} \times 4 \text{ meses}$$

(8.2)

$$\text{mano de obra instalación} = 6000 \text{ USD}$$

$$\text{COSTO TOTAL M.O} = \text{Diseño del proyecto} + \text{M.O instalación}$$

$$\text{COSTO TOTAL M.O} = 6000 + 2800$$

$$\text{COSTO TOTAL M.O} = 8800 \text{ USD}$$

8.5.3 OTROS COSTOS

8.5.3.1 Mantenimiento

Dentro de los costos es muy importante el de mantenimiento anual que se realizará a toda la planta de emulsiones. Aquí también se considera el área de calderos que también interviene en el proceso de fabricación.

En la tabla 8.5 se detalla cada ítem que está sometido a mantenimiento con su respectivo costo anual promedio. Las actividades de los mismos se encuentran detalladas en los anexos (Ver Anexo E)

Para el análisis del flujo de caja se ha tomado un promedio de 13.000 USD para los 3 primeros años de funcionamiento de la planta y en los siguientes períodos se irá incrementando acorde al desgaste de los equipos que también incluyen reparaciones y compra de repuestos estimados en los valores indicados en la tabla 8.5

8.5.3.3 Transporte

Para el traslado del tanque de almacenamiento de emulsión desde el taller de fabricación hasta la planta y también para la movilización de los ya existentes se han estimado 1.000 dólares para estos gastos.

Tabla 8.5 Costo de mantenimiento de la planta de emulsiones asfálticas

Área	Ítem	Descripción	COSTO
CALDEROS	1	Bomba de descarga de Asfalto	180
	2	Motor de Bomba de descarga de Asfalto	100
	3	Tablero de mando	100
	4	Tanque de Almacenamiento de Asfalto N° 01	220
	5	Tanque de Almacenamiento de Asfalto N° 02	220
	6	Caldero N° 01	120
	7	Quemador N° 01	1000
	8	Chimenea N° 01	500
	9	Bomba de Aceite Térmico N° 01	400
	10	Motor Eléctrico de Bomba de Aceite Térmico N° 01	100
	11	Caldero N° 02	120
	12	Quemador N° 02	1000
	13	Chimenea N° 02	500
	14	Bomba de Aceite Térmico N° 02	400
	15	Motor Eléctrico de Bomba de Aceite Térmico N° 02	120
	16	Motobomba de Aceite Térmico	110
	17	Tablero de Control y Mando de Calderos	120
	18	Bomba de Alimentación de Asfalto	610
	19	Motor Eléctrico de Bomba de Asfalto	120

EMULSIONES	20	Aceite térmico	500
	21	Tanque de Almacenamiento de Agua	110
	22	Motobomba de Agua	140
	23	Bomba de Aceite Plastificante	450
	24	Motor Eléctrico de Bomba de Aceite Plastificante	110
	25	Tablero de Alimentación y Control E.	150
	26	Bomba de Asfalto	620
	27	Motor Eléctrico de Bomba de Asfalto	120
	28	Tanque de Preparación de Solución N° 01	250
	29	Motor Eléctrico de T.P.S N° 01	120
	30	Tanque de Preparación de Solución N° 02	250
	31	Motor Eléctrico de T.P.S N° 02	120
	32	Bomba de Solución Jabonosa	600
	33	Motor Eléctrico de Bomba de Solución Jabonosa	100
	34	Molino Coloidal	500
	35	Motor Eléctrico de Molino Coloidal	150
	36	Tablero de Mando	200
	37	Bomba de Descarga de Emulsión	600
	38	Motor Eléctrico de Bomba de Descarga de Emulsión	150
	39	Tanque de Almacenamiento de Emulsión N° 01	500
	40	Tanque de Almacenamiento de Emulsión N° 02	500
	41	Tanque de Almacenamiento de Emulsión N° 03	500
	42	Bomba de Despacho de Emulsión	600
	43	Motor Eléctrico de Bomba de Despacho de Emulsión	150
TOTAL			13.530

Fuente: CHOVA DEL ECUADOR

8.6 COSTO TOTAL

Para determinar la inversión total se consideran los gastos que se deben hacer para iniciar la implementación de la planta de emulsiones asfálticas, de tal manera que:

Tabla 8.6 Costo total del proyecto

COSTO TOTAL DEL PROYECTO	
Costo Total Materiales y Equipos	\$ 123.879
Costo Total Mano de obra	\$ 8.800
Costo transporte	\$ 1.000
Imprevistos 5%	\$ 6.684
	\$ 140.363

Fuente: CHOVA DEL ECUADOR

8.7 CÁLCULO DE PARÁMETROS FINANCIEROS

8.7.1 FLUJO DE CAJA, VAN, TIR

Con todas las consideraciones y todos los costos mencionados anteriormente se pueden calcular estos parámetros, los mismos que se muestran en la tabla 8.6. Una vez obtenidos estos valores, se calculan los otros parámetros que completarán la tabla de parámetros financieros.

8.7.2 RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

La recuperación de la inversión está en relación directa al tiempo de vida útil del sistema, por lo cual se pretende alcanzar un beneficio apropiado a largo plazo como indica el gráfico

Como se puede ver en la figura 8.2, la recuperación total de la inversión del proyecto mencionado se prevé recuperarla en un lapso de cinco años a partir del inicio de operaciones de la nueva planta.

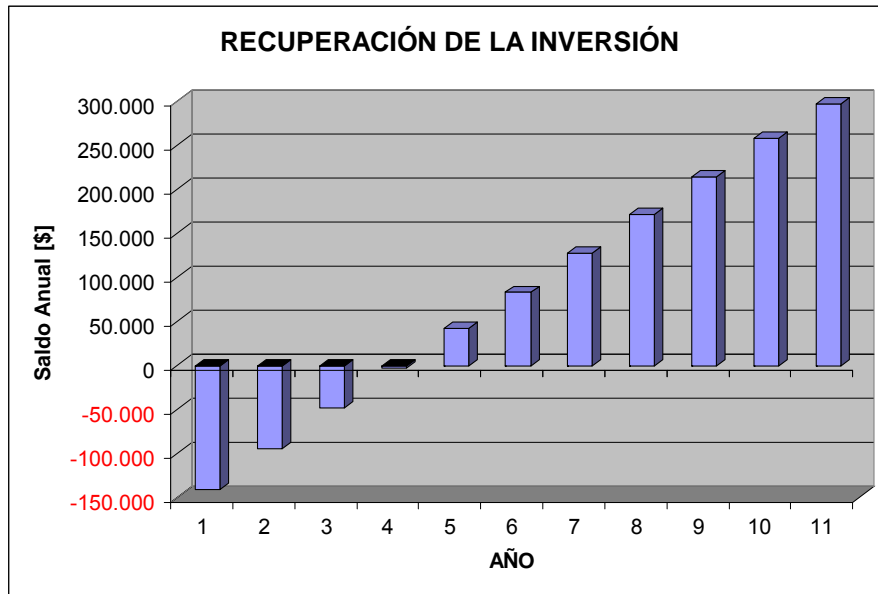


Figura 8.2 Recuperación de la inversión

En los parámetros financieros (tabla 8.7), los resultados son totalmente positivos para la realización de este proyecto ya que la tasa interna de retorno al ser del 29% da considerable confiabilidad y de esta manera se recuperaría la inversión al quinto año de funcionamiento de la nueva planta de emulsiones. De esta manera se cubren los crecientes pedidos de los clientes, obteniendo así mejores resultados para la empresa.

CAPITULO 9

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.5 CONCLUSIONES

Luego de finalizar el proyecto, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

1. La implementación del proyecto generará mayores ingresos a la empresa CHOVA DEL ECUADOR, puesto que la nueva planta abastecerá la creciente demanda del mercado, con tiempos de producción más bajos.
2. La reubicación de la planta de emulsiones asfálticas traerá como resultado un proceso más eficiente, con menos pérdidas energéticas y menos desperdicio de material, lo cual se verá reflejado en un ahorro de dinero para CHOVA DEL ECUADOR.
3. La utilización del recuperador de calor dentro del proceso productivo, terminará siendo un ahorro para la empresa y además, disminuirá el impacto ambiental que genera el escape de gases de combustión al ambiente, a altas temperaturas.
4. El control del proceso de producción por parte del operario en la nueva planta de emulsiones asfálticas será mucho más eficaz y seguro, puesto que se ha considerado un tablero central de control y una mejor distribución de planta.

8.6 RECOMENDACIONES

Para la óptima ejecución del proyecto, se recomienda lo siguiente:

1. Junto a la implementación de este proyecto, se debe tener un plan de ventas en base a la nueva cantidad de producto terminado y así evitar costos de almacenamiento o desperdicio.
2. Es indispensable se tome en cuenta la correcta calibración de cada uno de los elementos de la planta antes que esta empiece a producir, de tal manera que se utilicen las cantidades de material establecidas y no se generen desperdicios.
3. Es recomendable tener una línea de aceite térmico en los tanques de solución, en caso se tenga algún imprevisto con el recuperador instalado en la chimenea del caldero.
4. Es necesario que la persona que vaya a operar la planta de emulsiones, reciba previamente una capacitación en el manejo de sus controles, así como las precauciones que se debe tener con cada elemento del sistema.