

ELABORACIÓN DE MANUALES OPERATIVOS Y ANALISIS DE PROCESO DE
LA PLANTA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA “ASFALTOS Y EMULSIONES DE
COLOMBIA EU”

JENNY ANDREA CIPAGAUTA CARDOZO
YOHANNA MARCELA GARCES OLARTE

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

BUCARAMANGA

2008

ELABORACIÓN DE MANUALES OPERATIVOS Y ANALISIS DE PROCESO DE
LA PLANTA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA “ASFALTOS Y EMULSIONES DE
COLOMBIA EU”

JENNY ANDREA CIPAGAUTA CARDOZO
YOHANNA MARCELA GARCES OLARTE

Trabajo de grado presentado para optar al título de:
Ingenieras Químicas

Director:
Dr. Álvaro Ramírez

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

BUCARAMANGA

2008

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar doy gracias a DIOS, por ser tan bueno y misericordioso, por darme las fuerzas para continuar día a día y por haberme permitido culminar con esta etapa, a lado de los seres más importantes en mi vida.

A mis padres por sus consejos, por ser mi apoyo, mi fuerza, que sin importar las dificultades han luchado por formarme y por hacer de mi lo que hoy soy.

A mis hermanos Lina y Felipe, por todo lo que me han brindado, por su cariño.

A Jairo David por estar a mi lado cuando más lo he necesitado, por su amor, por su confianza.

A Isabel por todo el cariño y apoyo.

Jenny Andrea

Agradezco a Dios y a mi familia por haberme permitido realizar esta etapa tan importante de mi vida, a mi madre por el apoyo incondicional y ánimo en todos los momentos de mi vida, y a todas las personas que me apoyaron y colaboraron en el desarrollo de este proyecto.

Yohanna Marcela

Agradecemos al Ingeniero Jesús de la escuela de Ingeniería química por su apoyo en la realización del proyecto, a Robinson de la planta de emulsión asfáltica por su guía y colaboración y al señor Libardo Cardozo por habernos permitido desarrollar este trabajo en su empresa.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÒN	3
1. CONCEPTOS TEORICOS	
1.1 Generalidades de Asfaltos y Emulsiones de Colombia EU	4
1.2 Materia prima	4
1.2.1 Asfalto	4
1.2.2 Ácido Clorhídrico	5
1.2.3 Aminas	5
1.3 Emulsión asfáltica	5
2. DESARROLLO METODOLOGICO	
2.1 Metodología de trabajo	7
2.1.1 Manual operativo de la planta	8
2.1.2 Manual operativo del laboratorio	9
2.1.3 Manual operativo del manejo de la emulsión	10
3. ANALISIS Y RECOMENDACIONES	
3.1 Análisis y recomendaciones para la planta	12
3.1.1 Sección sistema de almacenamiento	12
3.1.2 Sección de tuberías	15
3.1.3 Sección de bombas	16
3.1.4 Sección de válvulas	18
3.1.5 Sección caldera	19
3.2 Análisis y recomendaciones para el laboratorio	19
4. CONCLUSIONES	23
5. BIBLIOGRAFIA	24

7. ANEXOS

26

ANEXO A: (MANUAL OPERATIVO DE LA PLANTA)

ANEXO B: (MANUAL OPERATIVO DEL LABORATORIO)

ANEXO C: (MANUAL OPERATIVO DE LA EMULSIÓN)

ANEXO D: (FIGURAS)

ANEXO E: (TABLAS)

ANEXO F:(CÁLCULO DE LA EFICIENCIA)

ANEXO G: (RAZONES DEL USO DE LAS BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO
POSITIVO Y SUS DESVENTAJAS)

ANEXO H: (REGLAS DEN EL LABORATORIO.)

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1. Ubicación de las bombas.
- Tabla 2. Tanques de almacenamiento.
- Tabla 3. Válvulas presentes en la zona de los tanques de almacenamiento.
- Tabla 4. Válvulas que intervienen en el molino coloidal.
- Tabla 5. Sistemas de válvulas en la sección recibo de asfalto.
- Tabla 6. Sistemas de válvulas en los tanques de agitación.
- Tabla 7. Sistema de válvulas para el encendido de la caldera.
- Tabla 8. Sistema de válvulas para el descargue de la emulsión.
- Tabla 9. Características del viscosímetro de SAYBOLT-FUROL.
- Tabla 10. Especificaciones de PH Meter CG820.
- Tabla 11. Características del PH Meter CG820.
- Tabla 12. Características del equipo de destilación.
- Tabla 13. Características del Baño María.
- Tabla 14. Características de los tamices.
- Tabla 15. Características del Penetrómetro digital.
- Tabla 16. Combinaciones de tiempo, temperatura, y carga.
- Tabla 17. Principales características del asfalto.
- Tabla 18. Viscosidades centistokes de los grados standarts de Asfaltos según su penetración.
- Tabla 19. Ensayo Fraass.
- Tabla 20. Densidad típica de los asfaltos.
- Tabla 21. Granulometría recomendada por el instituto del asfalto para Mezclas asfálticas.
- Tabla 22. División geográfica de la planta de ASFALTOS Y EMULSIONES DE COLOMBIA EU.
- Tabla 23. Influencia de los parámetros que intervienen en la fabricación de la Emulsión frente a sus propiedades.

- Tabla 24. Tipo de emulsiones catiónicas.
- Tabla 25. Especificaciones de emulsiones catiónicas de rompimiento rápido.
- Tabla 26. Especificaciones de emulsiones catiónicas de rompimiento medio.
- Tabla 27. Especificaciones de emulsiones catiónicas de rompimiento lento.
- Tabla 28. Sistema de dosificación de ASFALTOS Y EMULSIONES DE COLOMBIA.
- Tabla 29. Datos de sistemas de dosificación para la selección adecuada del bombeo.
- Tabla 30. Calculo de viscosidades cinemáticas.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Diagrama actual de la planta
- Figura 2. Diagrama actual del laboratorio
- Figura 3. Diagrama propuesto del laboratorio
- Figura 4. Diagrama propuesto de la planta
- Figura 5. Diagrama procedimiento para la caldera
- Figura 6. Zona de descarga de asfalto
- Figura 7. Diagrama procedimiento descargue del asfalto
- Figura 8. Sistema de agitación
- Figura 9. Diagrama procedimiento para el envío de agua al tanque de agitación
- Figura 10. Diagrama procedimiento para el envío de asfalto al molino coloidal
- Figura 11. Diagrama procedimiento para el envío de la solución
- Figura 12. Molino Coloidal
- Figura 13. Diagrama procedimiento para fabricar la emulsión en el molino coloidal
- Figura 14. Sistema de tanques de almacenamiento.
- Figura 15. Carga la emulsión asfáltica.
- Figura 16. Diagrama procedimiento para el cargue de la emulsión
- Figura 17. Viscosímetro de Saybolt Furol.
- Figura 18. Partes del viscosímetro.
- Figura 19. PH Meter CG 820
- Figura 20. Partes del PH Meter CG 820
- Figura 21. Contenido de Agua
- Figura 22. Partes del equipo de contenido de agua
- Figura 23. Equipo de destilación.
- Figura 24. Partes del equipo de destilación
- Figura 25. Baño maría
- Figura 26. Partes del equipo de Baño maría

Figura 27. Tamices

Figura 28. Partes de los tamices

Figura 29. Penetrómetro digital.

Figura 30. Partes del Penetrómetro digital.

Figura 31. Croquis general de una planta de emulsión asfáltica.

Figura 32. Esquema general de la planta

Figura 33. Quiebre de la emulsión

Figura 34. Representación esquemática de emulsión catiónica

GLOSARIO

AMINAS GRASAS: son compuestos químicos orgánicos que se consideran como derivados del amoniaco y resultan de la sustitución de los hidrógenos de la molécula por los radicales alquilo.

ASFALTOS: Es un material viscoso, pegajoso y de color negro, usado como aglomerante en mezclas asfálticas para la construcción de carreteras o autopistas.

BETUN ASFALTICO: Son los ligantes hidrocarbonados sólidos o viscosos preparados a partir de hidrocarburos naturales por destilación oxidación o cracking.

BOMBAS: Dispositivo empleado para elevar, transferir o comprimir líquidos y gases.

BOMBA CENTRIFUGA: Emplea la fuerza centrifuga para dar presión al líquido y permitir el movimiento del fluido.

BOMBAS ROTATIVAS: Usan engranajes, paletas, pistones, tornillos, levas, y producen un desplazamiento positivo del líquido.

CALDERA: Dispositivo utilizado para calentar agua o generar vapor a una presión superior a la atmosférica.

CARCAZA: De una bomba centrifuga es la “envoltura” del impulsor. Contiene los cojinetes que soportan al eje del impulsor.

CAVITACION: Es un fenómeno causado por la vaporización del líquido dentro de la bomba.

COLOIDE: Suspensión de partículas diminutas de una sustancia, llamada fase dispersada, en otra fase, llamada fase continua, o medio de dispersión.

CORROSIVIDAD: Si el fluido es corrosivo, la bomba requiere sistemas de lavado externo (flush) para mantenerlo alejado del eje.

EMULSIÓN ASFÁLTICA: Son una mezcla de asfalto con emulsificantes que con el agua forman una emulsión estable que permite tender las carpetas asfálticas "en frío", es decir, a temperaturas menores a 100°C.

EMULSIÓN CATIONICA: Son grupos aminos con carga eléctrica positiva, cuando este tipo de emulsificantes actúa en un medio acuoso se disocia y el grupo amino se va a la parte hidrofílica mientras que el radical alquilo se queda en la parte hidrofóbica.

ENGRANAJES: Engranaje, rueda o cilindro dentado empleado para transmitir un movimiento giratorio o alternativo desde una parte de una máquina a otra. Un conjunto de dos o más engranajes que transmite el movimiento de un eje a otro se denomina tren de engranajes.

IMPULSOR: Es el elemento rotativo que transmite energía al líquido.

LEY DE STOKE: se refiere a la fuerza de fricción experimentada por objetos esféricos moviéndose en el seno de un fluido viscoso en un régimen laminar de bajos números de Reynolds.

LIGANTE: Producto que dan poco relleno, dan dureza y le dan solides al agua y tiene como desventaja la poca elasticidad.

LONGITUD DE LA TUBERÍA DE SUCCIÓN: Debe ser corta y sencilla.

- ✓ Las velocidades deben ser entre 3 -10 ft/s
- ✓ Si el Líquido ha sido su enfriado en un condensador , entonces velocidad permisible > 10 ft/s
- ✓ La caída de Presión permisible es de 1 PSI / 100 ft de longitud.
- ✓ Si diámetro tubo de succión es > de 10 in , se pueden tener velocidades más altas a las permitidas en tuberías de 2 a 6 in

PÉRDIDAS A LA ENTRADA Y SALIDA: Depende de la forma de la entrada al tubo, se aconseja una boca acampanada tanto en la succión como en la descarga. Si el tubo final descarga dentro de la masa del líquido, se pierde por completo la carga de velocidad, por tanto se debe considerar dentro de las pérdidas totales de fricción.

PÉRDIDAS POR FRICCIÓN: Son las pérdidas de presión debidas a los esfuerzos de corte interno en el líquido y la turbulencia a lo largo de las paredes de las tuberías debido a la rugosidad.

PRESION DE SUCCION: Existe cuando la toma de la alimentación está por encima de la línea central de la bomba.

PRESION DE VAPOR: Presión de vapor de un líquido a una temperatura dada es la presión ejercida por el vapor en equilibrio con el líquido a la misma temperatura.

SEDIMENTACIÓN: Indica la tendencia de las partículas de asfalto a perder la estabilidad, durante el almacenamiento de la emulsión.

SSU: Segundos Saybolt Universales.

VISCOSIDAD: Es la resistencia que ofrecen las partículas del líquido respecto de unas con otras.

Los Líquidos se clasifican en:

- ✓ Newtoniano: La viscosidad no se afecta con la agitación a Temperatura constante. Destilados, agua.
- ✓ Thisotrópico: La viscosidad disminuye con la agitación a temperatura constante. Grasas, Asfaltos.
- ✓ Dilatante: La viscosidad aumenta con la agitación a Temperatura constante. Slurry.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Elaboración del manual operativo de la planta, para el laboratorio, para manejo de la emulsión, y análisis del proceso con el fin de hacer más eficientes las labores desarrolladas por el personal de la empresa y mejorar su proceso de producción, para lograr la certificación de las normas ISO 9001 y 14001.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar los manuales operativos correspondientes a la planta, el laboratorio y el manejo de la emulsión.
- Realizar un análisis del proceso con el fin de hacer más eficientes las labores desarrolladas por el personal de la empresa para mejorar su proceso de producción, y lograr la certificación de las normas ISO 9001 y 14001.
- Estandarizar los procedimientos realizados por los trabajadores para la elaboración de la emulsión asfáltica.
- Dar a conocer a los operadores e ingenieros los manuales operativos realizados para que se familiaricen y los usen y apliquen de la mejor forma dando como resultado una mejor calidad de la emulsión.
- Elaborar un análisis como alternativa de mejoramiento de proceso.

RESUMEN

TITULO: PRACTICA EMPRESARIAL “ELABORACIÓN DEL MANUAL OPERATIVO DE LA PLANTA DE EMULSION ASFALTICA DINASFALTOS LTDA”*

AUTORES: JENNY ANDREA CIPAGAUTA CARDOZO**
YOHANA MARCELA GARCES OLARTE**

PALABRAS CLAVES: Asfaltos, Emulsión, aminas grasas, ácido clorhídrico, manual operativo, asfalto y emulsiones de Colombia EU.

DESCRIPCIÓN:

La elaboración del manual operativo que se desarrolla en las instalaciones de la empresa Asfaltos y emulsiones de Colombia EU, busca un aporte a la complementación en la certificación de la norma ISO 9001:2000 y con proyecciones para su futura certificación en ISO 14001:2004 con el fin de hacer más eficiente las labores desarrolladas por el personal de la empresa y como contribución al medio ambiente y su desempeño en la calidad del producto que se está ofreciendo.

El objetivo de este trabajo es dar a conocer, el proceso que se realiza en las instalaciones de la planta de emulsión asfáltica de Barrancabermeja a través del manual operacional; y de igual forma una propuesta para su continuo mejoramiento tanto en equipos como en el proceso, buscando que sea una herramienta para facilitar sus funciones y alcanzar la estandarización del mismo.

En el primer capítulo se encuentran las generalidades del trabajo realizado, se hace una breve introducción sobre la materia prima, la emulsión asfáltica y sus usos; con los equipos en general, con el fin de presentar un contexto del tema a tratar.

Posteriormente en el capítulo segundo se desarrolla la metodología empleada para la descripción de forma detallada y concisa del proceso de elaboración del manual operativo; y por último en el capítulo tres se realiza un análisis aplicando los conocimientos de la ingeniería con el fin de obtener la mejora del proceso de producción realizado en la planta.

La práctica industrial es una valiosa oportunidad para crecer tanto profesional como integralmente.

Proyecto de grado: Elaboración de manuales operativos y analisis de proceso de la planta de emulsión asfáltica “asfaltos y emulsiones de Colombia EU”

Facultad: Ingenierías Físicoquímicas **Escuela:** Ingeniería Química **Director:** Álvaro Ramírez García

ABSTRACT

TITLE: PRACTICES MANAGERIAL “ELABORATION OF THE OPERATIVE MANUAL OF THE PLANT OF ASFALTOS Y EMULSIONES DE COLOMBIA EU” *

AUTHOR(S): JENNY ANDREA CIPAGAUTA CARDOZO **
YOHANA MARCELA GARCES OLARTE **

KEY WORDS: Asphalts, Emulsion, fatty aminas, hydrochloric acid, operative manual, Asfaltos y emulsiones de Colombia EU.

DESCRIPTION:

The elaboration of the operative manual that is developed in the facilities of the company Asphalts and emulsions of Colombia UNITED STATES, looks for a contribution to the complementation in the certification of the norm ISO 9001:2000 and with projections for its future certification in ISO 14001:2004 with the purpose of making more efficient the works developed by the personnel of the company and I eat contribution to the environment and its acting in the quality of the product that is offering.

The objective of this work is to give to know, the process that is carried out in the facilities of the plant of asphaltic emulsion of Barrancabermeja through the operational manual; and of equal it forms a proposal for its continuous improvement as much in teams as in the process, looking for that it is a tool to facilitate its functions and to reach the standardization of the same one.

In the first chapter they are the generalities of the realized work, a brief introduction is made on the raw material, the asphaltic emulsion and its uses; with the teams in general, with the purpose of presenting a context of the topic to try.

Later on in the chapter second the methodology is developed used for the description in detailed and concise way of the process of elaboration of the operative manual; and lastly in the chapter three are carried out an analysis applying the knowledge of the engineering with the purpose of obtaining the improvement of the realized production process in the plant.

The industrial practice is a valuable opportunity to grow so much professional as integrally.

Grade project: Elaboration of operative manuals and analysis of process of the plant of asphaltic emulsion “asphalts and emulsions of Colombia UNITED STATES”

Ability: Engineerings Physiochemical School: Engineering Chemical Director: Álvaro Ramírez García

INTRODUCCIÓN

La empresa “Asfaltos y emulsiones de Colombia EU”, planta generadora de emulsión asfáltica a escala piloto, ha estado en funcionamiento durante varios años, es un negocio familiar y aunque se detuvo su manufactura desde 1992 hasta 2005 la nueva gerencia se ha preocupado por tener una visión más amplia para el crecimiento y surgimiento en el mercado especializado.

El presente trabajo tiene como objetivo mejorar la calidad de producción de la emulsión, alcanzando beneficios económicos para la empresa y como aporte para la organización en el desarrollo de la implementación en la norma ISO 9001:2000, como inicio y requisito de la certificación de la norma ISO 14001:2004. Bajo este panorama, el desarrollo de una práctica empresarial en dicho proceso permite ampliar y aplicar de una manera única y valiosa los conocimientos aprendidos en el desarrollo de la carrera.

La meta de este trabajo es dar a conocer el contexto general y específico de los manuales de la planta y el laboratorio de control de calidad. Conocer la emulsión con su correspondiente aplicación. Se incluye un análisis del proceso y el producto con el fin de mejorarlos.

El desarrollo de este trabajo será en líneas generales el siguiente: en la primer capítulo encontramos los conceptos teóricos claves y definiciones básicas sobre que es una emulsión asfáltica, asfalto, aminas y ácido sulfúrico, además se incluye una breve introducción sobre quien es “Asfaltos y emulsiones de Colombia EU”. En el capítulo siguiente se encuentra el desarrollo en el que describe detalladamente la metodología del trabajo, en la última sección encontramos el análisis realizado al proceso con sus respectivas recomendaciones.

1. CONCEPTOS TEÓRICOS

“Asfaltos y emulsiones de Colombia EU”, empresa vinculada al desarrollo del país hace más de 33 años, espera que los manuales realizados sean de utilidad para quienes tengan a cargo la ejecución de este tipo de procesos y reitera su disponibilidad para el suministro de emulsiones asfálticas catiónicas y asesoría técnica, así como para la construcción y mantenimiento de pavimentos en general.

1.1 Generalidades de Asfaltos y emulsiones de Colombia EU

Asfaltos y emulsiones de Colombia EU tiene a cargo la compra, venta, distribución y transporte de asfaltos líquidos mediante la organización y administración de los establecimientos fabriles y comerciales necesarios y convenientes para el desarrollo de la actividad; la inversión de sus bienes en la actividad del transporte de carga a nivel nacional, en todas sus modalidades.

1.2 MATERIA PRIMA

1.2.1 Asfaltos

El asfalto es un producto natural que se obtiene como residuo de la destilación al vacío del crudo pesado, constituido principalmente por asfáltenos, resinas y aceites, capaz de resistir altos esfuerzos instantáneos y fluir bajo acción de calor o cargas permanentes. Los hidrocarburos constituyentes del asfalto forman una solución coloidal en la que un grupo de moléculas de los hidrocarburos más pesados (asfáltenos) están rodeados por moléculas de hidrocarburos más ligeros (resinas), sin que exista una separación entre ellas, sino una transición, finalmente, ocupando el espacio restante los aceites. Los asfáltenos cargan con la responsabilidad de las características estructurales y de dureza de los asfaltos, las resinas le proporcionan sus propiedades aglutinantes y los aceites la consistencia adecuada para hacerlos trabajables.

Su color varía entre el café oscuro y el negro; de consistencia sólida, semisólida o líquida, dependiendo de la temperatura a la que se exponga o por la acción de disolventes de volatilidad variable o por emulsificación.

1.2.2 Ácido Clorhídrico

Es conocido industrialmente como ácido muriático, es una disolución acuosa del gas cloruro de hidrógeno, es un ácido fuerte, corrosivo, no inflamable, olor fuerte e irritante, se emplea comúnmente como reactivo químico, tiene como función disminuir el pH del agua al mezclarlo con el asfalto para que no altere las propiedades de la emulsión asfáltica.

1.2.3 Aminas

Las aminas son compuestos químicos orgánicos que se consideran como derivados del amoníaco y resultan de la sustitución de los hidrógenos de la molécula por los radicales alquilo. Según se sustituyan uno, dos o tres hidrógenos, las aminas serán primarias, secundarias o terciarias, respectivamente y son altamente polares, cumplen con la función de emulsificante es decir como ligante del agua y el asfalto, las aminas comúnmente usadas son el Áster 400 y 208.

1.3 Emulsiones Asfálticas

Según la norma IRAM 6691 Las emulsiones son dispersiones coloidales de glóbulos de asfalto dentro de una fase acuosa, compuesta generalmente, por agua y un agente emulsivo. Los glóbulos de asfalto constituyen la fase discontinua, mientras que el agua y el emulsivo conforman la fase continua de la dispersión. Desde el punto de vista físico-químico es una dispersión fina estabilizada de un líquido en otro no miscible entre sí por medio de un producto químico emulsionante.

Los emulsionantes tienen la función de ligar el agua y el asfalto y así clasificarlo ya sea de tipo aniónico o catiónico.

Las emulsiones son sistemas formados por dos fases parcial o totalmente inmiscibles, una forma es la llamada fase continua (o dispersante) y la otra la fase discreta (o dispersa), en forma de gotas cuyo diámetro medio puede variar desde fracciones de micra hasta 14-16 micras, son estos tamaños tan pequeños los que dan a las emulsiones sus importantes e interesantes propiedades.

2. DESARROLLO METODOLOGICO

2.1 METODOLOGÍA DE TRABAJO

En la figura 1 se observa un esquema muy general del proceso de producción de emulsión asfáltica, de cual se parte para llevar a cabo la realización de los manuales operativos y el correspondiente análisis al proceso.

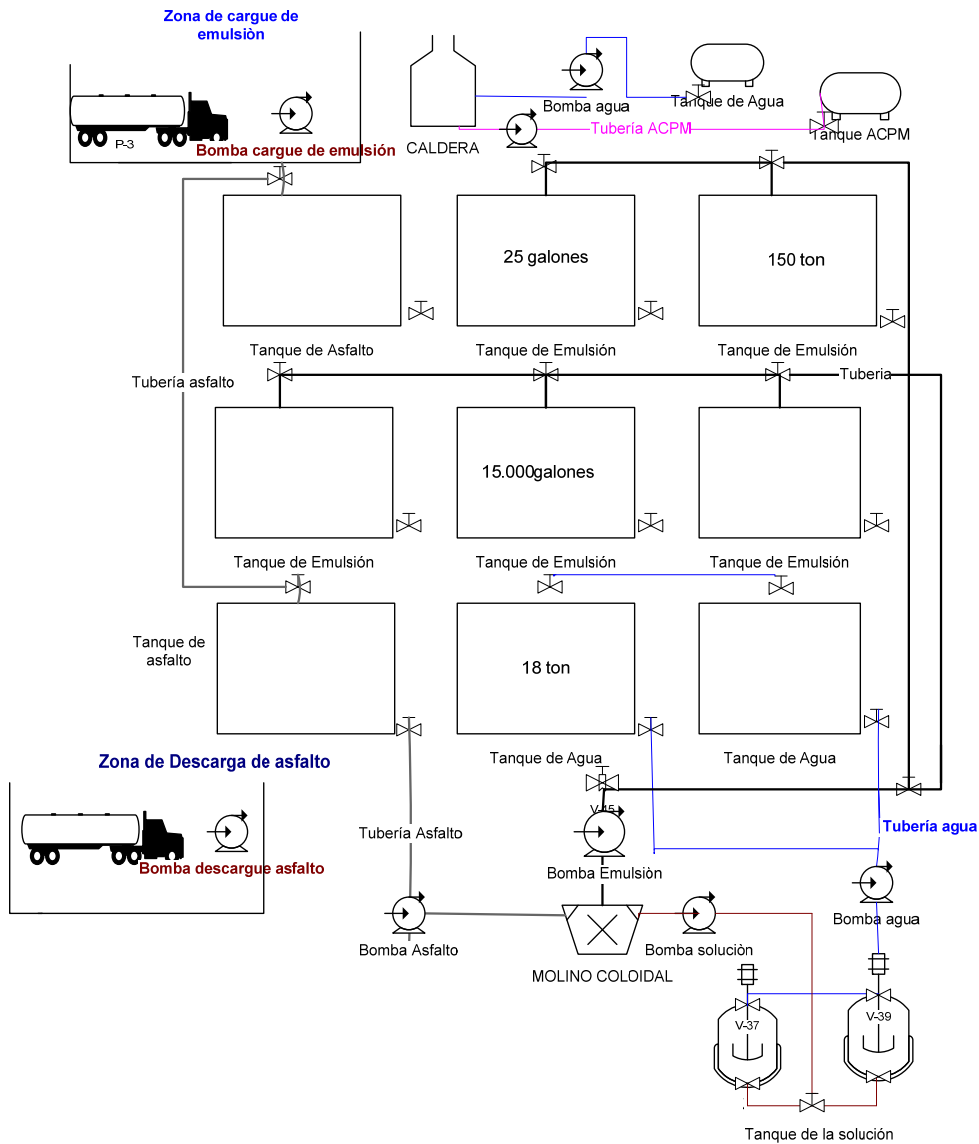


Figura 1. Diagrama actual de la planta de emulsiones asfálticas

Basados en la figura 1 la metodología que se va desarrollar consta de cuatro etapas; las tres primeras se realizan de acuerdo a los siguientes ítems y en la última etapa se presentan los análisis y resultado.

Paso 1: Formulación del problema.

Paso 2: Recopilación de la información en el campo de acción. Diagnóstico de funcionamiento de cada equipo dentro del proceso, identificación de las variables que intervienen en el problema, descripción general de la actividad.

Paso 3: Análisis de los datos recopilados

Paso 4: Resultado final con sus respectivas recomendaciones.

2.1.1 MANUAL OPERATIVO DE LA PLANTA

Paso 1: Desorganización operativa en las funciones de la planta, que conllevan a su mal funcionamiento, se requiere implementar una serie de normas que mejoren el proceso.

Paso 2: Para recopilar la información de campo es necesario tener en cuenta las variables que intervienen en el proceso como la temperatura a la entrada y salida de los tanques de almacenamiento, la caída de presión a la entrada y salida de las tuberías, concentración en el tanque de agitación de la mezcla, tiempo de producción del proceso, su manejo es primordial para la calidad de la emulsión asfáltica, no se controlan puede causar alteración en todas sus propiedades físico-químicas, por ejemplo en las propiedades reológicas como la viscosidad.

En la tabla 23 se recopila de manera resumida, la influencia de los parámetros que intervienen en la fabricación de una emulsión frente a sus propiedades.

Paso 3: Para el análisis realizado se toman los datos obtenidos, se recopilan en diagramas de flujo, estos permiten ver el comportamiento de los equipos en el proceso, y así realizar un análisis en el sistema de producción general, luego se analiza el procedimiento que lleva a cabo cada uno de los equipos como la caldera, la sección de recibo y descargue, el tanque de agitación de la mezcla, el molino coloidal, sistema de bombeo y válvulas, este estudio conlleva a la realización de los manuales operativos que es la información recompilada del proceso, usada como herramienta que permite seguir los procedimientos para el funcionamiento y la fabricación de la emulsión.

Paso 4: Se redacta el manual operativo de la planta de emulsión asfáltica, el cual se puede observar en el anexo A.

2.1.2 MANUAL OPERATIVO DEL LABORATORIO

Paso 1: Falta de un protocolo para la realizar las pruebas correspondientes a la calidad de la emulsión asfáltica.

Paso 2: La recopilación de la información se hace mediante la realización de las pruebas de penetración regida por la norma ASTM D5 E706, Ph por la norma E 768, viscosidad por la norma ASTM D 244E 763 y destilación por la norma ASTM D 402 E723.

Cada una de las pruebas realizadas a la emulsión asfáltica depende exclusivamente del tipo de mezcla a preparar Asfaltos y emulsiones de Colombia EU trabaja con emulsiones catiónicas las cuales se dividen en tres grupos según su velocidad de rotura y se pueden observar en la tabla 24.

Las variables que intervienen en este proceso son la temperatura en la prueba de viscosidad, destilación y penetración, el tiempo y la concentración principalmente en el cálculo del pH, esta relación se puede observar en las tablas 26,27 ,28 donde se especifican las características de la emulsión.

Paso 3: Inicialmente se preparo la mezcla correspondiente a la emulsión se determino la viscosidad y se verificó el funcionamiento y las condiciones de trabajo del viscosímetro Saybolt Furol. Posteriormente la muestra se somete a la prueba de penetración con tres agujas de diferente calibre para determinar cuál es el adecuado, a continuación se hace el cálculo del pH y se verifica el funcionamiento correcto del pH meter, consecutivamente se determina el contenido de humedad y finalmente sometida la emulsión a un baño maría se determina el contenido de residuos por medio de la prueba de destilación. Todo lo anterior permite determinar la calidad de la emulsión que se fabrica siendo este factor importante para el crecimiento de la planta.

Actualmente la planta realiza la mayoría de los ensayos correspondientes para determinar la calidad de la emulsión, pero hace falta implementar un ensayo de gran importancia, la prueba de sedimentación que es regida por las normas ASTM 244 E 764 que indica la tendencia de las partículas de asfalto a perder la estabilidad, durante el almacenamiento de la emulsión. Este ensayo sirve como indicador de la calidad de la emulsión aun cuando esta no sea almacenada.

Paso 4: La recopilación de la información y el desarrollo de la actividad dan como resultado el “manual operativo del laboratorio de Emulsión Asfáltica de la Planta de Asfaltos y Emulsiones de Colombia EU” que se encuentra en el anexo B.

2.1.3 MANUAL OPERATIVO DEL MANEJO DE LA EMULSIÓN

Paso 1: La falta de organización en el transporte, distribución y manejo de la emulsión, conlleva a la realización del manual operativo del manejo de la emulsión.

Paso 2: Para el manejo de la emulsión, las variables que intervienen son la temperatura de emulsión, el tiempo de llenado y vaciado de las materias primas y el producto final y la concentración del emulgente.

Asfalto y emulsiones de Colombia EU, utilizan emulsiones catiónicas (De quiebre rápido, medio, lento y controlado) en los sistemas asfálticos, lo cual permite una buena adhesión química entre el sistema asfáltico y el sustrato pétreo, lo que permite el buen desempeño del asfalto.

Paso 3: Para el análisis del manejo de la emulsión se tiene en cuenta que las emulsiones son de tipo denso, es decir de rompimiento lento, teniendo en cuenta esta condición se estudiaron los diferentes parámetros que intervienen en la formulación de una emulsión asfáltica estos van a determinar las características de la misma y por tanto su comportamiento.

La naturaleza y tipo de asfalto es una de las razones más importante por las cuales las emulsiones asfálticas están siendo usadas considerablemente en la actualidad, para saber el tipo de asfalto que se debe utilizar se realiza la prueba de penetración a dos tipos de asfalto 60/70 y 80/100 esta determina que el mejor es el 80/100 debido a que las características de este asfalto permiten que al ser calentado a una temperatura lo suficientemente alta, por encima de su punto de inflamación, comience a fluidificarse.

El análisis de la granulometría es indispensable para el adecuado manejo de la emulsión, se realizaron 3 pruebas de retenido en el tamiz regido por la norma ASTM D 244 malla 20, si el tamizado cumple con este tamaño de partícula la emulsión ya está en condiciones de traslado.

Paso 4: Con todo lo anterior se obtiene una herramienta para el manejo de la emulsión conocida como “Manual operativo para el manejo de la emulsión”, que se puede ver en el anexo C.

3. ANÁLISIS Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se hace un análisis detallado de la planta, a su estructura física, al laboratorio y todo lo que la conforma, dando como resultado sugerencias para su mejoramiento continuo.

3.1 Análisis y recomendaciones para la planta

La planta de asfaltos y emulsiones de Colombia EU trabaja de manera intermitente, su producción se basa en pedidos de emulsión en tiempos específicos es decir por lotes y con cantidades específicas de acuerdo a la cantidad que la empresa contratista lo requiera y su capacidad se lo permita. La planta dura desde 15 días hasta un mes sin producción o puede producir y almacenar emulsión hasta que se agote el inventario. Por lo anterior no es conveniente implementar un sistema de control total en la planta ya que no justifica la inversión debido a su discontinua de producción y a la razón coste-beneficio. No se recomienda un control automático, teniendo en cuenta que la producción no es muy grande para que soporte el costo que pueda representar la implementación del sistema.

3.1.1 Sección Sistema de almacenamiento

- Se sugiere la instalación de un agitador tipo turbina o hélice en los tanques de emulsión; debido a que la emulsión esta en reposo por tiempos prolongados, ocasionando que no se conserve homogénea y presentándose una película formada en la superficie de la emulsión por el contacto del asfalto con el aire, causando la sedimentación, que consiste en un ligero aumento de la concentración de asfalto a medida que va descendiendo hacia la parte inferior del tanque de almacenamiento. Este agitador ayudaría a que la emulsión mantuviera su uniformidad en la concentración de asfalto.

- Se recomienda situar un controlador de nivel, en los tanques de asfalto, agua, emulsión, en la actualidad ninguna cuenta con este dispositivo.
- Se sugiere la instalación de un tanque para almacenar solvente, este se utilizará en la limpieza del molino, debido a que en el momento en que la producción de emulsión se detiene, se apaga la caldera y no hay mas transferencia de calor a ningún equipo, esto ocasiona que el material que no ha salido en su totalidad del molino tiende a solidificarse causado acumulaciones, debido a esto la caída de presión aumenta y el flujo de salida de la emulsión disminuye, llevando a un retraso en la producción, e incrementando gastos de energía en el funcionamiento de las bombas.
- En cuanto al tipo de material de los tanques que maneja la planta, se puede decir que no son los más adecuados pues varios de ellos están en deterioro y se requiere su cambio urgente para que no alteren ni la composición de las materias primas ni del producto; exponiéndose a que se presente corrosión. De igual forma los recubrimientos de fibra de vidrio con que cuentan los tanques de asfalto ya están averiados y no cumplen su función de mantener la temperatura, alterando así las propiedades del asfalto. Por otra parte se debe tener presente que el emulgente contiene ácido clorhídrico que es altamente corrosivo, es recomendable usar metales de alta calidad, como el hastelloy (aleación de níquel-hierro-molibdeno) o el acero inoxidable 316, en los tanques de almacenamiento.
- Para el manejo de los reactivos se tienen 2 aspectos:
 1. El almacenamiento: Actualmente la planta no cuenta con sistema de almacenamiento pues los reactivos utilizados están contenidos en recipientes plásticos a la intemperie causando riesgo de accidente; de igual forma los recipientes son reutilizados contaminando la materia prima y alterando su composición, sin contar las reacciones que se puedan generar.

Es de vital importancia que los reactivos cuenten con un sistema cerrado o aislado de almacenamiento y por ende en un sistema de contenedores o tanques de almacenamiento donde se puedan dosificar y bombear desde allí hacia los tanques de la solución para evitar inconveniente alguno.

2. Dosificación: Los reactivos que se manejan son altamente tóxicos y generan daño tanto al medio como a la persona que los manipula, teniendo en cuenta que la dosificación de estos durante la preparación de la solución emulgente se realiza de forma manual y sin la protección necesaria se recomienda operar con bombas portátiles para tambores (drums).
- Se recomienda fabricar un recipiente para la toma de muestra de la emulsión que no genere cambios para poder estudiar bien la calidad de la emulsión o se instale el sistema drums como se menciona anteriormente, para analizar la calidad de la emulsión fabricada porque no cumplen con los estándares de calidad, ya que el lugar donde se toma de la muestra no es el adecuada, está a la intemperie y actualmente es un pozo que causa alteración a la muestra por lo que los análisis no son fiables.
 - Antes de mezclar los componentes en el molino coloidal, se deben calentar con recirculación de agua caliente para evitar el choque térmico entre los componentes y el equipo.
 - Se recomienda redistribuir los tanques del asfalto en planta debido a que al estar alejados la temperatura comienza a disminuir evitando que su estado líquido se pueda conservar y pueda circular por la tubería fluidamente, causando pérdidas por fricción.

3.1.2 Sección Tuberías

- Todas las tuberías usadas para el trasvase de la emulsión del carro-tanque al tanque de almacenamiento y de éste al equipo de empleo, deben estar dispuestas de manera que se puedan limpiar fácilmente después de cada aplicación y/o jornada de trabajo.
- Debido a que las tuberías tienen un largo tiempo de funcionamiento se han deteriorado y pueden ser causantes de pérdidas por fricción, se recomiendan su cambio.
- Según la resolución 2400 de 1979 del ministerio colombiano de trabajo y seguridad social, se recomienda pintar las tuberías de acuerdo al fluido que transportan y señalizar en el sentido en que va el flujo para evitar accidentes, si es posible se recomienda cambiarlas pues manejan fluidos de rango de viscosidades entre 100 y 450 SSU y debido a su deterioro puede generar pérdidas por fricción, disminución en la eficiencia de las bombas y por ende mayor potencia de trabajo y mayor consumo de energía.
- Se sugiere recubrir las tuberías con fibra de vidrio para mantenerlas aisladas térmicamente para conservar las propiedades físico- químicas de los fluidos que se están manejando, en este caso afectan al asfalto y la emulsión. No se sugieren intercambiadores de calor debido a que la planta tiene producción por cochadas y no continuas lo que implica un gasto no necesario.
- Para el trasvase desde el carro tanque al tanque de almacenamiento se recomienda realizar siempre por tubería directa.

3.1.3 Sección Sistema Bombeo

Asfalto y emulsiones de Colombia EU en su sistema de dosificación cuenta con bombas del tipo centrífuga, que trabajan con fluidos viscosos no newtonianos donde la viscosidad disminuye con la agitación a temperatura constante. Para este tipo de fluidos se sugiere la modificación del sistema de bombeo 2 y 5, en la tabla 28 encontramos las especificaciones de los sistemas de bombeo.

Teniendo en cuenta que la selección de bombas para fluidos viscosos es de cuidado especial, el proceso de selección adecuada del sistema de bombeo se realiza teniendo en cuenta las siguientes etapas:

1. Indicar con exactitud los datos de los sistemas de bombeo, en la tabla 29 están reportados los datos de los sistemas de dosificación para la selección adecuada del sistema de bombeo.
2. Calcular la viscosidad real del líquido bombeado; para esto se realiza la prueba de viscosidad en el viscosímetro SAYBOLT FUROL. Los datos obtenidos para las viscosidades reales se observan en tabla 30.
3. Como la viscosidad de un fluido varía según la temperatura, la elección más adecuada para el manejo de un fluido viscosos será una bomba de desplazamiento positivo, rotatoria o reciprocante, pero algunas de estas bombas son dinámicas porque conforme aumenta la viscosidad del líquido, también aumentan las pérdidas por fricción, pero para contrarrestar esta dificultad, se pueden utilizar bombas de desplazamiento positivo tipo engranes, pues la viscosidad creciente ayuda a la bomba, porque se pierde menos líquido en el deslizamiento y hay más flujo neto de avance. Por supuesto, deben tener suficiente potencia para manejar el líquido viscoso.

Como se observa durante las pruebas, la viscosidad varía durante el proceso dependiendo del tipo de emulsión que se desee preparar, teniendo en cuenta esa variación se recomienda la bomba de desplazamiento de tipo rotatorio de engranes.

4. Se debe conocer la viscosidad mínima al seleccionar una bomba rotatoria para un líquido viscoso, cuando la viscosidad es baja, el deslizamiento será mucho mayor en una bomba rotatoria, lo cual reduce su capacidad nominal a menos de la que se tiene con viscosidad alta.
5. La eficiencia de la bomba se reduce considerablemente con el aumento de viscosidad, la bomba centrífuga no es recomendable ya que la eficiencia de esta bomba decrece rápidamente si aumenta la viscosidad del líquido bombeado, lo que causa que la potencia requerida por la bomba aumente rápidamente incrementando los costos de energía. En el anexo G se reporta el dato de eficiencia de encontrado para las bombas

Realizado los cálculos pertinentes se observa que en un esfuerzo por reducir el costo inicial, se selecciono un sistema de bombeo que no representa el diseño más eficiente, por esta razón se sugiere la modificación por bombas de desplazamiento positivo, ya que en estas bombas la viscosidad del fluido no influye en la eficiencia.

6. Al bombear líquidos no newtonianos, el objetivo es mantener la velocidad lo más constante que se pueda, desde el momento en que el fluido entra por la tubería a la bomba hasta que sale, objetivo que no se logra con las bombas centrífugas, porque su principio básico de funcionamiento es aumentar la velocidad del fluido con el impulsor.

7. Durante algún tiempo de funcionamiento algunos de los sistemas de bombeo presentan vibración y además generan mucho ruido en el momento de realizar el bombeo, causando daños en la carcasa, esto se debe al efecto de cavitación en la bomba que es causado por la vaporización del fluido dentro de la bomba. Esto sucede cuando la presión en cualquier punto es inferior a la presión de vapor del fluido a dicha temperatura. El vapor formado se mueve en el fluido a través de la bomba hasta la región de alta presión, en donde el colapso de las burbujas produce ondas de choque que son las causantes de los daños.

Con todo lo anterior se llega a la conclusión que el mejor sistema de dosificación para los sistemas 2 y 5 son las bombas de desplazamiento positivo del tipo rotatorio de engranajes, que no presentan cavitación. La razón por las cuales se usan bombas de desplazamiento positivo junto con sus desventajas se puede observar en el anexo H.

3.1.4 Sección Válvulas

- El sistema de válvulas que maneja la planta son de tipo manual, por ende incurren en un alto grado de accidentalidad, tanto para el producto como para el operario que las maneja, se recomienda instalar un sistema de válvulas automáticas en los tanques para el control máximo de flujo; para este caso se debe colocar una válvula de cheque o de exceso de flujo en la parte inferior de los tanques tanto de agua, emulsión, y sustancia emulsificante etc.
- En cuanto al llenado de los tanques (de emulsión, agua, asfalto y solución emulgente) se recomienda instalar una válvula de cono o compuerta, en la actualidad se opera de una forma manual, esto para facilitar tanto el manejo del fluido como el del operario siendo un sistema automático para manejar la carga de los tanques.

3.1.5 Sección Caldera

- Asfalto y emulsiones de Colombia EU en su sistema de operación de la caldera, se usa solo para la transferencia de calor a las tuberías; es recomendable utilizar este vapor a presión como agente motor para impartir movimiento a las bombas que se sugieren modificar (Bomba de dosificación del emulgente, asfalto y emulsión), realizando la colocación de una tubería extra que imparta el vapor hacia los sistemas de bombeo.

3.2 Análisis y Recomendaciones para el Laboratorio.

En la figura 2 se encuentra el diagrama general del laboratorio en la actualidad, a partir del cual se realiza el respectivo análisis.

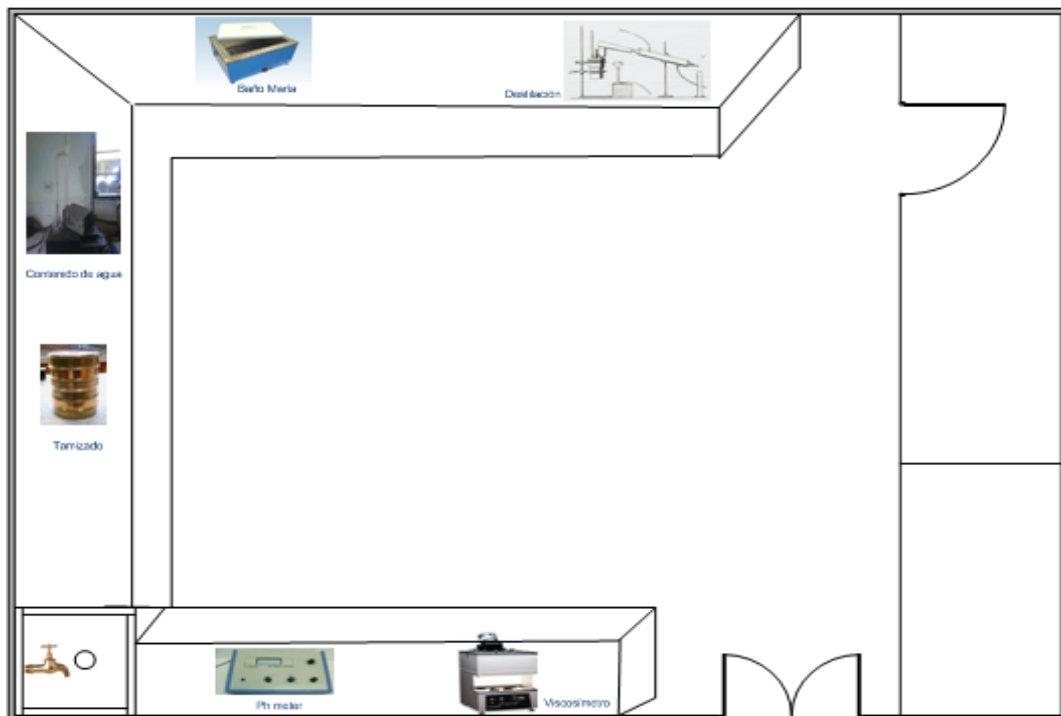


Figura 2. Diagrama del laboratorio actual

- Son vitales las campanas extractoras o como mínimo una máscara de protección química, los anteojos protectores y guantes de protección a la hora de la manipulación de sustancias que emitan gases tóxicos, venenosos o muy desagradables.
- Adecuar un cuarto para el almacenamiento de los reactivos que cuente con la estantería para su correspondiente ubicación, debe estar protegido contra los agentes externos como el polvo y control de la temperatura etc., utilizando estanterías con puertas de cristal para los reactivos y instalar un sistema de aire acondicionado para mantener el cuarto a una temperatura promedio.

✚ En cuanto a la seguridad industrial es importante instalar:

- Señalización tanto en el laboratorio como en toda la planta, como (no fumar, no comer e ingerir alimentos, no beber, usar elementos de protección, prohibido el paso etc.) elementos importantes e indispensables para evitar cualquier tipo de accidente.
- Instalar o construir una salida de emergencia, para facilitar una rápida evacuación en caso de incendio o cualquier accidente, por mínimo dos salidas/entradas a cada habitación del laboratorio y también a la planta.
- El trabajador debe contar con un overol propio de la planta, de diseño específico de la empresa para su identificación al igual que casco, botas y guantes para su protección personal, son cuatro elementos quizás los más fundamentales y elementales para la seguridad del empleado.
- Solo podrá pasar al laboratorio el personal autorizado debido a que allí se almacenan reactivos con alta toxicidad, y equipos costosos su mala manipulación puede causar daños.

- En cuanto a las instalaciones eléctricas son muy pocas pero en realidad no tienen protección alguna, se sugiere protegerlas ya sea subterráneamente o adaptando un sistema de canalización como una tubería aislante para evitar accidentes para prevenir cortos circuitos o explosiones ante un derrame o que puedan ocasionar accidentes al operario mismo.

✚ Ensayos para la determinación de la calidad de la emulsión.

Actualmente la planta realiza la mayoría de los ensayos correspondientes para determinar la calidad de la emulsión, pero falta implementar un ensayo de gran importancia que es de la sedimentación que indica la tendencia de las partículas de asfalto a perder la estabilidad, durante el almacenamiento de la emulsión. Detecta la propensión de los glóbulos de asfalto a sedimentar durante el almacenamiento. Este ensayo sirve también como indicador de la calidad de la emulsión aun cuando esta no sea almacenada. Una falla en el ensayo de sedimentación indica que algo anda mal en el proceso de emulsificación.

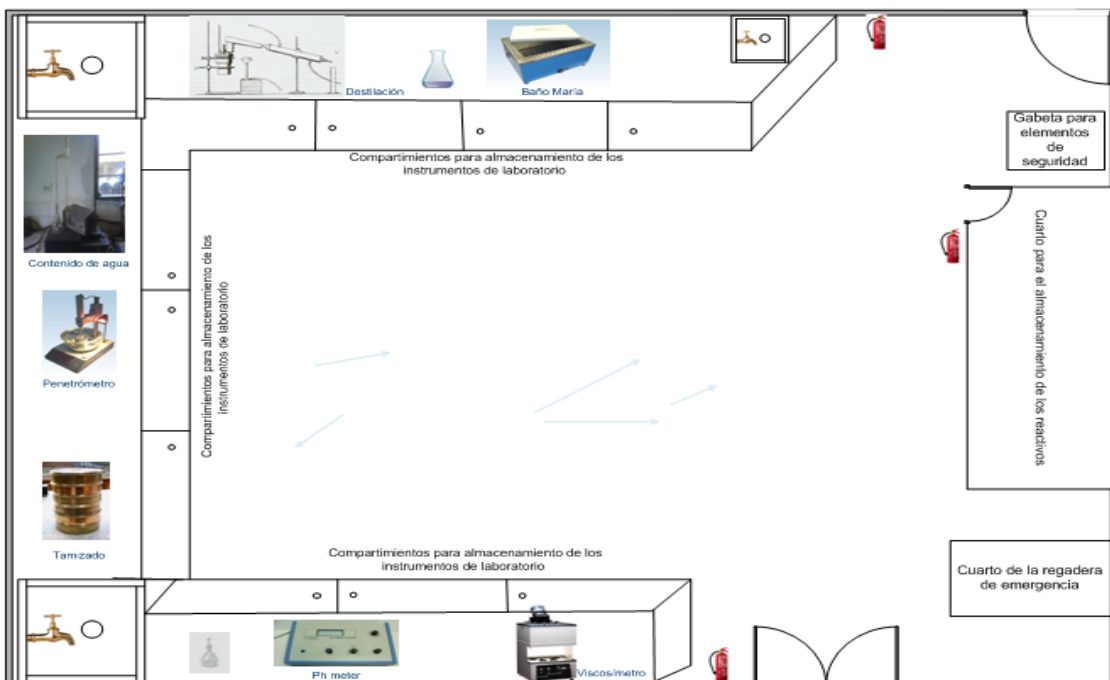
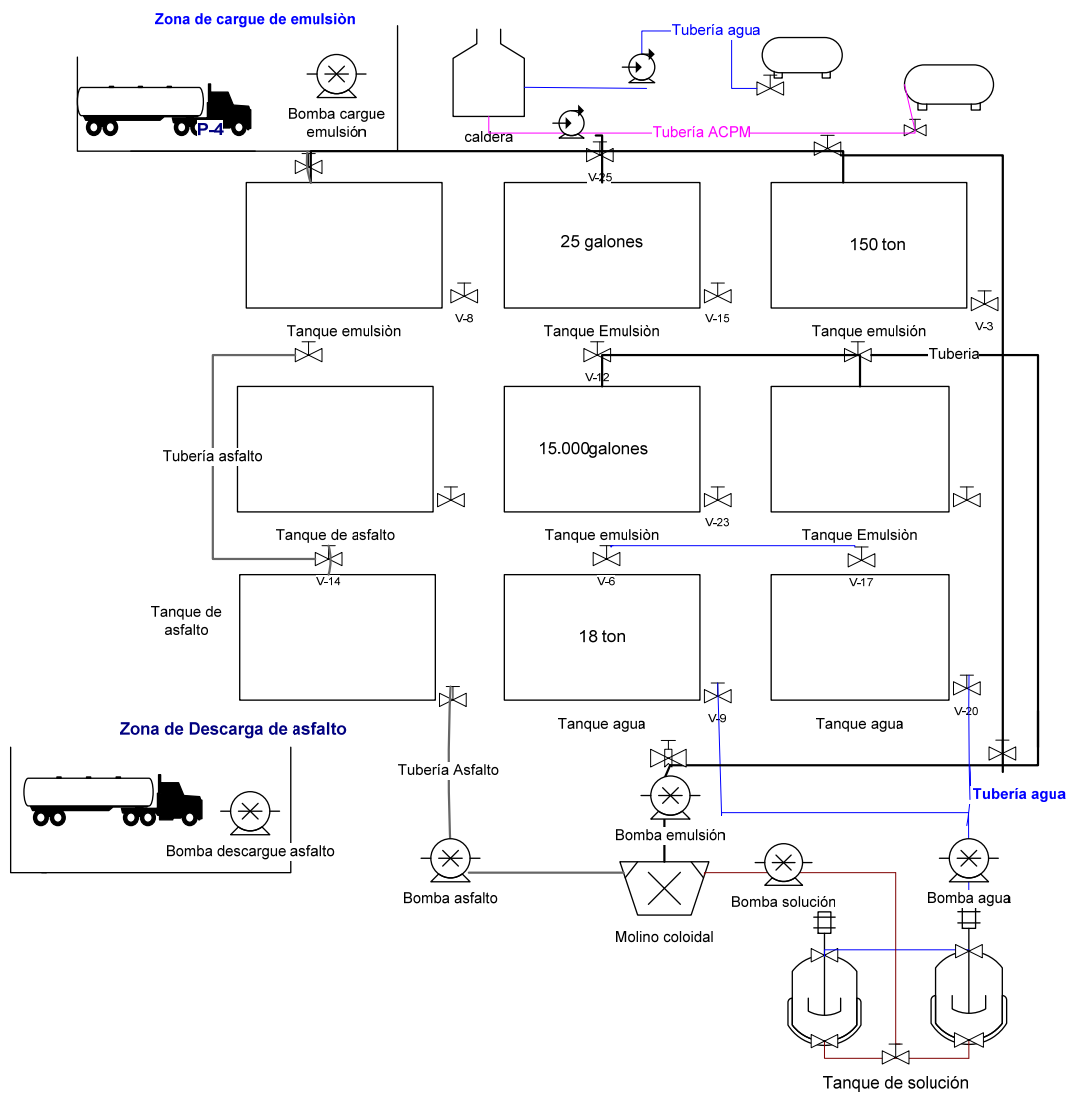


Figura 3. Diagrama del laboratorio propuesto




 Bomba Desplazamiento
 Positivo rotatoria de engranajes

Figura 4. Diagrama de flujo propuesto

4. CONCLUSIONES

- Se elaboraron los manuales operativos para la planta y el correspondiente análisis del proceso a la planta Asfaltos y emulsiones de Colombia EU, como una herramienta que permito el desarrollo integral del trabajo y reflejo un mejor proceso de operación de la planta y bajos costos de operación.
- Una vez implementado y puesto en operación el análisis del proceso, se logro mejoras en el sistema de bombeo, tanques de almacenamiento, e infraestructura del laboratorio.
- Con este trabajo se encontraron la causas y fuentes generadoras de las fallas que afectaban el proceso de producción de la emulsión asfáltica, además se estableció una normatividad que incluye todos los procedimientos requeridos para la producción de emulsión asfáltica y así lograr la consolidación en el mercado nacional.

5. BIBLIOGRAFÍA

1. <http://www.e-asphalt.com>
2. <http://www.emulsionesasfalticas.com.ar>
3. <http://www.mpi.com>
4. RIVERA E GUSTAVO., Emulsiones asfálticas, Universidad nacional autónoma de México, Miembro de la cámara nacional de la industria editorial, Segunda edición, 1997.
5. STREET ADAMS., Plantas para emulsión asfáltica, división de aplicaciones asfálticas, editorial Akzo Nobel, Unit 7 Willowbrook. Chicago.
6. AGNUSDEI, JORGE. "Asfaltos y Emulsiones asfálticas" Instituto de Vías. Universidad del Cauca, 1988.
7. Hackett, W.J. y Robbins, G.P. Manual Técnico de Seguridad. Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A., México. 1982.
8. BACCHETTA GUSTAVO. Catálogo maquinaria y equipos para producción de emulsiones asfálticas. 2003.
9. MC. NAUGHTON KENNETH J. Bombas, Selección, uso y mantenimiento, ED. McGraw Hill, 1998.
10. WAYNE Ulanski, Valve & Actuator Technology, McGraw Hill. Inc
11. Revista, Ingenerate Pumice, Núm. 326 Julio/ Agosto 1996, España.
12. Chemical Engineering Magazine. "Practical Process Instrumentation and Control". Pág. 236-249, McGraw Hill, co.
13. A.S.T.M., Standards; Especificaciones y pruebas para las emulsiones asfálticas; Bituminous materials, soils; Skid resistance; American Society for testing and materials; 1968, U.S.A.; traducido por Ing. Manuel Zárate Aquino, 1968, Geoso, S.A.

14. Arnold J. Hoiberg, Bituminous Materials; Asphalt, tras and pitches, Volume II: Asphalts. Interscience publishers a division of John Wiley and Sons; 1965, U.S.A.
15. Secretaria de obras públicas; especificaciones generales de la construcción; Tercera Edición 1973, parte octava, Colombia.
16. Colas Co; Les emulsions Cationiques; 1958, Laboratorio de la Cía. Colas, Francia.
17. Landise Cyril C., World use of asphalt emulsion; 1975, Sn. Diego Meeting AEMA, U.S.A

7. ANEXOS

ANEXO A:

1. MANUAL OPERATIVO DE LA PLANTA DE EMULSION ASFALTICA DINASFALTOS Y ASFALTOS DE COLOMBIA

1.1 GENERALIDADES DE LA PLANTA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA

En este capítulo se observa el funcionamiento de los equipos con una descripción detallada de como intervienen en el proceso y como se deben usar para la elaboración de la emulsión, de igual forma el objeto de este capítulo es brindarle al operario una herramienta de uso general que permita ver los procedimientos desde el cargue de cada materia prima hasta la entrega del producto final.

Para un conocimiento general se debe tener en cuenta que una emulsión puede definirse como una dispersión de dos líquidos no miscibles, en donde uno de ellos (Fase dispersa o discontinua) está disgregado en el otro (Fase continua o dispersante) en forma de gotas cuyo diámetro medio varían desde fracciones de micra hasta 14-16 micras.

De acuerdo a la influencia que pueda ejercer las propiedades con sus parámetros se fabrica la emulsión en ASFALTOS Y EMULSIONES DE COLOMBIA EU.

1.2 DESCRIPCION DEL PROCESO

La planta está constituida básicamente por:

Grupo de fabricación propiamente dicho, constituido esencialmente por:

- Instalaciones de dosificación de los componentes a base de:
 1. Bombas dosificadoras para el ligante.
 2. bombas dosificadoras para la fase acuosa.
 3. turbina o molino coloidal.
 4. tanques de almacenamiento.

- Una caldera destinada a producir energía calorífica, necesaria para el calentamiento de las diferentes fases.

- Sistemas de almacenamiento de materias primas: ligantes, emulgentes, fluidificantes.

- Tanque de almacenamiento de productos terminados y materia prima (asfalto).

El proceso de fabricación puede realizarse de manera discontinua o continua, la diferencia fundamental es que en la fabricación continua la disolución del emulgente se realiza en línea, inyectando el emulgente, el ácido y estabilizante, si es necesario mediante bombas dosificadoras, y la mezcla y disolución se producirá en la línea del agua, previa a la entrada en la turbina.

1.2.1 Caldera

Es uno de los equipos quizás más indispensables en la planta, se utiliza como un sistema de calentamiento para todo el arranque del proceso; esta caldera se constituye por un tanque de almacenamiento de agua con (diámetro: 59cm y longitud: 94cm) y otro de combustible que en este caso es de ACPM cuyo (diámetro: 90cm y longitud: 76cm), para el transporte e impulso de estos dos fluidos se emplea una bomba centrífuga (marca CORRADI con una potencia de 2.4Hp con un motor trifásico asíncrono).

La caldera está comprendida por un sistema automático que funciona a una potencia de 50 Hp, con una presión de trabajo de 0-125lbf, por hora consume 7 galones de combustible aproximadamente y se apaga automáticamente al llegar a una presión máxima de 60 Lbf siendo esta su presión de trabajo que requiere la caldera.

Para proceder a su correspondiente funcionamiento se recomienda seguir los siguientes pasos:

1. Se abren las válvulas del tanque de almacenamiento de agua, de combustible, y de la bomba.
2. Se oprime el suicht de encendido-apagado (se encuentra en la parte frontal a la derecha de la misma); como es automática se enciende al mismo tiempo el sistema de bombeo del agua hasta llegar al nivel optimo, cuando esto ocurra la caldera se enciende y empieza a trabajar automáticamente.

La caldera dura más o menos media hora para que se caliente todo el sistema de la planta; después que se han calentado las tuberías y demás se procede al descargue y demás operaciones conjuntas.

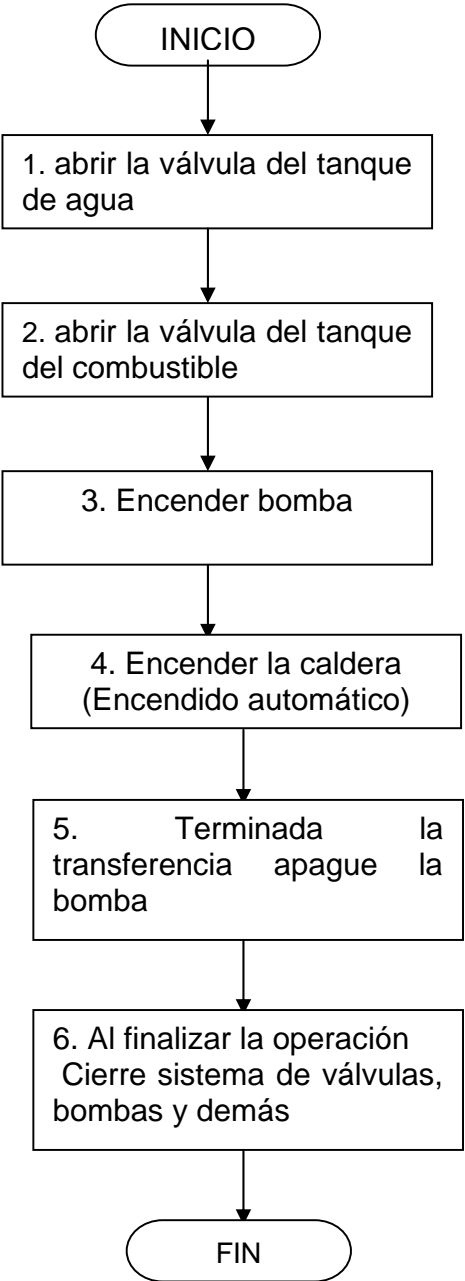
<p align="center">DESCRIPCIÓN DE LA ACCIÓN (Encendido de caldera y correspondiente calentamiento de la planta)</p>	<p align="center">RESPONSABLE</p>
 <pre> graph TD INICIO([INICIO]) --> S1[1. abrir la válvula del tanque de agua] S1 --> S2[2. abrir la válvula del tanque del combustible] S2 --> S3[3. Encender bomba] S3 --> S4[4. Encender la caldera (Encendido automático)] S4 --> S5[5. Terminada la transferencia apague la bomba] S5 --> S6[6. Al finalizar la operación Cierre sistema de válvulas, bombas y demás] S6 --> FIN([FIN]) </pre>	<p align="center">Operador de planta</p> <p align="center">Operador de planta</p> <p align="center">Operador de planta</p> <p align="center">Operador de planta</p> <p align="center">Operador de planta</p> <p align="center">Operador de planta</p>

Figura 5. Diagrama procedimiento para la caldera

1.2.2 Sección de recibo (descargue y cargue de asfalto)

Una vez están calientes las tuberías se procede a la descarga del asfalto proveniente de las empresas proveedoras, transportando la materia prima por medio de carro tanques; a la llegada de la planta de ASFALTOS Y EMULSIONES DE COLOMBIA EU. , el carro pasa por una báscula digital donde se pesa con el asfalto, cada carro trae una planilla con las especificaciones y propiedades del asfalto como por ejemplo que tipo de asfalto se transporta si es (60/70; 80/100), la cantidad que trae el carro transportador etc.

Posteriormente de la entrega de la planilla, el carro se desplaza hacia la zona de descargue que esta combinada por un sistema integral que se compone por: una bomba retorno (funciona a una velocidad de 1170rpm y una potencia de 5 Hp) que permite impulsar el flujo de asfalto hacia los tanques pero además lo complementa una válvula de bola con cuatro vías, estas cuatro vías son: una para conectar el carro a la bomba, las otras son para hacer traspaso de carro tanque a los tanques de almacenamiento de asfalto (TA/AS1-3, TA/AS2-9) y pasa por una tubería de 2 pulgadas de diámetro o de carro tanque a carro tanque .

Una vez se desocupa el carro tanque se vuelve a pasar por la bascula para pesarlo sin el contenido de asfalto y se hacen los correspondientes cálculos para saber el asfalto que trae el carro tanque y comparar con la planilla.



Figura 6. Zona de descarga de asfalto

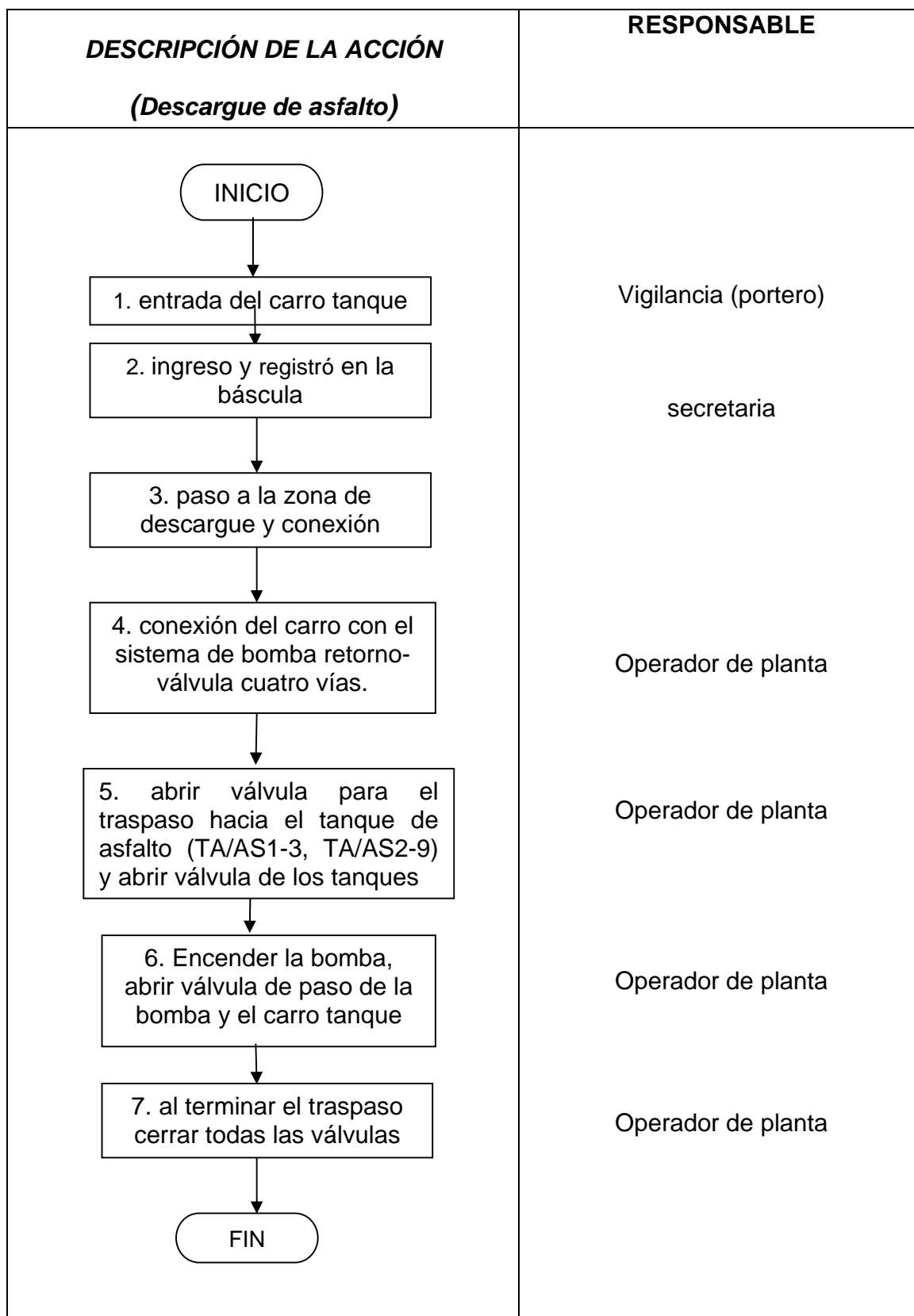


Figura 7. Diagrama procedimiento descargue de asfalto

1.2.1 Tanques de agitación

Estos tanques son utilizados para la mezcla o homogenización del ácido clorhídrico del agua y de la amina, para la preparación de la emulsión; cada tanque de agitación tiene una altura de 83mt y un diámetro de 5.1m, capacidad de 3000L, se constituye por un agitador este tanque trabaja a una temperatura de 40°C y cada uno con un sistema de válvulas para el manejo de los caudales, estos a su vez están interconectados entre sí.

Para proceder a hacer la mezcla se abre la válvula VD\TA/H₂O1-2 que le da la salida del agua desde el tanque de almacenamiento (TA/H₂O1-1 TA/H₂O1-2)¹ el cual se transporta por una tubería de diámetro 2 pulgadas que conecta a los tanques de agua con el sistema de los tanques de homogenización.

Una vez se abren las válvulas se procede a prender la bomba que ayuda al llenado de los tanques de agitación; esta bomba centrífuga de marca Siemens y además de esto la bomba cuenta con un caudalímetro de marca Tecfluid, para el manejo del caudal del agua entrante.

Por la parte superior del tanque de agitación se agrega la amina y el ácido de acuerdo a la cantidad de emulsión que se vaya a preparar ; (por cada tonelada de emulsión a fabricar se requiere 4 KL de amina, 30000 L de agua, 2,5 KL de HCL); estos tanques cuentan con una caja donde se encuentra el encendido y apagado de los motores de los agitadores luego de la incorporación de los químicos se tapan los tanques y se encienden los motores de los agitadores para su posterior mezclado con motores que trabaja 5.0Hp y con una velocidad angular 1740rpm.

Una vez preparada la mezcla se mantiene en los tanques y cada vez que se vaya a preparar la emulsión se abren las válvulas VT11/SIn, VT21/SIn. que llevan la solución al molino coloidal para mezclarlo con el asfalto y dar como resultado la emulsión.



Figura 8. Sistema de agitación

1.2.2 Sistema de Bombas

En su totalidad la planta trabaja con 7 bombas cada una de acuerdo a su trabajo específico.

Tabla 1. Ubicación de las bombas

OPERACIÓN	BOMBAS
Recibo de Asfalto	➤ Bomba de retorno
Caldera	➤ Bomba para el agua
Tanque de agitación	➤ Bomba que transporta el agua
Molino Coloidal	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bomba moto reductora (asfalto) ➤ Bomba agua de los tanques ➤ Bomba de la solución
salida de la emulsión	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bomba de la emulsión ➤ Bomba de descargue o también de retorno

- Bomba de retorno: como anteriormente esta descrito esta bomba tiene como utilidad descargar el asfalto o trasvasar de carro tanque a carro tanque con la ayuda de la válvula de bolas de cuatro vías.

Esta bomba es de tipo desplazamiento positivo, trabaja con una velocidad de 1170rpm con una potencia de 5.0 Hp con una temperatura de 40°C, con 230/460 voltios, marca siemens. Este sistema de bombeo llena los tanques de almacenamiento de asfalto (TA/AS1-3, TA/AS2-9).

- Bomba- agua de la caldera: La función de esta bomba es impulsar el agua que viene del tanque de agua adicional de la caldera, cuando la caldera inicia su marcha se procede a encender la bomba enseguida se abren las válvulas de este tanque y de la bomba para dar paso del agua hacia la caldera. Esta bomba es de desplazamiento positivo, trabaja a 2.4Hp, pesa 103kg, y 24/13.8 A, de marca Corradi, su motor es trifásico asíncrono.

Bomba – agua del tanque agitación: Esta bomba tiene la finalidad de transportar-impulsar el agua que esta almacenada en los tanques (TA/H₂O1-1 TA/H₂O1-2) hacia el tanque de agitación para la homogenización de agua-acido clorhídrico-amina. La bomba es de marca siemens, de desplazamiento positivo y trabaja con una velocidad angular de entrada 1740rpm y una velocidad angular de salida 80 rpm con una potencia de 9.0Hp, esta bomba cuenta un caudalímetro que marca el caudal del agua y la temperatura del agua es de 20° C.

Para iniciar el paso del agua para el proceso de mezclado se debe tener en cuenta:

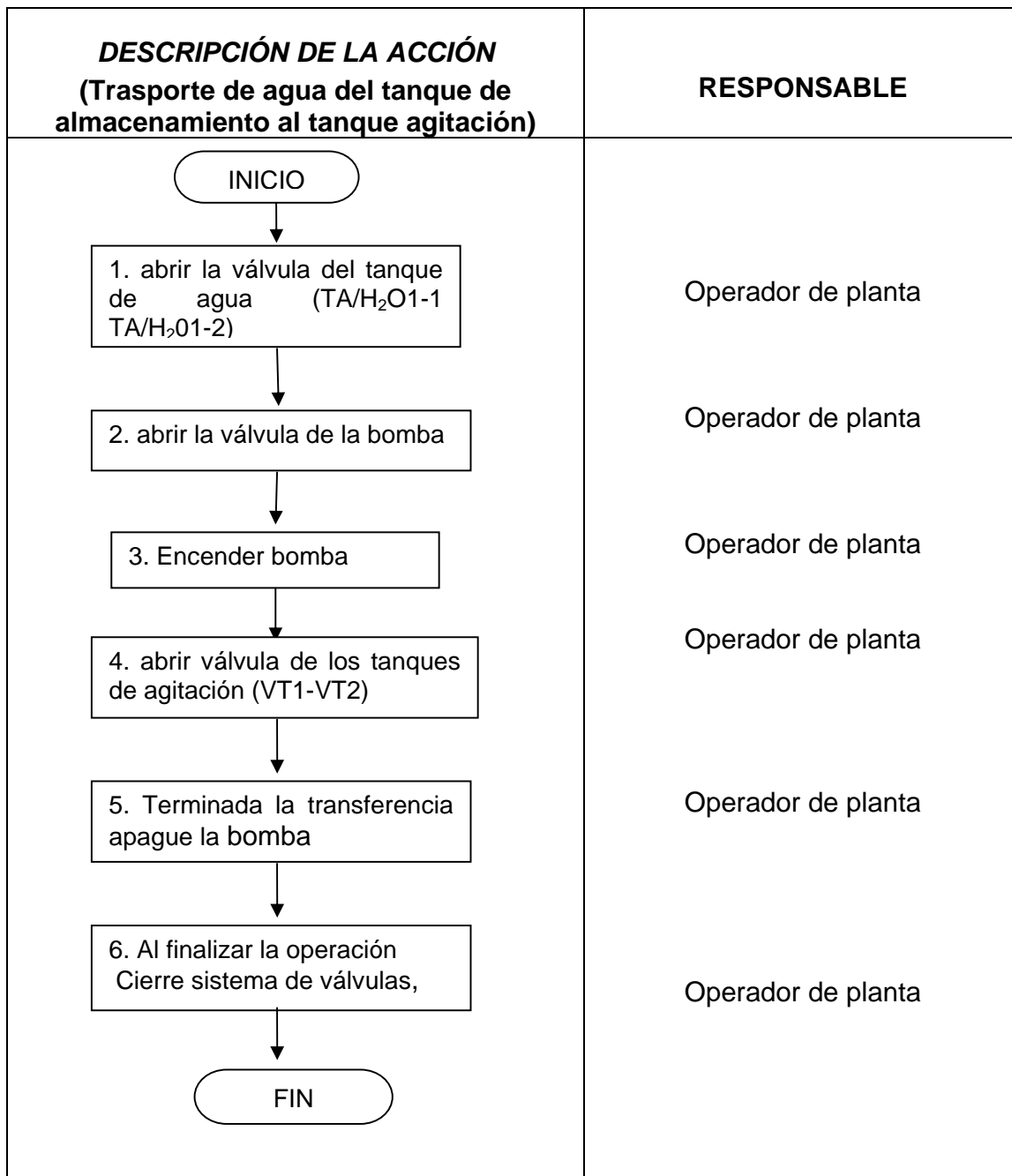


Figura 9. Diagrama procedimiento para el envío de agua al tanque de agitación

- bomba moto reductora (asfalto): Esta bomba es indispensable para la preparación de la emulsión asfáltica ya que es la encargada de bombear la materia prima (asfalto) desde los tanques de almacenamiento hacia el molino coloidal.

- La bomba trabaja con una potencia de 9.0Hp, velocidad de entrada de 1740rpm y velocidad de salida de 80rpm, su motor trabaja con una corriente de 12.2A, es de fabricación Ramfe Ltda., la clase de bomba es de desplazamiento positivo.

<p align="center">DESCRIPCIÓN DE LA ACCIÓN (Trasporte de asfalto del tanque de almacenamiento hacia el molino)</p>	<p align="center">RESPONSABLE</p>
<pre> graph TD INICIO([INICIO]) --> S1[1. abrir la válvula del tanque de asfalto (TA/AS1-3 TA/AS2-9).] S1 --> S2[2. abrir la válvula de la bomba] S2 --> S3[3. Encender bomba] S3 --> S4[4. dar paso al molino coloidal] S4 --> S5[5. Terminada la transferencia apague la bomba] S5 --> S6[6. Al finalizar la operación Cierre sistema de válvulas,] S6 --> FIN([FIN]) </pre>	<p align="center">Operador de planta</p> <p align="center">Operador de planta</p> <p align="center">Operador de planta</p> <p align="center">Operador de planta</p> <p align="center">Operador de planta</p> <p align="center">Operador de planta</p>

Figura 10. Diagrama procedimiento de envío de asfalto al molino coloidal

- bombas de la solución: La función de esta bomba es impulsar y transportar la solución que está en los tanques de agitación hacia el molino coloidal donde se produce la emulsión asfáltica. El procedimiento que se debe seguir se muestra en el siguiente diagrama.

<p align="center">DESCRIPCIÓN DE LA ACCIÓN (Trasporte de la solución del tanque de almacenamiento hacia el molino)</p>	<p align="center">RESPONSABLE</p>
<pre> graph TD INICIO([INICIO]) --> S1[1. abrir la válvula del tanque de agitación (T1 o T2).] S1 --> S2[2. abrir la válvula de la bomba] S2 --> S3[3. Encender bomba] S3 --> S4[4. dar paso al molino coloidal] S4 --> S5[5. Terminada la transferencia apague la bomba] S5 --> S6[6. Al finalizar la operación Cierre sistema de válvulas,] S6 --> FIN([FIN]) </pre>	<p align="center">Operador de planta</p> <p align="center">Operador de planta</p> <p align="center">Operador de planta</p> <p align="center">Operador de planta</p> <p align="center">Operador de planta</p> <p align="center">Operador de planta</p>

Figura 11. Diagrama procedimiento para envío de la solución

1.2.3 Molino Coloidal

El molino coloidal es considerado como la pieza fundamental de la planta es el encargado de combinar el asfalto en agua junto con los emulgentes donde este último se deposita en la interface entre ellos y estabiliza la formación de la emulsión ya que su función es el de dispersar las partículas y proporcionarles un tamaño adecuado para su mezcla convirtiéndose en parte clave de la fabricación de la emulsión.

Enseguida que se prepara la solución (ácido clorhídrico-amina-agua) se proceden a abrir las válvulas para dar paso, de igual forma se repite con el asfalto donde llegaran a la entrada del molino, y efectuar la emulsificación, en el cual al girar a alta velocidad se originan fuerzas de cizallamiento, logrando que los glóbulos del ligante se disgreguen en la fase acuosa para formar la fase continua y estable en el tiempo.



Figura 12. Molino coloidal

La temperatura del molino debe estar en un rango de 85-90° C, el asfalto permanece en el tanque a una temperatura de aproximadamente 140° C y la solución (agua-ácido clorhídrico-amina) entra a 40° C, donde la emulsión no puede superar los 100° C, este molino funciona con una potencia de 4.5W y consume 4.7A de corriente.

DESCRIPCIÓN DE LA ACCIÓN (Funcionamiento del molino)	RESPONSABLE
<pre> graph TD INICIO([INICIO]) --> S1[1. Encender el molino coloidal (85-90° C)] S1 --> S2[2. Encender la bomba moto reductora de asfalto y abrir las correspondientes válvulas para dar paso al asfalto hacia el molino. (Ver diagrama 4)] S2 --> S3[3. Encender la bomba de la solución y abrir las válvulas para dar paso hacia el molino. (Ver diagrama 5)] S3 --> S4[4. Se obtiene la emulsión y se abre las válvulas a la salida del molino.] S4 --> S5[5. encender la bomba de la emulsión] S5 --> S6[6. Abrir válvulas de la bomba y los tanques de almacenamiento,] S6 --> S7[7. Terminada la transferencia apagar las bombas el molino y cerrar las válvulas.] S7 --> FIN([FIN]) </pre>	<p>Operador de planta</p> <p>Operador de planta</p> <p>Operador de planta</p> <p>Operador de planta</p> <p>Operador de planta</p> <p>Operador de planta</p> <p>Operador de planta</p>

Figura 13. Diagrama procedimiento para fabricar la emulsión en el molino coloidal

1.2.4 Sistemas de tanques de almacenamiento

Tabla 2. Tanques de almacenamiento

TANQUE DE ALMACENAMIENTO	NOMBRE	CAPACIDAD
Tanque de almacenamiento de asfalto	TA/AS1-3	150 Toneladas
Tanque de almacenamiento de asfalto	TA/AS2-9	150 Toneladas
Tanque de almacenamiento de agua	TA/H ₂ O1-1	18 Toneladas
Tanque de almacenamiento de agua	TA/H ₂ O1-2	18 Toneladas
Tanque de almacenamiento de emulsión	TA/E1-4	25000galones
Tanque de almacenamiento de emulsión	TA/E2-5	25000galones
Tanque de almacenamiento de emulsión	TA/E3-6	15000galones
Tanque de almacenamiento de emulsión	TA/E4-7	15000galones
Tanque de almacenamiento de emulsión	TA/E5-8	15000galones



Figura 14. Sistema de tanques de almacenamiento

La planta de Asfaltos y Emulsiones de Colombia EU cuenta con una línea de 9 tanques de almacenamiento mas los dos de agitación; ya que ellos cuando no se utiliza toda la solución (amina+agua+HCL) quedan almacenados y se clasificarían como almacenamiento.

➤ Tanque de almacenamiento de agua:

Los tanques del agua son dos se localizan en paralelo, de acuerdo a la figura 7 son los correspondientes a TA/H₂O1-1, TA/H₂O1-2 y están interconectados entre ellos cada uno tiene dos válvulas que manejan los caudales de entrada y salida del agua. El tanque TA/H₂O1-1 (Diámetro: 2.29m, Altura: 5.50m), TA/H₂O1-2 (Diámetro: 2.54m, Altura: 5.50m) y aloja un llenado de aproximadamente 18 toneladas, son desocupados y llenados cada vez que se crea necesario, cuentan con una entrada en la parte inferior frontal para su respectiva limpieza que se realiza cada 6 meses.

➤ Tanque de almacenamiento del asfalto:

La planta cuenta con dos tanques de almacenamiento de asfalto cada uno con una capacidad de 150 Toneladas el tanque TA/AS1-3 cuenta con (Diámetro: 2.54m, Altura: 5m), TA/AS2-9 cuenta con (Diámetro: 6.2 m, Altura: 5m) ver figura 7 para su correspondiente ubicación; están interconectados entre ellos por medio de una tuberías de 2 pulgadas de diámetro, también contienen un sistema de válvulas que permiten el paso del flujo de asfalto para cargar los tanques y para evacuarlos cuando se necesiten ; a su vez cada uno de ellos tiene otra válvula que los conecta a los dos , estas se utilizan cuando se está llenando los tanques y uno de ellos queda colmado entonces se cierra la válvula manual del tanque que está lleno y se abre la del tanque vacío para su correspondiente llenado; la temperatura a la cual permanecen los tanque es de aproximadamente 40° C.

➤ Tanque de almacenamiento de la emulsión:

La planta cuenta con 5 tanques de almacenamiento de emulsión de acuerdo a la figura 7 corresponden a los números (4, 5, 6, 7,8); los números 4, 5, 6, contienen una capacidad de alojamiento de 15000 galones y los 7 y 8 tienen una capacidad de 25000 galones, la temperatura a la cual se encuentran los tanques en un rango de 80 °C; también están interconectados entre sí y contienen un sistema de válvulas para el manejo del flujo de entrada y de salida tanto del tanque solo como del sistema de tanques. Todos los tanques tienen iguales dimensiones y son (Diámetro: 4m, Altura: 5m) al igual que los tanques de asfalto, los tanques de emulsión también cuentan con un sistema de limpieza que se realiza cada seis meses.

Una emulsión puede almacenarse varios meses, sin producirse ningún deterioro y sin necesidad de calentarla para utilizarla.

Sin embargo es normal que para almacenamientos prolongados se presenten dos fenómenos:

- La nata: Es una película que se forma en la superficie de la emulsión por el contacto del asfalto con el aire. Para evitar este fenómeno es aconsejable utilizar tanques de almacenamiento de pequeña área y verticales.
- La sedimentación: Consiste en un ligero aumento de la concentración de asfalto a medida que vamos descendiendo hacia la parte inferior del tanque de almacenamiento. Este fenómeno se presenta por la acción de la gravedad. Es un fenómeno reversible y con la acción de un mezclador, la emulsión recobra su uniformidad en la concentración de asfalto.

1.2.5 Sistema de válvulas

Las válvulas en su totalidad son aproximadamente 41, pero se van a describir de acuerdo a la operación para la producción de la emulsión, todas son de tipo manual:

- Zona de los tanques: Cada tanque tiene su sistema de válvulas para carga y descarga del producto que se almacene en ellos:

Tabla 3. Válvulas presentes en la zona de los tanques de almacenamiento

FINALIDAD DE LA VALVULA	NOMBRE
Tanque de almacenamiento de asfalto	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Carga: VC\TA/AS1-3 ➤ Descarga: VD\ TA/AS1-3
Tanque de almacenamiento de asfalto	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Carga: VC\ TA/AS2-9 ➤ Descarga: VD\ TA/AS2-9
Tanque de almacenamiento de agua	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Carga: VC\ TA/H₂O1-1 ➤ Descarga: VD\ TA/H₂O1-1
Tanque de almacenamiento de agua	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Carga: VC\ TA/H₂O1-2 ➤ Descarga: VD\ TA/H₂O1-2
Tanque de almacenamiento de emulsión	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Carga: VC\ TA/E1-4 ➤ Descarga: VD\ TA/E1-4
Tanque de almacenamiento de emulsión	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Carga: VC\ TA/E2-5 ➤ Descarga: VD\ TA/E2-5
Tanque de almacenamiento de emulsión	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Carga: VC\ TA/E3-6 ➤ Descarga: VD\TA/E3-6
Tanque de almacenamiento de emulsión	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Carga: VC\ TA/E4-7 ➤ Descarga: VD\ TA/E4-7
Tanque de almacenamiento de emulsión	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Carga: VC\ TA/E5-8 ➤ Descarga: VD\ TA/E5-8

- Molino coloidal

Tabla 4. Válvulas que intervienen en el molino coloidal

FINALIDAD DE LA VALVULA	NOMBRE
Válvula para la bomba de la solución	VB/Solución
Válvula para el paso del vapor	Vapor
Válvula para la salida de la emulsión	VS/Emulsión
Válvula par la bomba del asfalto	VB/Asfalto

- Recibo del asfalto: En esta operación las válvulas que lo componen son 3 como se muestra en la figura 4.

Tabla 5. Sistema de válvulas en la sección de recibo de asfalto

FINALIDAD DE LA VALVULA	NOMBRE
Válvula de cheque del carro tanque	➤ VC1
Válvula de paso de la bomba	➤ VBA2 (válvula de la bomba de asfalto)
Válvula de bolas de cuatro vías	<ul style="list-style-type: none"> ➤ VA/C-C1(válvula asfalto de carro tanque a carro tanque) ➤ VA/C -TA/AS1-3((válvula asfalto del carro-tanque al tanque de almacenamiento de asfalto 1-3) ➤ VA7C- TA/AS2-9((válvula asfalto del carro-tanque al tanque de almacenamiento de asfalto 2-9)

- Preparación de la solución (agua-HCL-amina): La válvulas que intervienen en este proceso son 7 y están descritas en la siguiente tabla según su finalidad (ver figura10 para mayor claridad).

Tabla 6. Sistema de válvulas en los tanques de agitación

FINALIDAD DE LA VALVULA	NOMBRE
Válvula entrada de agua (tanque 1)	VT1/agua
Válvula entrada de agua (tanque 2)	VT2/agua
Válvula salida de la solución (tanque 1)	VT11/Sln.
Válvula salida de la solución (tanque 2)	VT21/Sln.
Válvula paso de vapor para calentamiento (tanque 1)	VP1
Válvula paso de vapor para calentamiento (tanque 2)	VP2

- Caldera: para la marcha de la caldera se debe tener en cuenta 4 válvulas su funcionamiento es:

Tabla 7. Sistema de válvulas para el encendido de la caldera

FINALIDAD DE LA VALVUAL	NOMBRE
Válvula a la salida del tanque del agua	VS/TH ₂ O
Válvula a la salida del tanque de ACPM	VS/Tacpm
Válvula de paso de la bomba para el agua	VB-H ₂ O
Válvula de paso de la bomba para el ACPM	VB-Acpm

- Descargue de la emulsión: En la planta hay dos zonas de descargue de la emulsión asfáltica donde se utiliza el mismo sistema de válvulas lo que cambia es el sentido del flujo de la emulsión ya que hay dos tubos madre en el cual se conectan determinados tanques de almacenamiento, más adelante se observa la distribución de los tanques de acuerdo a la zona de descargue.

Tabla 8. Sistema de válvulas para el descargue de la emulsión

FINALIDAD DE LA VALVULA	NOMBRE
Válvula de paso de la bomba-descargue emulsión	VB/DE
Válvula de paso emulsión de los tanques a la bomba	VTE/B
Válvula en el extremo de la manguera transportadora	VM
Válvula del carro tanque	VC

1.2.6 Entrega de productos terminados



Figura 15. Cargue de la emulsión asfáltica

Una vez esta preparada la emulsión de acuerdo a las especificaciones que se requieran, se procede a la entrega del producto por medio de un sistema de bombeo para el descargue que está compuesta por tres válvulas manuales, una bomba y su correspondiente manguera para el trasporte de la emulsión hacia el carro tanque; la planta cuenta con dos zonas de cargue de emulsión , donde se cuadra el carro tanque en las salidas estipuladas y con el sistema de bombeo se procede al paso de flujo de la emulsión abriendo las válvulas, encendiendo la bomba y conectando la manguera a la entrada del carro tanque. De acuerdo a las dos zonas de descargue los tanques de almacenamiento de la emulsión están conectados y distribuidos a dos tubos madres que son los trasportadores de la emulsión hacia cada zona (zona 1 y zona 2). En la zona 1 están conectados los tanques de almacenamiento TA/E3-6, TA/E1-4, TA/E4-7, en la zona 2 descargan los tanques TA/E2-5, TA/E5-8.

Entonces de acuerdo hacia la zona que se vaya a descargar se debe seguir el siguiente procedimiento que se presentara en el diagrama a continuación.

<p align="center">DESCRIPCIÓN DE LA ACCIÓN (Cargue de la emulsión asfáltica)</p>	<p align="center">RESPONSABLE</p>
<pre> graph TD INICIO([INICIO]) --> S1[1. Abrir la válvula del tanque de almacenamiento de la emulsión.] S1 --> S2[2. Abrir la válvula a la salida de la manguera transportadora de la emulsión hacia el carro.] S2 --> S3[3. Abrir la válvula del carro tanque] S3 --> S4[4. Encender la bomba de la emulsión] S4 --> S5[5. Abrir la válvula de la bomba] S5 --> S6[6. Abrir la válvula del paso de la emulsión hacia la bomba] S6 --> S7[7. cuando se ha terminado el proceso apagar la bomba y cerrar las válvulas.] S7 --> FIN([FIN]) </pre>	<p align="center">Operador de planta</p> <p align="center">Operador de planta</p> <p align="center">Operador de planta</p> <p align="center">Operador de planta</p> <p align="center">Operador de planta</p> <p align="center">Operador de planta</p> <p align="center">Operador de planta</p>

Figura 16. Diagrama procedimiento para el cargue de la emulsión

ANEXO B:

II. MANUAL OPERATIVO DEL LABORATORIO DE EMULSIÓN ASFÁLTICA DE LA PLANTA DE ASFALTOS Y EMULSIONES DE COLOMBIA EU.

1. Descripción general de las pruebas

1.1 Determinación de propiedades fisicoquímicas de las emulsiones asfálticas.

1.1.1 Viscosímetro de SAYBOLT-FUROL



Figura 17. Viscosímetro de SAYBOLT-FUROL¹

Esta prueba tiene por objeto determinar la viscosidad “Saybolt -furol” de las emulsiones asfálticas, a las temperaturas de 25 y 50 ° C, establecidas para realizar la prueba estándar.

¹ Tomado de Internet

Tabla 9. Características del viscosímetro de SAYBOLT-FUROL

Viscosímetro	
Marca	Saybolt- Furol
Normas que lo rigen	ASTM D244 Y D 88
Control de temperatura	200°C
Potencia	300 W
Matraz aforado de vidrio	
Marca	A KIMAX USA
Capacidad	60 ml
Temperatura	20°C
Referencia	28126
Precisión	± 0,5

1.1.1.1. Generalidades

Un viscosímetro es un instrumento empleado para medir la **viscosidad** y algunos parámetros de flujo de un **fluido**, recordemos que la viscosidad se define como la resistencia opuesta en el seno de una masa líquida a una deformación cuyo gradiente de velocidad es:

$$\frac{\delta v}{\delta Z}$$

Esta viscosidad conocida también como viscosidad dinámica, tiene por unidades el Poiseuille (10 poises). Para emulsiones no muy viscosas es mejor considerar la

viscosidad cinemática:

$$\gamma = \frac{\eta}{\phi}$$

Por ϕ se designa a la masa específica a la temperatura de prueba. La unidad de viscosidad cinemática es él m^2/seg ; un Stokes es igual al cm^2/seg .

No hay que olvidar que una emulsión, es una dispersión heterogénea, por este motivo no se puede hablar de viscosidad sino de viscosidad aparente, ya que varía con el gradiente de velocidad, aumentando cuando el gradiente de velocidad disminuye.

El principio en el que se basa el viscosímetro de Saybolt-furol, es la facilidad con que un fluido fluye a través de un orificio de diámetro pequeño, logrando así determinar el estado de fluidez de la emulsión a las temperaturas que se emplean durante su aplicación. Este ensayo permite una mayor comodidad y exactitud en los resultados.

La base de éste ensayo es la medida del tiempo necesario para que fluya un volumen constante de material bajo condiciones de ensayo, como temperatura y altura del líquido, rígidamente controladas.

Asfaltos y emulsiones de Colombia EU fabrica emulsiones catiónicas de tres tipos luego maneja un amplio rango de viscosidades (Ver tabla 4, 5, 6 Pág. 90, 91, 92). El uso de este Viscosímetro lo rige la norma ASTM D88, que consiste esencialmente de un tubo cilíndrico de bronce en cuyo fondo esta un orificio de dimensiones específicas, este tubo de bronce rodeado por un baño a temperatura constante, cuenta con un control de temperatura de lectura digital hasta aproximadamente 200°C, calefacción y agitación interna del fluido.

1.1.1.2 Partes del viscosímetro

1. Viscosímetro "Saybolt furol"
2. Matraz aforado de vidrio, para viscosidad "Saybolt" de 60 ml de capacidad.
3. Termómetro de inmersión total, con escala de 19 a 27°C del tipo ASTM 17C.
4. Termómetro de inmersión total, con escala de 45 a 57°C del tipo ASTM 19C.
5. Baño de agua a temperatura controlable.
6. Vaso de precipitado de vidrio refractario de 400 ml.
7. Malla de aberturas cuadradas "U.S. Standard" de 0.841 mm número 20.

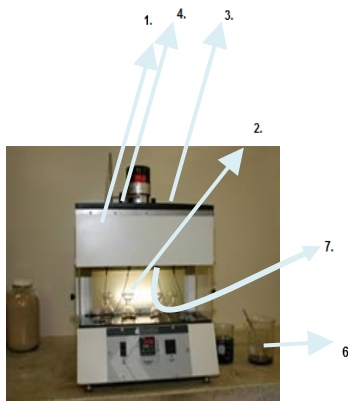


Figura 18. Partes del viscosímetro ²

1.1.1.3 Procedimiento de uso del Viscosímetro

1. Inicialmente recogemos la muestra a examinar en la planta de producción
2. Conectamos el cable de conexión del viscosímetro el cual trabaja a 110 VAC y 60 Hz a la toma de electricidad para poner a funcionar el viscosímetro.
3. Existen dos tipos de procedimientos para llevar a cabo la prueba de viscosidad, pues se realizan a 25 y 50 °C

3.1. Procedimiento a 25°C

1. Homogenice completamente la muestra en su recipiente, evitando que se formen burbujas y vacíense 100 ml en el vaso de precipitado.
2. Sumerja el vaso en el baño de agua durante 30 minutos a una temperatura de 25°C. Durante este espacio de tiempo, mezcle la muestra con ligeros movimientos circulares del termómetro, a razón de 60 revoluciones por minuto, aproximadamente.
3. Vacíe la muestra en el tubo del viscosímetro a través de la malla de 0.841 mm N° 20, hasta que rebase el nivel del tubo de derrame

² Tomado de Internet

4. Una vez lleno el tubo y sin agitar la muestra, determine la viscosidad, quitando rápidamente el tapón de la boquilla del tubo de viscosidad permitiendo que la muestra escurra hacia el matraz aforado.
5. Inicie la cuenta del tiempo.

3.2. Procedimiento a 50°C

1. Homogenice completamente la muestra en su recipiente, evitando que se formen burbujas y vacíense 100 ml en el vaso de precipitado.
2. Sumerja el vaso en el baño de agua cuya temperatura debe mantenerse a $71 \pm 3^\circ\text{C}$, de tal manera que el fondo del vaso quede aproximadamente a 5 cm. bajo el nivel del agua del baño.
3. Para homogenizar la temperatura de la muestra agítese moderadamente con movimientos circulares del termómetro, a razón de 60 rpm, aproximadamente.
4. Mantenga el vaso dentro del baño hasta que la muestra alcance una temperatura de $51.4 + 0.3^\circ\text{C}$
5. Inmediatamente después, vierta la emulsión en el tubo del viscosímetro a través de la malla de 0.841 mm N° 20, hasta que rebase el nivel del tubo de derrame.
6. Agite moderadamente la muestra con el termómetro, a razón de 60 rpm, hasta que alcance la temperatura $50 \pm 0.05^\circ\text{C}$, la que deberá mantenerse constante durante 1 min., antes de proceder a determinar la viscosidad.
7. Extraiga el termómetro, limpie rápidamente el exceso de emulsión que se haya vertido por el tubo de derrame y determínese la viscosidad como en el procedimiento a 25°C .

El tiempo en segundos que marque el cronómetro para llenar el matraz hasta la marca del aforo, será la viscosidad de la muestra a las temperaturas de prueba (Ver tabla 4,5 y 6 Pág. 89, 90, 91)

1.1.2 PH Meter CG 820



Figura 19. PH Meter ³

Esta prueba es muy significativa, para el control de calidad de la emulsión durante el proceso de fabricación. Lo que hace es verificar la acidez o alcalinidad del jabón emulsificante, a fin de tener los resultados deseados, determinando el potencial de H^+ de la fase acuosa de las emulsiones asfálticas. Teóricamente el PH es el logaritmo con signo contrario de la concentración de iones de H^+ .

1.1.2.1 Generalidades

El PH Meter consta, de calibración en 3 puntos, lectura de temperatura, compensación automática de temperatura, apagado automático luego de 17 minutos, función Hola, reconocimiento de buffer.

Es importante tener en cuenta que una misma emulsión se comporta en forma diferente durante la construcción, según tenga un PH de 4.5 o 2.0.

El PH de la emulsión es muy difícil de determinar, ya que se pega en las paredes de vidrio de los electrodos y los valores que se obtengan pueden ser inexactos.

³ Tomado de Internet

Si es necesario determinarlo para tener este valor en las estadísticas de control, es preferible pedirlo al laboratorio del fabricante.

Tabla 10. Especificaciones del PH Meter CG 820

Rango	Resolución	Exactitud
0,00 a 14,0 PH	0,01 PH	+/- 0,01 PH
0,0 a 100,0 °C	0,1 °C	+/- 0,5 °C

Tabla 11. Características del PH Meter CG 820

Marca	Schott Gerate
Alimentación:	4 pilas alcalinas AAA (más de 60 horas de uso continuo).
Dimensiones y peso	14 x 7 x 3,5 cm.
Peso	408gr
Buffers	Código 3771-L 4,01 pH / 3772-L 7,00 pH / 3773-L 10,0 pH, En envases de 500ml
Numero de referencia	53173
Frecuencia	50/60 HZ
Potencia	100 – 240 V

1.1.2.2. Partes del PH Meter CG 820

1. Picnómetro con escala doble (una para la banda acida y otra para la alcalina).
2. Dispositivo que permita corregir los efectos de la temperatura
3. Voltímetro con resistencia interna elevada de 10^{12} omh., para eliminar a los efectos de polarización en los electrodos.
4. Un electrodo de referencia de tipo platino/mercurio/calomel, en solución acuosa saturada de KCl.
5. Un electrodo de medición de vidrio.
6. Dos vasos de 100 ml. y de 250 ml. De polietileno.

7. Soluciones utilizadas en la prueba de PH

Una solución de referencia de tartrato ácido de potasio (saturada), con un PH de 3.57 ± 0.02 entre 20 °C y 30 °C

Una solución de referencia de bórax 0.01 m., con:

- PH= 9.22 ± 0.01 a 20°C
- PH= 9.18 ± 0.01 a 26°C
- PH= 9.13 ± 0.01 a 30°C

Una solución saturada de KCl

Una solución de diamina comercial de clorhidrato de alfil propileno al 1%, en casos de PH comprendido entre 3 y 5

Una solución de jabón de resina vinsol con un PH entre 12 y 13



6. **Figura 20. Partes del PH Meter CG 820** ⁴

1.1.2.3. Procedimiento de uso del PH Meter CG 820

1. La emulsión fabricada por **Emulsiones y asfaltos de Colombia EU**, es emulsión catiónica, aquí los electrodos se mojan en la solución de diamina de clorhidrato de alquilpropileno.
2. Se lavan los electrodos con agua destilada.
3. Los electrodos se calibran sumergiéndolos en algunas de las soluciones de referencia y se anota la lectura obtenida como PH, cuidando de hacer la corrección por la temperatura.
4. Se lavan los electrodos con agua destilada.

⁴ Tomado de Internet

5. Se vierten 50 ml. de la muestra en un vaso de 100ml., se introducen los electrodos y después de agitar el vaso durante algunos segundos, se determina la lectura PH_2 .
6. Finalmente lave los electrodos con agua destilada.
7. Con objeto de verificar la calibración de los electrodos, efectúese una determinación más de en la misma solución de referencia y anote la lectura del nuevo PH_3 .
8. Para lavar los electrodos, enjuague con acetona, enseguida con tricloroetileno, nuevamente con acetona y finalmente con agua destilada.
9. El resultado debe reportarse de la siguiente manera:
 - 9.1 Como resultado de la prueba se reportará la lectura como PH_2 como un decimal.
 - 9.2 Indique la temperatura de la prueba, que debe estar comprendida entre 20 y 30°C

1.1.3. Contenido de agua



Figura 21. Contenido de Agua

1.1.3.1 Generalidades

Esta prueba permite determinar el contenido de agua en los materiales asfálticos, con el fin de obtener una idea cualitativa de su consistencia o de su probable comportamiento. La prueba consiste en secar una muestra del material en el horno y determinar el porcentaje de la masa de agua, con relación a la masa del sólido.

1.1.3.2 Partes del equipo de Contenido de humedad

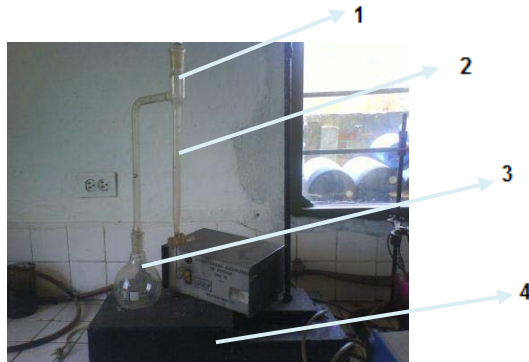


Figura 22. Partes del equipo de contenido de agua.

1. Bureta
2. Refrigerante
3. Balón aforado 500 ml
4. Estufa de calentamiento

1.1.3.3 Procedimiento de uso del equipo de contenido de humedad

1. Se obtiene la mezcla del recipiente limpio y seco, con su tapa y se anota como W_t en g.
2. Se coloca la porción de la muestra húmeda en el recipiente, se tapa e inmediatamente después, se determina la masa del conjunto y se registra como W_1 , en g.
3. Posteriormente se quita la tapa del recipiente y se introduce la muestra en el horno para mantenerla a una temperatura de 105 ± 5 °C, hasta obtener masa constante, lo cual ocurre en un lapso aproximado de 16 horas. En caso de materiales que contengan materia orgánica o minerales que contienen agua en su composición, la temperatura de secado será mayor de 60°C.
4. Una vez secada la muestra, se saca del horno y se coloca en desecador, dejándola enfriar hasta la temperatura ambiente; se obtiene la masa en su recipiente original previamente tapado y se anota como W_2 , en g.

5. Finalmente se calcula el contenido de agua requerido que no puede ser mayor a 43%.

$$\omega = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_t} * 100 = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

Donde:

ω = Contenido de agua (%)

W_1 = Masa de la muestra húmeda más la masa del recipiente y su tapa, (g)

W_2 = Masa de la muestra seca más la masa del recipiente y su tapa, (g)

W_t = Masa del recipiente y su tapa (g)

W_w = Masa del agua (g)

W_s = Masa de los sólidos (g)

1.1.4 Residuo por destilación

Esta prueba tiene por objeto determinar las proporciones de agua y de residuo asfáltico contenidas en la emulsión; el residuo de la destilación puede utilizarse para efectuar las pruebas de penetración, ductilidad y solubilidad en tetracloruro de carbono.

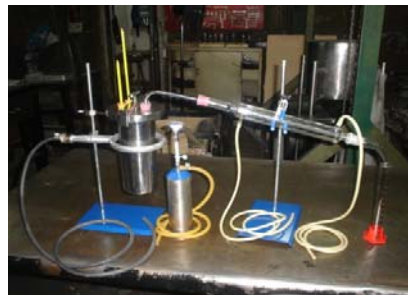


Figura 23. Equipo de destilación⁵

⁵ Tomado de Internet

1.1.4.1 Generalidades

Este procedimiento es regido según las normas ASTM D244, IRAM 6719 y se emplea para determinar las proporciones relativas de asfaltos residuales, también para medir las cantidades de disolvente que destilan a diversas temperaturas, que indican las características de evaporación del disolvente, a su vez, indican la velocidad a que el material secará después de aplicado.

Al efectuar la prueba, se debe tener en cuenta que debido a un fenómeno de flotación en el aire presente a temperaturas relativamente elevadas, los alambiques pesan a la temperatura de 260°C cerca de 1 y 2 gramos menos que a la temperatura ambiente. Por ello antes de efectuar los cálculos debe agregarse 1 o 2 gramos al peso final W_f .

Si este residuo se va a utilizar para efectuar otras pruebas, después de haber pasado al alambique al finalizar la destilación, se destapa y se vierte su contenido a través de la malla de 0.297 mm. N° 50, en los moldes y recipientes apropiados para las pruebas que van a realizarse.

Antes de vaciarlo, verifique con una espátula si el residuo es homogéneo; esto se comprueba si el material escurre en forma de hilo; de lo contrario, deberá revolverse con la espátula hasta lograr esa condición.

Tabla 12. Características del equipo de destilación.

Modelo	PA-70-2
Temperatura	25 y 50°C
Serie	120
Frecuencia	60 HZ
Potencia	110 VAC
Termómetros	-2 a +300 °C

1.1.4.2 Partes del equipo de destilación de Emulsiones Asfálticas

1. Alambique cilíndrico de acero inoxidable de aproximadamente 95 milímetros de diámetro interior x 241 milímetros de altura con su tapa y cierre tipo prensa.
2. Mechero anular de latón con agujeros sobre su circunferencia interior y regulador para la entrada de aire
3. Tubo de conexión de vidrio, preferiblemente con camisa de lamina, entre alambique y refrigerante con cubierta metálica.
4. Refrigerante tipo Liebig de vidrio recto, preferiblemente con camisa de metal
5. Probeta graduada de 100 ml
6. Dos termómetros de inmersión total, con rangos de temperatura de -2 a + 300°C con graduaciones al grado, tipo ASTM 7C o similar.
7. Codo de vidrio entre refrigerante y probeta
8. Dos soportes metálicos del tipo Universal
9. Aro porta alambique
10. Pinza porta refrigerante
11. Mechero Bunsen

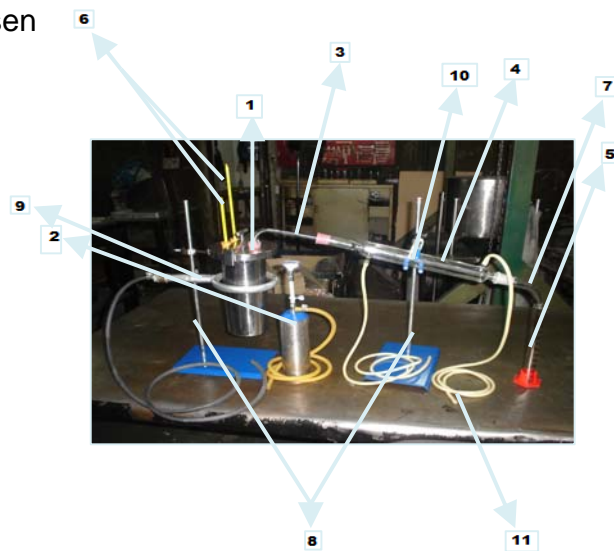


Figura 24. Partes del equipo de destilación⁶

⁶ Tomado de Internet

1.1.4.3 Procedimiento de uso del equipo de Destilación de Emulsiones Asfálticas

1. Pese 200 ± 0.1 gramos de muestra de la emulsión en el alambique previamente tarado, incluyendo accesorios como: tapaderas abrazadera, termómetro, etc.
2. La tapadera debe ajustarse perfectamente mediante el tornillo de presión entre ella y el alambique, debe usarse un empaque de papel impregnado con aceite.
3. Inserte el termómetro mediante un tapón de corcho, de tal manera que el bulbo quede a 6.4 mm. Del fondo del alambique.
4. Conecte el alambique y coloque alrededor de éste el quemador de gas con el que se calentará la parte superior del citado alambique.
 $w_i \rightarrow$ Peso del alambique y sus accesorios, más la emulsión.
5. Aplique suficiente calor con el mechero "Bunsen" al tubo de conexión para evitar la condensación de agua en éste.
6. Cuando la temperatura de la muestra haya llegado a 121°C , bájese el quemador hasta la mitad de la altura del alambique y téngase en esta posición hasta alcanzar la temperatura de 176°C , después del cual, deberá bajarse nuevamente el quemador hasta una altura de aproximadamente 6.4 mm. del fondo del alambique.
7. Elévese la temperatura de la muestra hasta 260°C y manténgase durante un lapso de 15 minutos.
8. Desconecte el alambique y péselo con todos sus accesorios. Este peso debe asignarse con w_f

Cuando sea difícil de destilar debido a una excesiva formación de espuma, debe procederse así:

1. Pese 200 ± 0.1 gramos de muestra de la emulsión en el alambique modificado y previamente tarado, incluyendo accesorios como: tapaderas abrazadera, termómetro, etc.

La tapadera debe ajustarse perfectamente mediante el tornillo de presión entre ella y el alambique, debe usarse un empaque de papel impregnado con aceite.

w_i → Peso del alambique y sus accesorios, más la emulsión

2. .Conecte el alambique y coloque cerca de su parte superior el quemador, por lo que al mismo tiempo funcionara como apoyo; el quemador debe tener 101.6 mm. de diámetro y se debe colocar debajo del engrosamiento del alambique y otro de 50.8 mm. de diámetro a 5 cm. debajo de su fondo.
3. Inicie la destilación, aplicando calor únicamente con el quemador inferior. Cuando aquella cese, enciéndanse los dos quemadores mayores ajustándolos a una flama baja, con la cual se reanudará la destilación.
4. Cuando se vuelva a interrumpir la destilación debido a la espuma formada, incremente el calor, ajustando la flama del quemador inferior. Al aparecer la columna de mercurio en la parte del termómetro que sobresale y se puede leer la temperatura, vuelva a incrementar el calor, ajustando la flama de los quemadores medio e inferior hasta alcanzar una temperatura de 260°C
5. Si hay inicios de que la emulsión vuelve a formar espuma y está trata de pasar al tubo de conexión, retire rápidamente el quemador inferior, y sin mover el alambique, sumerja en un recipiente con agua hasta que su fondo quede a 5 cm. bajo el nivel de aquélla, durante el tiempo necesario para detener la formación de espuma. A continuación reanude la aplicación de calor, observando cuidadosamente el tubo de conexión para repetir el proceso si es necesario.
6. Cuando el residuo alcance la temperatura de 260°C, consérvese ésta durante 15 min. Transcurridos éstos, desconecte el alambique y pese con sus accesorios, anotando el resultado como w_f
7. Para este invariante de la prueba, la destilación debe realizarse en un tiempo comprendido entre una hora y una hora y quince minutos, medido desde la primera aplicación de calor, puede requerirse un tiempo mayor si la formación de espuma obliga a repetir el proceso.

8. Calcule y reporte el residuo de la destilación, utilizando la siguiente ecuación.

$$R = \frac{200 - (w_i - w_f)}{200} * 100$$
$$R = 100 - \frac{(w_i - w_f)}{2}$$

En donde:

R = Contenido de residuo por destilación en porcentaje.

w_i = Peso del alambique y sus accesorios más la emulsión antes de la prueba en gramos

w_f = Peso del alambique y sus accesorios más el residuo después de la prueba, en gramos.

$(w_i - w_f)$ = Peso del destilado, en gramos.

En caso de que la emulsión contenga disolventes, su volumen podrá determinarse directamente en la probeta que recibe al destilado total. Ese contenido deberá reportarse de acuerdo con el porcentaje del volumen de emulsión.

1.1.5. Baño María

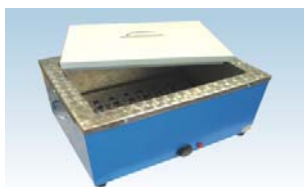


Figura 25. Baño María⁷

1.1.5.1 Generalidades

Esta prueba debe mantenerse a una temperatura tal, que no varíe 0.1°C de la seleccionada para la prueba. El volumen de agua no deberá ser menor a 10 litros. La altura del baño debe permitir que la muestra sea sumergida a una profundidad de 10 cm. y de ser soportada en una plataforma perforada, que estará 6 cm. separada del fondo.

⁷ Tomado de Internet

No se debe permitir que el agua se llegue a contaminar de aceite o suciedades; cuando se tenga que hacer la prueba a bajas temperaturas se puede emplear sal en el agua.

Tabla 13. Características del Baño María.

Modelo	PA77
Serie	196
Potencia	110 VAC
Frecuencia	60 Hz

1.1.5.2 Partes del equipo de Baño María

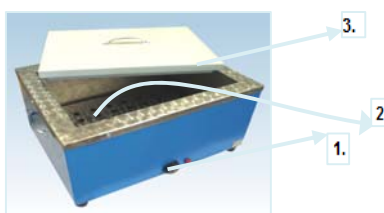


Figura 26. Partes del equipo de baño de maría ⁸

1. Medidor de temperatura
2. Tapa
3. Cuneta para rellenar de agua

1.1.5.3 Procedimiento de uso del equipo de Baño de María

1. La muestra se debe calentar con cuidado para evitar sobre calentamiento local a la temperatura mínima posible, hasta que se vuelva suficientemente fluida para verterse con facilidad.

⁸ Tomado de Internet

2. No permita que en ningún caso la temperatura de la muestra exceda los 93°C sobre la temperatura de ablandamiento determinada por el método A.S.T.M. 36.
3. Agite la muestra hasta que está homogénea y libre de burbujas de aire.

1.2. Determinación de Propiedades geométricas de Agregados Pétreos

1.2.1. Tamiz



Figura 27. Tamices⁹

1.2.1.1. Generalidades

El ensayo de tamizado es regido por las normas ASTM E11, esta norma indica que la abertura está definida por un número (del número 635 (20 μm) hasta el número 3-1/2 (5,6 mm)) o en pulgadas (de 1/4 de pulgada (6,3 mm) hasta 5 pulgadas (125mm)).

El proceso de tamizado complementa al de sedimentación y se emplea para determinar cuantitativamente el porcentaje de asfalto presente en forma de glóbulos relativamente grandes. Estos glóbulos no dan revestimientos delgados y uniformes de asfalto sobre las partículas de áridos. Las propiedades físicas y químicas de los sólidos varían en función de su distribución granulométrica.

⁹ Tomado de Internet

Tabla 14. Características de los tamices

Micrómetros	850
Número	20
Pulgadas	0033
Serie	125

Por esta razón, para poder efectuar controles de calidad en polvos y granulados, es imprescindible conocer la distribución por tamaño de las partículas en los mismos. Sólo si la distribución granulométrica se mantiene igual, puede garantizarse una calidad constante del producto.

1.2.1.2 Partes de los tamices

1. Abertura nominal del tamiz para la tela metálica, también conocida como Tamaño de la malla
2. Cobertura del recipiente de acero inoxidable.
3. Recipiente recolector de la muestra fabricado en acero inoxidable.
4. Malla de filamentos, conocida como "luz de malla".



Figura 28. Partes de los tamices¹⁰

1.2.1.3. Procedimiento del uso de tamices

De manera general, en el ensayo de tamizado lo que hacemos es pasar una muestra representativa de la emulsión asfáltica a través de un tamiz #20. Específicamente el proceso llevado a cabo es el siguiente:

¹⁰ Tomado de Internet

1. Se determina la masa de la muestra de ensayo en estado seco.
2. Enseguida la vaciamos en el juego de tamices, cumpliendo así el ciclo de tamizado.
3. Registramos la masa retenida en el tamiz y en el recipiente receptor
4. Se calcula la masa total o suma de las fracciones retenidas en el tamiz y en recipiente receptor, la que no debe diferir con la masa de la muestra de ensayo en más de 3% para las arenas y de 0,5% para las gravas. En caso que no se cumpla este requisito se rechaza el ensayo y se debe repetir con una muestra gemela.
5. Calculamos el porcentaje parcial retenido en el tamiz y en el recipiente receptor, referido a la masa total de las fracciones retenidas, aproximando al 1 %.
6. Finalmente el tamiz y el asfalto retenido se lavan a continuación con una solución diluida de oleato sódico y finalmente con agua destilada.
7. Después del lavado, el tamiz y el asfalto se secan en un horno y se determina la cantidad de asfalto retenido.

El módulo de finura es el valor correspondiente a la centésima parte de la suma de los porcentajes retenidos acumulados en los tamices de la serie preferida. Cuanto mayor es el módulo de finura más grueso es la materia, dependiendo del tipo de emulsión el tamizado cambia.

1.2.2. Penetrómetro digital.

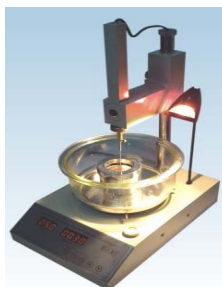


Figura 29. Penetrómetro digital ¹¹

¹¹ Tomado de Internet

La norma que lo rige son las ASTM D-5, este ensayo describe el procedimiento para determinar la penetración de materiales bituminosos semisólidos y sólidos.

1.2.2.1 Generalidades

La penetración de un material bituminoso es la distancia en décimas de milímetro que una aguja estándar penetra verticalmente en la muestra, bajo condiciones normalizadas de temperatura, carga y tiempo.

Para realizar la prueba se requiere: que el aparato de penetración permita el movimiento del vástago, sin que se tenga una fricción apreciable y que esté perfectamente calibrado para aportar resultados de acuerdo con la descripción del término penetración.

Cuando la aguja va a ser montada en la mordaza, el peso del vástago debe ser de 47.5 ± 0.05 g. Cualquiera que sea el aditamento de montaje, el peso total del vástago con la aguja debe ser de 50 ± 0.1 g. Debe contar con pesas de 50 ± 0.1 g. y de 100.00 ± 0.00 g. para poder tener pesos totales de 100 y 200 g. según las condiciones de la prueba.

La aguja se debe despuntar esmerilando, hasta que quede un cono truncado, cuya base menor tenga de 0.14 a 0.16 mm. de diámetro. La aguja terminada debe ser templada y altamente pulida. El tramo expuesto de aguja cuando se halla montada en la mordaza del aparato de penetración o en una férula, debe ser menor de 40 mm. ni mayor de 43 mm.

La precisión de la prueba depende principalmente del control que se tenga de la temperatura, los termómetros deberán estar certificados por el método de inspección y estandarización de "Etched-Stem", líquidos en vidrio para termómetros A.S.T.M. E-77.

Tabla 15. Características del penetrómetro digital

Modelo	PA-70-2
Temperatura	25°C
Serie	120
Frecuencia	60 Hz
Potencia	110 VAC

1.2.2.2. Partes del penetrómetro digital

1. Aguja de penetración está hecha de una varilla cilíndrica de acero de aproximadamente 50.8 mm. de longitud y 1.00 a 1.02 mm. de diámetro; uno de los extremos debe ser simétricamente cónico.

1.1 El cono debe ser aproximadamente de 6.35 mm. de altura y con un ángulo entre 8°40' y 9° 40'.

2. Recipiente de metal o de vidrio de fondo plano, donde se prueba la muestra. El recipiente que se use para materiales con una penetración de 200 o menos, debe tener una capacidad nominal de 115 cm³; sus dimensiones interiores deben ser aproximadamente 55 mm. de diámetro y 35 mm. de altura.

El recipiente que se use para materiales con penetración mayor de 200 debe tener una capacidad nominal de 230 cm³; sus dimensiones interiores deben ser más o menos las siguientes: 70 mm. de diámetro y 45 mm. de altura.

3. Termómetros regidos por las normas A.S.T.M. E-1

3.1 Para las pruebas de 25°C se puede usar el mismo que el empleado para la viscosidad, con un rango de 18 a 27°C. El termómetro deberá estar en inmersión a 150 ± 15 mm.

3.2 Para las pruebas de 0 a 4°C emplee un termómetro de precisión A.S.T.M., con un rango de -8 a 32°C. Este deberá estar en inmersión a 150 ± 15 mm.

3.3 Para las pruebas de 46.1 °C emplee un termómetro de rango de 25 a 55°C. Este deberá estar en inmersión a 150 ± 15 mm

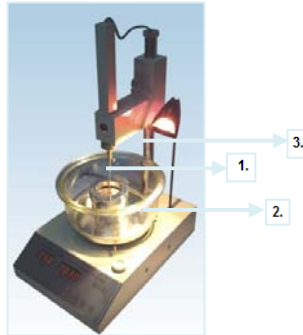


Figura 30. Partes del penetrómetro digital penetrómetro digital ¹²

1.2.2.3. Procedimiento de uso del penetrómetro digital

Antes de iniciar la prueba de penetración vacíe en el recipiente hasta una altura tal, que al enfriarse a la temperatura de prueba, sea por lo menos 10mm. más que la profundidad a la cual la aguja penetra durante la prueba.

1. El recipiente y su contenido deben estar tapados ligeramente, como protección de cualquier contaminante.
2. Deje enfriar la muestra a una temperatura no mayor de 29.5 °C ni menor de 20°C entre hora y media y dos horas si la muestra está en el recipiente de 230 cm³ y entre una hora y hora y media cuando está en el recipiente de 115 cm³.
3. Coloque la muestra en el baño maría junto con el vaso de traslado y un recipiente de 230 cm³ y menos de una hora si el recipiente es el de 115 cm³.
4. Coloque la muestra en el vaso de traslado con agua del baño, en cantidad suficiente para cubrir completamente el recipiente.
5. Coloque el vaso de traslado que contiene la muestra sobre el soporte del penetrómetro.
6. Ajuste la aguja cargada con el peso especificado de modo que haga contacto con la superficie de la muestra.

¹² Tomado de Internet

Esto se puede realizar haciendo contacto entre la aguja real y su imagen reflejada sobre la superficie de la muestra, por medio de una fuente luminosa convenientemente situada.

7. Anote la lectura de la escala o coloque la manecilla en cero.
8. Suelte la aguja durante el periodo de tiempo especificado, tras lo cual se ajusta el vástago del penetrómetro para leer la distancia penetrada.
9. Haga por lo menos tres pruebas sobre puntos de la superficie de la muestra, que no estén a menos de 1 cm. de la pared del recipiente, ni a menos de 1 cm. de distancia entre sí.
10. Después de cada prueba, la muestra y el vaso de traslado se deben regresar al baño maría, mientras la aguja se limpia cuidadosamente hacia la punta.
11. La aguja se limpia primero con un paño limpio humedecido con tetracloruro de carbono para quitar todo el asfalto adherido y después con un paño limpio y seco.
12. La penetración reportada debe ser el promedio calculado aproximado a la unidad más cercana de por lo menos tres pruebas, cuyos valores individuales no deben diferir del promedio en más de las tolerancias calculadas con aproximación de una unidad para dicha penetración. Las tolerancias se deben calcular así :

$$Tolerancia = \frac{Penetración}{100} \pm 1$$

13. Cuando se desee variar la temperatura y con el objeto de proporcionar un método diferente para reportar los resultados si hay variaciones, se sugieren las siguientes combinaciones de temperatura, tiempo y carga.

Tabla 16. Combinaciones de tiempo, temperatura y carga.

0°C	32°F	200 g de carga	60 Segundos
46.1°C	115°F	50 g de carga	5 Segundos

14. Cuando se obtengan penetraciones de 5 o menos y se requieran resultados más significativos, la prueba se puede hacer usando una carga creciente.
15. Se sugieren incrementos de 100g. cuando se hagan variaciones.
16. Las muestras deben ser preparadas de acuerdo con las instrucciones anteriores, aunque tenga que usar salmuera en lugar de agua, en el baño si es necesario para mantener las bajas temperaturas.
17. Los resultados de las pruebas por este método, deben ser obtenidos dentro los límites abajo y arriba del resultado promedio así:

$$\text{Límite} = (\pm) \frac{\text{Penetración } n_{\text{Promedio}}}{50}$$

ANEXO C:

III. MANUAL OPERATIVO PARA EL MANEJO DE LA EMULSIÓN ASFÁLTICA

Las variables que intervienen durante la fabricación de una emulsión asfáltica, son muy importantes, ya que es a partir de estas que se logra que la emulsión sea estable y del tamaño de partícula apropiado.

ASFALTOS Y EMULSIONES DE COLOMBIA EU utiliza emulsiones catiónicas en los sistemas asfálticos, lo cual permite una buena adhesión química entre el sistema asfáltico y el sustrato pétreo y un buen desempeño del asfalto. Las emulsiones asfálticas han reducido significativamente el proceso de asfaltado de carreteras, debido a que estas se pueden aplicar en frío, logrando disminuir los costos considerablemente, no solo en la energía requerida para fundir el asfalto, sino en la maquinaria que se requiere para hacer el fundido in situ. La emulsión asfáltica debe ajustarse a las condiciones de cada caso particular.

Como generalmente las mezclas sometidas al proceso son de tipo denso, es decir de rompimiento lento. Los diferentes parámetros que intervienen en la formulación de una emulsión asfáltica, van a determinar las características de la misma y por tanto su comportamiento, los principales son:

- ▣ Naturaleza y tipo de asfalto
- ▣ Elección del tipo de emulgente
- ▣ Determinación del contenido óptimo en ligantes
- ▣ Contenido óptimo de ácido o base para la salificación del emulgente
- ▣ Tipo de equipo empleado en la fabricación de la emulsión
- ▣ Condiciones de fabricación como: Presión, temperatura, etc.
- ▣ Granulometría del agregado pétreo
- ▣ Almacenamiento
- ▣ Transporte

En el mercado existen algunos productos cobijados por patente, que rejuvenecen o eliminan el asfalto residual del pavimento antiguo y favorecen el proceso de re tratamiento. Su empleo puede ser adecuado en aquellos casos en que la mayor parte del material por procesar esté constituido por la mezcla bituminosa pero, en todo caso, la utilización de un producto de esta índole deberá valorarse tanto por su costo, como en base a la reputación de su calidad y los registros que existan sobre sus antecedentes.

1. Naturaleza y tipo de asfalto

Para tener completos todos los elementos que componen una emulsión asfáltica, es necesario también describir el componente ligante bituminoso, asfalto o bitumen, también llamado nafta – betunes, betún cemento asfáltico, chapopote, etc.... Este producto fue conocido alrededor del año 2500 AC en Egipto, aunque en esa época no se le empleaba en la construcción de suelos. Para la elección del tipo de asfalto es importante tener en cuenta los datos que se observan en la tabla 26.

Tabla 17. Principales características del asfalto

Características	Asfalto fáciles de emulsificar	Asfaltos difíciles de emulsificar
Índice de acidez	(+) 0.5	(-) 0.5
Contenido de azufre	Bajo	Alto
PH	(-) 7	(+) 7

Como sabemos el asfalto es un material con dos componentes principales, los asfáltenos y Maltenos. Los asfáltenos están constituidos por materiales duros y quebradizos y los maltenos son sustancias solubles totalmente en n-pentano.

También es considerado como un material coloidal, formado por micelas de tamaños cercanos a la micra (fase asfáltica), las cuales están suspendidas en una fase aceitosa de alta viscosidad (fase malténica). La micro-estructura del asfalto se define por la cantidad de micelas (Fracción de asfaltenos respecto a los maltenos), la distribución de tamaños de las partículas que forman la fase discreta y por las interacciones físicas y químicas entre ellas, siendo estas las responsables de que el asfalto forme una red tridimensional más o menos desarrollada, la cual determina tanto su naturaleza elástica como viscosa. El asfalto es muy susceptible a los cambios de temperatura y sufre envejecimiento por intemperismo para largos tiempos de exposición; es también afectado por la oxidación y la foto-degradación. Respecto a sus propiedades mecánicas éstas son muy pobres ya que es quebradizo a bajas temperaturas y fluye a temperaturas un poco arriba de la temperatura ambiente; tiene además una baja recuperación elástica.

Todos estos factores limitan ampliamente su rango de utilidad. Por estas razones este material tiene que ser modificado para mejorar substancialmente sus propiedades. Una de las formas de mejorar las propiedades del asfalto es oxidándolo, ya que este procedimiento aumenta su peso molecular y su viscosidad, reduciendo sus propiedades de flujo; sin embargo, estudios diversos han mostrado que la modificación con polímero es preferible si se quieren mejorar substancialmente sus propiedades mecánicas, en especial su recuperación elástica, aunque el costo de este procedimiento es considerablemente mayor.

El asfalto utilizado para la fabricación de emulsiones asfálticas es de dos tipos 60/70 y 80/100, el más utilizado es el 80/100 debido a que las características de este asfalto permiten que al ser calentado a una temperatura lo suficientemente alta, por encima de su punto de inflamación, comience a fluidificarse, algunas veces como un fluido Newtoniano y su viscosidad define sus propiedades mecánicas.

A temperaturas más bajas, el asfalto es un sólido visco- elástico, sus propiedades mecánicas son más complejas y se describen por su modulo de visco-elasticidad, conocido como el modulo de stiffness.

La viscosidad de un asfalto es usualmente medida en un viscosímetro capilar Saybolt furol en una manera similar a la que se miden los aceites lubricantes. Este método mide la viscosidad cinemática que se reporta en centistokes (cst).

Tabla 18. Viscosidad en centistokes de los grados standarts de asfaltos según su penetración

Rango en penetración	Viscosidad en cst						
	20.000	6.000	2.000	1.000	200	100	60
80/100	80	95	105	120	150	170	190
60/70	85	100	115	125	155	175	195

El ensayo Fraass es la medida de las propiedades de quiebre del asfalto a bajas temperaturas. En este ensayo, una lámina metálica es recubierta con una capa de 0,5 mm de espesor de asfalto y es movida de una cierta manera. La temperatura es gradualmente reducida, y el valor al cual se produce la rotura de la capa de asfalto se denomina Temperatura Fraass. El ensayo Fraass nos da una indicación del riesgo de craqueo del asfalto a bajas temperaturas. Pueden obtenerse variaciones del resultado de este ensayo dependiendo del origen del crudo de petróleo con que se obtuvo el asfalto.

Tabla 19. Ensayo fraass

Asfalto	Temperatura fraass °C
80/100	-16
60/70	-13

Tabla 20. Densidad típica de los asfaltos (g. /cm³)

Asfalto	Temperatura °C					
	15	25	50	100	150	200
80/100	1.03	1.02	1.01	0.98	0.96	0.93
60/70	1.04	1.03	1.02	0.99	0.96	0.93

2. Elección del tipo de emulgente

La elección del tipo de emulgente es una de las razones más importantes por las cuales las emulsiones asfálticas están siendo usadas considerablemente en la actualidad, logrando así tener un amplio control en el uso de las emulsiones para los diferentes tipos de aplicación, el tipo de emulgente puede controlar ampliamente el tiempo de ruptura de las emulsiones dependiendo de la rapidez del quiebre, las emulsiones se clasifican en:

CRR: Emulsión catiónica de quiebre rápido

CRM: Emulsión catiónica de quiebre medio

CRL: Emulsión catiónica de quiebre lento

CQS: Emulsión catiónica de quiebre controlado

- Emulsiones catiónicas de rompimiento rápido **CRR:** Su empleo es recomendable en tratamientos superficiales simples y dobles (riegos con gravilla) y riegos de adherencia o de enganche, también en riegos de liga, en negro, antipolvo, curado, sellado, tratamiento de penetración (macadam).

- ▣ Emulsiones catiónicas de rompimiento medio **CRM**: Son mezclas abiertas en frío, ya que son la combinación de un agregado que predominantemente es grueso y de granulometría uniforme y emulsión catiónica de rompimiento medio, ambos componentes en frío.

- ▣ Emulsiones catiónicas de rompimiento lento: **CRL**: Mezclas densas, grava emulsión, estabilización de suelos, riegos de imprimación y lechadas asfálticas (Slurry -seal).

3. Determinación del contenido óptimo en ligantes

Determinadas las condiciones para obtener la granulometría adecuada, debe estimarse a continuación el contenido óptimo de ligantes.

Al respecto no existe un método de diseño de aceptación general y por lo tanto es conveniente combinar los resultados de ensayos, con formulas empíricas y datos de experiencias previas, de manera de establecer un contenido inicial del ligante, ajustable a la vista del comportamiento de la mezcla al comienzo de las obras.

Uno de los métodos más usados y aceptados para el diseño de este tipo de mezclas es el que sugiere el INSTITUTO DE ASFALTO, el cual consiste en estimar, mediante una fórmula, la cantidad requerida de asfalto para la mezcla, efectuando un cálculo que da como resultado la cantidad de ligante nuevo para añadir; dejando que la fase de experimentación de la obra indique los ajustes que sean pertinentes. En general, los pasos de dicho método son los siguientes:

- ▣ Se recomienda utilizar la siguiente ecuación empírica

$$P_c = \frac{0,035a + 0,045b + k.c. + f}{R}$$

Donde:

- ✓ Pc = Porcentaje de emulsión respecto del peso de la mezcla total.
- ✓ a = Porcentaje de material de tamaño mayor a 2,36 mm (Tamiz N° 8).
- ✓ b = Porcentaje de partículas entre 2,36 mm y 0,075 mm (Tamiz N° 8 a 200).
- ✓ c = Porcentaje de partículas menores a 0,075 mm (Tamiz N° 200).
- ✓ k = 0,15 si c está entre 11 y 15; 0,18 si está entre 6 y 10; 0,20 si es igual o menor que 5.
- ✓ f = Valor que varía entre 0 y 2 de acuerdo con la absorción del agregado pétreo. La fórmula se basa en un agregado con peso específico entre 2,6 y 2,7. Si no se dispone de información se puede adoptar un valor entre 0,7 y 1,0.
- ✓ R = Concentración de la emulsión asfáltica por emplear.

4. Contenido óptimo de ácido o base para la salificación del emulgente

Esta es una de las partes más importantes del proceso de fabricación de la emulsión asfáltica, ya es a través de esta que se realiza el control de calidad.

Es necesario que la emulsión se encuentre entre un PH de 4,5 a 2,0.

- ▣ Para un PH de 4.5 la emulsión tiene buena adherencia, pero su rompimiento será muy rápido.
- ▣ Para un PH de 2.0, la adherencia se conservará dentro de los límites aceptables, pero su rompimiento será mucho más lento.
- ▣ El PH de la emulsión con respecto al jabón empleado, varía en más de 0.5 a 0.8.
- ▣ Una emulsión de PH 2.8 a 2.5, el jabón emulsificante originalmente debió tener un PH de 2.0 a 2.3.

5. Tipo de equipo empleado en la fabricación de la emulsión

Una planta de emulsión asfáltica está constituida básicamente por:

5.1 Grupo de fabricación

☐ Instalación de dosificación de los componentes base:

- ✓ Bombas dosificadoras para el ligante
- ✓ Bombas dosificadoras para la fase acuosa

Las bombas más utilizadas son las centrifugas de piñón que vienen con la mayoría de equipos de distribución. También se pueden efectuar transferencias por gravedad o con aire a presión. Se debe tener especial cuidado en la limpieza y drenaje de la bomba después de utilizarla desplazando la emulsión con agua, al utilizar las bombas es importante hacer repetidos bombeos ya que se puede producir el rompimiento de la emulsión.

- ✓ Turbina o molino coloidal

☐ Caldera destinada a la producción de energía calorífica, necesaria para el calentamiento de las diferentes fases.

☐ Sistema de almacenamiento de materias primas: ligantes, emulgentes, fluidificantes.

☐ Elementos destinados a la preparación de la fase acuosa como son: depósitos de fabricación de jabones concentrados y diluidos, medios de agitación, bombas, etc.

☐ Tanques de almacenamiento de productos terminados.

5.2 Proceso de fabricación

El proceso de fabricación puede llevarse a cabo de manera discontinua o continua, la diferencia fundamental es que en la fabricación continua la disolución del emulgente se realiza en línea, inyectando el emulgente, el ácido y estabilizantes y la mezcla y disolución se producirá en la línea del agua previa a la entrada en la turbina. En el proceso de fabricación el mayor problema está en la formulación de las emulsiones ya que son estas las que deben adaptarse a los materiales pétreos y no estos a las emulsiones.

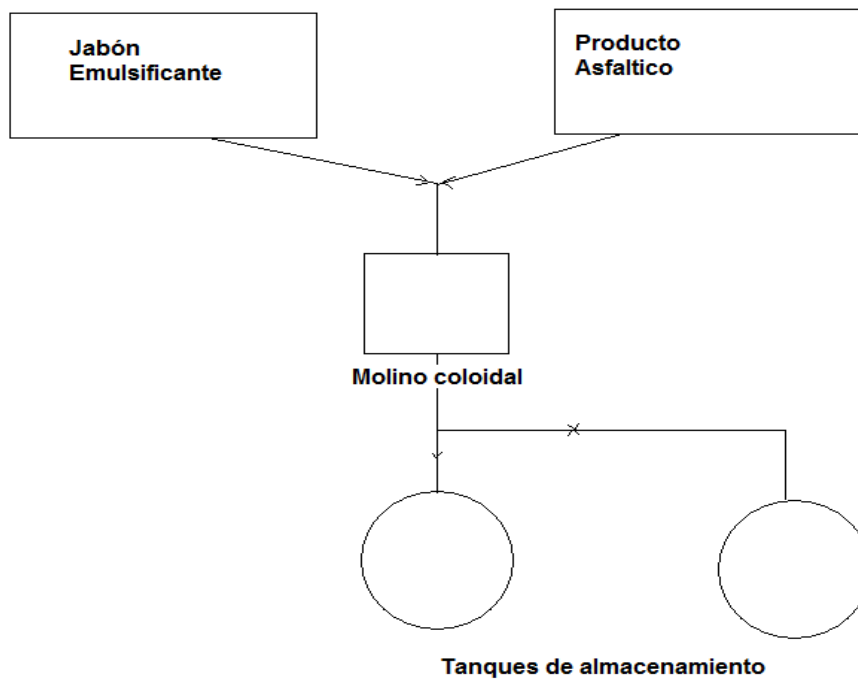


Figura 31. Croquis general de una planta de emulsiones asfálticas

6. Condiciones de fabricación como: Presión, temperatura, etc.

Las emulsiones asfálticas a temperatura ambiente son fluidas y pueden ser bombeadas sin ninguna dificultad, pero se debe evitar mezclar la emulsión con aire, las hace inestables.

Como sabemos el asfalto caliente, no se puede aplicar en condiciones climáticas adversas como lluvia, alta humedad, etc., al contrario de las emulsiones asfálticas ya que el medio en el cual viene el asfalto es precisamente agua. Este es un agente importante, ya que evita retrasos en la construcción de carreteras debido al tiempo.

Las emulsiones asfálticas presentan ventajas importantes sobre el uso de asfalto puro usado en caliente, siendo la principal la baja temperatura de aplicación, ya que se aplica a temperatura ambiente no requiriendo de calor para fundir el asfalto antes de aplicarlo.

7. Granulometría del agregado pétreo

El comportamiento de la emulsión asfáltica será mejor en la medida en que esta se ajuste a alguna banda de granulometría. Para prevenir problemas de segregación, es importante limitar el tamaño máximo de las partículas a 50 mm. En el momento en que se presente sobre tamaños se deben eliminar por métodos manuales o preferiblemente por tamizado las partículas indeseables, también es muy importante tener en cuenta si presentan cantidades excesivas de arcilla pues estas hacen difícil el procesamiento del material con la emulsión asfáltica.

Tabla 21. Granulometría recomendada por el instituto del asfalto para mezclas asfálticas

Tamiz	1 1/2"	1"	N4	N200
% pasa	100	80-100	25-85	3-15

Para asegurar que la emulsión cumple con la granulometría, se estudia el producto de fracción menor, cumpliendo que el equivalente de arena del material ya preparado, sea mayor de 30.

8. Almacenamiento

Para el almacenamiento de la emulsión asfáltica antes de su uso, se debe realizar en tanques cilíndricos verticales, con tuberías de fondo para carga y descarga, las cuales deben encontrarse en posiciones diametralmente opuestas; es importante el empleo de un tanque separado para cada tipo de emulsión.

Las emulsiones a temperatura ambiente son fluidas y pueden ser bombeadas sin ninguna dificultad. Una emulsión puede almacenarse varios meses, sin producirse ningún deterioro y sin necesidad de calentarla para utilizarla. Sin embargo es normal que para almacenamientos prolongados se presenten dos fenómenos

8.1. La nata

Es una película que se forma en la superficie de la emulsión por el contacto del asfalto con el aire.

8.2. La sedimentación.

Consiste en un ligero aumento de la concentración de asfalto a medida que vamos descendiendo hacia la parte inferior del tanque de almacenamiento.

También es importante evitar:

- ▣ Mezclar la emulsión con aire, ya que las hace inestables.
- ▣ Hacer repetidos bombeos ya que se puede producir el rompimiento de la emulsión.
- ▣ La emulsión de rompimiento rápido normalmente no se debe diluir con agua; ya que al hacerlo retrasa su rompimiento.

9. Transporte

El transporte de la emulsión asfáltica se realiza como el de cualquier otro líquido y no ofrece ninguna clase de problema ya que no es combustible.

Su transporte desde la planta de fabricación hasta el sitio de mezcla o de distribución, se realiza a granel, en carros grandes conocidos como carro tanques que no requieren aislamientos térmicos ni calefacción.

Estos carros tanques deben estar dotados de los medios mecánicos que permitan el rápido traslado de su contenido a los depósitos de almacenamiento y un elemento adecuado para la toma de muestras.

Asfaltos y emulsiones de Colombia E.U. suministra las emulsiones asfálticas cumpliendo las disposiciones legales referentes a las dimensiones y pesos de los vehículos de transporte y al control de la contaminación ambiental de los mismos.

Para su transporte es importante tener en cuenta

- ▣ No transportar la emulsión en tanques que queden con demasiado vacío proporcionando agitación o movimientos bruscos que puedan causar la rotura de la emulsión.
- ▣ Se debe transportar la emulsión en tanques limpios ya que se puede contaminar o producir su rotura.

ANEXO D:

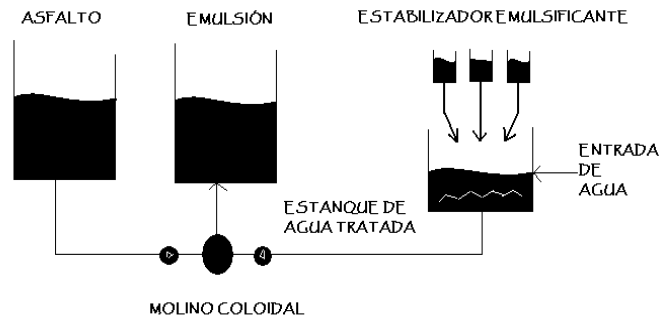


Figura 32. Esquema general de la planta de emulsiones

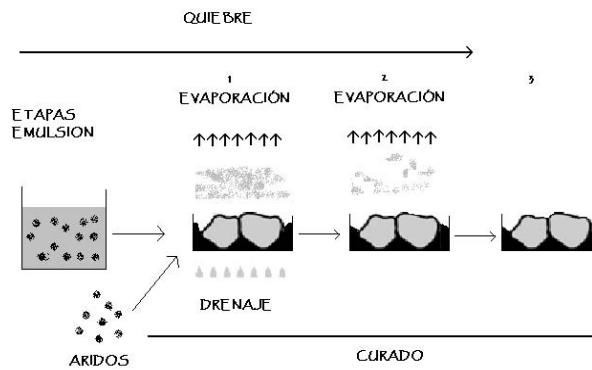


Figura 33. Quiebre de la emulsión

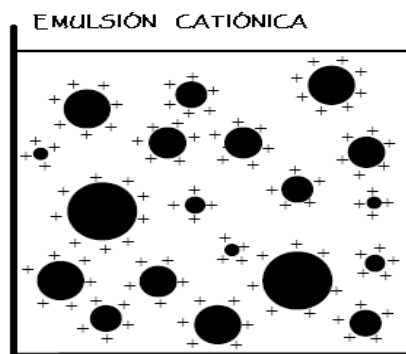


Figura 34. Representación esquemática de emulsión catiónica

ANEXO E:

Tabla 22. División geográfica

SEDE		NEGOCIO	APOYOS
Regional Magdalena medio	Barrancabermeja (Santander)	Producción de Emulsión Asfáltica Catiónica	ELSAMEX S.A. MOPT
Regional Cundi-Boyacense	Santa Fe de Bogotá DC	Sede Administrativa	ELSAMEX S.A. MOPT
Regional Antioquia	Girardota (Antioquia)	Producción de Emulsión Asfáltica y Combustibles Residuales.	ELSAMEX S.A. MOPT

VISCOSIDAD					
VELOCIDAD DE ROTURA					
SEDIMENTACIÒN					
ADHESIÒN					
Propiedades Parámetros	Contenido en asfalto	Contenido en Emulgente	Contenido en estabilizador Cl₂ Ca	Tamaño de partícula	Temperatura

Tabla 23. Influencia de los parámetros que interviene en la fabricación de una emulsión frente a sus propiedades²

Tabla 24. Tipo de emulsiones Catiónicas.

TIPO DE EMULSIÓN	TIPO DE ROMPIMIENTO	CARACTERISTICAS
CRR	Emulsiones catiónicas de rompimiento rápido	Tratamientos superficiales (riesgos con gravilla) y riesgos de adherencia o de enganche
CRM	Emulsiones catiónicas de rompimiento medio	Mezclas abiertas
CRL	Emulsiones catiónicas de rompimiento lento	Mezclas densas, grava emulsión, estabilización de suelos, riegos de imprimación y lechada asfáltica (Slurry seal)

Tabla 25. Especificaciones de emulsiones catiónicas de rompimiento rápido (CRR)

PRUEBAS REALIZADAS	CRR 1		CRR 2	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Viscosidad S-F a 25°C, seg.	20	100		
Viscosidad S-F a 50°C, seg.			20	300
Contenido de agua % (Vol.)		40		35
Sedimentación % (7 días)		5		5
Contenido en asfalto residual %	60		65	
Contenido de disolventes %		3		3
Tamizado % ASTM (Nº 20)		0.1		0.1
Rotura ^a	40		40	
Carga de partículas	Positiva		Positiva	
PH		6		6
Penetración del residuo de destilación ^b	60 100	100 250	60 100	100 250
Ductibilidad del residuo de destilación ^c	40		40	
Solubilidad del residuo de destilación ^d	97		97	

^a. Realizado con Dioctilsulfosuccinato sódico

^b. 25°C, 100 gr., 5 seg., 0,1 mm

^c. 25°C, 5 cm. / min.

^d. % en tetracloruro de carbono

Tabla 26. Especificaciones de emulsiones catiónicas de rompimiento Medio. (CRM)

ENSAYOS SOBRE LA EMULSIÓN	CRM	
	Mínimo	Máximo
Viscosidad Saybolt Furol a 50°C %	20	450
Sedimentación % (7 días)		5
Contenido en asfalto residual %	60	
Contenido de disolventes %		12
Tamiz N° 20 ASTM		0.1
Carga de particular	Positiva	
PH		6
Recubrimiento agregado y resistencia al agua		
Con Agrega seco	Bueno	
Con agregado seco y acción de agua	Satisfactorio	
Con agregado húmedo	Satisfactorio	
Con agregado húmedo y acción del agua	Satisfactorio	
ENSAYO SOBRE RESIDUO DE DESTILACIÓN		
Penetración ^a	100	250
Ductilidad	40	
Solubilidad ^b	97	

^a. 25°C, 100 gr., 5 seg., 0,1 mm.

^b. % en tetracloruro de carbono

Tabla 27. Especificaciones de emulsiones catiónicas de rompimiento Lento (CRL).

ENSAYOS SOBRE LA EMULSIÓN	CRL-1		CRL - 1h	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Viscosidad Saybolt Furol a 25°C %		200		100
Contenido de agua % (Vol.)		43		43
Sedimentación % (7 días)		5		5
Contenido en asfalto residual %	57		57	
Contenido de disolventes %				0
Tamiz N° 20 ASTM		0.1		0.1
Rotura				2
Carga de partícula	Positiva		Positiva	
PH		6		6
ENSAYO SOBRE RESIDUO DE DESTILACIÓN				
Penetración ^a	60 100	100 250	60	100
Ductilidad ^b	40		40	
Solubilidad ^c	97		97	

^a. 25°C, 100 gr., 5 seg., 0,1 mm.

^b. 25°C, 5 cm. / m.

^c. % en tetracloruro de carbono

Tabla 28. Sistema de dosificación de ASFALTOS Y ESMULSIONES DE COLOMBIA

SISTEMA	FUNCIÓN
Sistema de bombeo (1)	Dosificación del agua al proceso de fabricación de la solución para la emulsión
Sistema de bombeo moto reductor (2)	Dosificación del asfalto
Sistema de bombeo (3)	Dosificación del emulgente (Acido, agua, aminos)
Sistema de bombeo (4)	Dosificación del agua de alimento a la caldera
Sistema de bombeo de retorno (5)	Carga y descarga

Tabla 29. Datos de Sistemas de dosificación para selección adecuada del sistema de bombeo

SISTEMA DE BOMBEO 1	
Servicio	Dosificación del agua a los agitadores
Fluido	Agua
Temperatura de bombeo	40°C
Densidad relativa a temp. bombeo	992,2 (kg / m ³)
Viscosidad	(20 °C) es de 0,0100 poises (40°C) es de 0.0064 poises. (100 °C) es de 0,0028 poises.
GPM normales	
RPM nominales	3375 RPM
Presión	
Carga del liquido	
NPSH disponible	
SISTEMA DE BOMBEO 2	
Servicio	Dosificación de materia prima
Fluido	Asfalto
Temperatura de bombeo	140°C
Densidad relativa a temp. bombeo	
Viscosidad	
GPM normales	
RPM nominales	Entrada: 1740 RPM Salida: 80 RPM
Presión	
Carga del liquido	
NPSH disponible	
SISTEMA DE BOMBEO 3	
Servicio	Dosificación del emulgente
Fluido	Acido, aminas, agua
Temperatura de bombeo	
Densidad relativa a temp. bombeo	
Viscosidad	
GPM normales	
RPM nominales	1800 RPM
Presión	1mpas
Carga del liquido	
NPSH disponible	

SISTEMA DE BOMBEO 4	
Servicio	Dosificación de alimentación a la caldera
Fluido	Agua
Temperatura de bombeo	20°C
Densidad relativa a temp. bombeo	998,2 kg / m ³
Viscosidad	(20 °C) es de 0,0100 poises
GPM normales	
RPM nominales	
Presión	
Carga del liquido	
NPSH disponible	
SISTEMA DE BOMBEO 5	
Servicio	Carga – descarga
Fluido	Emulsión asfáltica - Asfalto
Temperatura de bombeo	Variable
Densidad relativa a temp. bombeo	Variable
Viscosidad	Variable
GPM normales	
RPM nominales	1170 RPM
Presión	Carga – descarga
Carga del liquido	Emulsión asfáltica - Asfalto
NPSH disponible	Variable

Tabla 30. Cálculo de viscosidades cinemáticas

TIPO DE EMULSIÓN		VISCOSIDAD CINEMATICA (SSU)	
		Mínimo	Máximo
Emulsión catiónica de rompimiento rápido		20	100
Emulsión catiónica de rompimiento medio		200	450
Emulsión catiónica de rompimiento lento	CRL – 1		200
	CRL – 1h		100

ANEXO F:

CALCULO DE LA EFICIENCIA (Basados en estudios realizados por el centro de estudios de energía TEC de Monterrey, DIA división de ingeniería y arquitectura)

$$\eta_B = \frac{Q * H_p * G.E}{3960 * BHP}$$

Donde:

η_B = Eficiencia de la bomba

Q = caudal (gpm)

H_p = Potencia hidráulica (Hp)

$G.E$ = Gravedad específica

BHP = Potencia al freno (Hp)

Asfalto

$$\eta_B = \frac{960 * 9 * 1.01}{3960 * 5} = 0.44072 = 44.07\%$$

Emulsión

$$\eta_B = \frac{400 * 5 * 1.05}{3960 * 1} = 0.5303 = 53.03\%$$

ANEXO G:

1. Razones del uso de bombas de desplazamiento positivo

- La principal justificación para seleccionar una bomba de desplazamiento positivo del tipo rotatoria de engranajes, en vez de una centrífuga es su costo; no sólo el costo inicial sino el costo total, incluyendo los costos de energía y mantenimiento.
- La mejor característica de esta bomba es su alta eficiencia, pues suele ser de 85 al 94 %.
- La capacidad está en función de la velocidad y es más o menos independiente de la presión de descarga. Por esta razón este tipo de bombas pueden mover cualquier flujo a diferentes presiones.
- Las presiones de descarga suelen ser entre 300 y 5000 psig, pero pueden exceder 10000 psig, ya que su capacidad es proporcional a la velocidad entre el punto “al freno” y la máxima, sin que importe la presión de ahogo.
- Suelen ser autocebantes.
- Estas bombas son silenciosas, de fácil mantenimiento y sus bajas velocidades y construcción fuerte les dan larga duración.
- La baja eficiencia térmica de las bombas de desplazamiento positivo suele, a veces, ser una ventaja. Cuando se las acciona con vapor, se pierde muy poco calor entre la entrada y la descarga, permitiendo que la temperatura en el escape sea la misma que se obtiene con la estrangulación.
- Estas bombas se crearon para ser impulsadas con vapor, por esta razón se les llamaba bomba de vapor, no porque bombearan vapor, sino porque éste las impulsaba, aprovechando el vapor que proporciona la caldera con una capacidad de 1-700 lb_r/h y que solo es utilizado para calentar las tuberías, se

puede utilizar como motor para las bombas ya que estas requieren tan solo 100 lb_f/h para su funcionamiento, disminuyendo así los costos de energía.

- Si el Ingeniero desconoce la viscosidad exacta del fluido, pero sabe que oscila entre 300 - 100 cp, lo que debe recomendar es una bomba de desplazamiento positivo del tipo rotatoria de engranajes.
- Una de las ventajas de las bombas de desplazamiento positivo es que no tienen cavitación como las bombas centrífugas.
- Las bombas de desplazamiento positivo, se aplica para volúmenes grandes (hasta de 2500 gpm), para presiones altas (10000 psig o mayores con diseños especiales) o para tuberías especiales para las cuales no se pueden construir bombas centrífugas.
- Las bombas de desplazamiento positivo no son cinéticas como la centrífuga y no requiere velocidad para producir presión, pues se pueden obtener presiones altas a bajas velocidades, característica especial cuando se manejan pastas aguadas abrasivas y fluidos muy viscosos.
- En ocasiones, puede ser más económico utilizar una bomba rotatoria de bajo costo para desecharla pronto en un servicio pesado, en vez de luchar con una bomba costosa de otro tipo que no sea idónea para el gasto o viscosidad en la aplicación.
- Cuando se bombean fluidos no newtonianos el objetivo es mantener la velocidad lo más constante que se pueda cuando el fluido entra por la tubería a la bomba y sale de ella; este objetivo no se logra con una bomba centrífuga, porque el principio básico de funcionamiento de las centrífugas es aumentar la velocidad del fluido con el impulsor.

Al contrario según sea su tamaño de diseño, ciertos tipos de rotatorias tienen mínimo cambio en la velocidad del fluido cuando entra a la bomba y circula en ella, como lo son las rotatorias de engranajes.

2. Desventajas

- La eficiencia mecánica (fuerza de salida dividida entre la fuerza de entrada) es alta; pero, debido a que no tiene ningún componente, como un volante, para almacenar energía, el gas motor debe permanecer a la plena presión de entrada en el cilindro durante toda la carrera. Por tanto, la energía térmica del gas se pierde por fricción.
- Es muy importante recordar que algunas bombas de desplazamiento positivo tipo rotatorio serán inadecuadas para el manejo de fluidos viscosos debido a las altas temperaturas de bombeo, porque casi todos tienen un límite superior de funcionamiento de unos 400°F (204°C).

ANEXO H:

REGLAS EN EL LABORATORIO

Las medidas de Seguridad con las que debe contar el laboratorio, son un conjunto de medidas preventivas cuya función es proteger la salud, la integridad de los que allí se desempeñan sus labores, frente a los riesgos propios originados de la actividad, para evitar accidentes y contaminaciones tanto dentro de su contorno laboral, como hacia el exterior.

Lo más importante es la actitud proactiva de los trabajadores hacia la seguridad y la información que permita reconocer y combatir los riesgos presentes en el laboratorio. Es importante tener claro que ninguna medida, ni siquiera un equipo excelente puede suplir el orden, la seguridad y el cuidado con que se trabaja.

1. Antes de ingresar al laboratorio

Lo más básico antes de ingresar al laboratorio es

1. Conocer la ubicación de los elementos de seguridad en el lugar de trabajo, elementos como: matafuegos, salidas de emergencia, mantas ignífugas, lavajojos, gabinete para contener derrames etc.
2. No guardar alimentos en el laboratorio.
3. Es indispensable utilizar la vestimenta apropiada para realizar trabajos de laboratorio y cabello recogido.
4. Las rutas de escape o pasillos deben estar libres de equipos, máquinas u otros elementos que entorpezcan la correcta circulación.

5. Todo material corrosivo, tóxico, inflamable, oxidante, radiactivo, explosivo o nocivo deberá estar adecuadamente etiquetado.
6. Es importante evitar las instalaciones eléctricas precarias o provisionales.
7. Es indispensable verificar la ausencia de vapores inflamables antes de encender una fuente de ignición.
8. Es necesario verificar que el laboratorio cuente con un botiquín de primeros auxilios.
9. Es recomendable poner a la vista de los trabajadores en un lugar visible desde el exterior los teléfonos de los responsables de cada laboratorio para que puedan ser consultados en caso de alguna anomalía.

2. Para ingresar al laboratorio.

Antes de ingresar el laboratorio

1. Inicialmente revise el protocolo de trabajo experimental correspondiente a la sesión y al inicio de la misma.
2. Use zapatos cerrados. Use pantalón largo o de fibra natural.
3. Retírese todos los accesorios personales que puedan comprender riesgos de accidentes mecánicos, químicos o por fuego, como son anillos, pulseras, collares y sombreros. Si usa corbata, sujétela con un pisa corbatas o introduciéndola a la camisa.
4. Evite usar mangas largas y anchas; si la usa cúbralas y sujételas completamente con las mangas de la bata. Evite el uso de lentes de contacto; use anteojos. Mantenga las uñas recortadas y limpias.
5. Use la bata cerrada y el protector facial, los monogoggles, guantes y respirador en su caso.
6. Cada trabajador debe contar con un credencial que indique su tipo sanguíneo e informe de alergias, padecimientos crónicos o uso de prótesis.

7. Es necesario mantener a la mano la información sobre los reactivos y los cálculos para preparar las soluciones que serán preparadas, los teléfonos de emergencia, una tabla de los primeros auxilios, así como de las medidas de contingencia química más comunes.
8. Recoja con prontitud el material y los equipos para el trabajo correspondiente, revise el estado de la mesa de trabajo, del material y de los equipos recibidos. Reporte cualquier falla o irregularidad al Técnico responsable del laboratorio. El material se debe lavar y secar antes de ser usado.

3. Para permanecer en el laboratorio.

1. Las prácticas que produzcan gases, vapores, humos o partículas, aquellas que pueden ser riesgosas por inhalación deben llevarse a cabo bajo campana.
2. Se deberán utilizar guantes apropiados para evitar el contacto con sustancias química.
3. No se debe pipetear con la boca.
4. Se debe dar aviso inmediato a las personas responsables del adecuado funcionamiento del laboratorio en caso de filtraciones o goteras que puedan afectar las instalaciones o equipos y puedan provocar incendios por cortocircuitos.
5. No se debe operar con materiales inflamables o solventes sobre llama directa o cerca de las mismas. Para calentamiento, sólo se deben utilizar resistencias eléctricas o planchas calefactores blindados. Es necesario prestar especial atención al punto de inflamación y de auto ignición del producto.
6. Al almacenar sustancias químicas considere que hay cierto número de ellas que son incompatibles pues almacenadas juntas pueden dar lugar a

reacciones peligrosas. No almacene en estantes sobre mesadas sustancias corrosivas.

7. Los cilindros de gas deben asegurarse en posición vertical con pinzas, grampas y correas o cadenas a la pared en sitios de poca circulación, protegidos de la humedad y fuentes de calor, de ser posible en el exterior.
8. El material de vidrio roto no se debe depositar con los residuos comunes.
9. Es necesario proteger los ojos y la cara de salpicaduras o impactos, cuando se manipulen productos químicos que emitan vapores o puedan provocar proyecciones, se evitará el uso de lentes de contacto.
10. Siga las medidas de seguridad necesarias con los equipos, materiales y reactivos de la sesión para prevenir accidentes.
11. Tome sólo las cantidades de reactivos necesarios para el trabajo experimental.
12. Etiquete y rotule todos los recipientes donde coloque reactivos, productos y residuos.
13. Mantenga sólo el material requerido para la sesión sobre la mesa de trabajo.
14. No ingiera alimentos ni bebidas en el interior del laboratorio.
15. No fume en el interior del laboratorio. Todas las fuentes de fuego o calor deben estar controladas.
16. Es necesario que todo recipiente que hubiera contenido material inflamable, y deba ser descartado sea vaciado totalmente, escurrido, enjuagado con un solvente apropiado y luego con agua varias veces.
17. Está prohibido descartar líquidos inflamables o tóxicos o corrosivos o material biológico por los desagües de las piletas, sanitarios o recipientes comunes para residuos.
18. Cuando sea necesario manipular grandes cantidades de materiales inflamables (más de 5 lts.) deberá tenerse a mano un extintor apropiado para ese material en cuestión.

19. Cuando se trasvase material combustible o inflamable de un tambor a un recipiente más pequeño, realice una conexión con una cadena del tambor a tierra y con otra entre el tambor y el recipiente.

3. Al concluir la sesión.





1. Disponga de los residuos y de los reactivos no utilizados de la manera indicada por las normas.
2. Los reactivos no usados no se devuelven a los frascos.
3. Lave el material y devuélvalo limpio y seco.
4. Deje limpio y seco el lugar de trabajo.
5. Antes de salir del laboratorio retírese la bata y demás equipo de seguridad y guárdelo en una bolsa de plástico exclusiva para este uso. Los filtros del respirador se guardan en un recipiente hermético.
6. La bata y los guantes deberá lavarse al final de cada sesión.

4. Material personal cotidiano obligatorio.

El material empleado antes de ingresar al laboratorio es el siguiente:

1. Bata larga (a la rodilla o pantorrilla) de algodón 100% y manga larga, con botones. Preferiblemente blanca.
2. Monogoggles incoloros sin ventilación o con trampas.
3. Anteojos neutros de seguridad de policarbonato o vidrio endurecido con protección lateral.
4. Protector facial transparente de 20 cm. de largo, cuando exista riesgo de producción de aerosoles (mezcla de partículas en medio líquido) o polvos, durante operaciones de pesada de sustancias tóxicas, apertura de recipientes después de agitación, etc.
5. Guantes de látex para manejar ácidos débiles y cetonas.

6. Guantes de PVC para manejar ácidos y bases débiles.
7. Guantes de neopreno para manejar ácidos y solventes alifáticos.
8. Guantes de nitrilo para manejar solventes y derivados orgánicos.
9. Guantes térmicos de algodón o asbesto (para materiales calientes y fríos).
10. Respirador con filtros para:

-  Vapores orgánicos y gases ácidos (código amarillo).
-  Vapores orgánicos (código negro).
-  Amoníaco y alcalinos (código verde oscuro).
-  Humos (código violeta).

11. Escobillones de varios tamaños.
12. Detergente bajo en fosfatos.
13. Encendedor para mechero y/o cerillos.
14. Franela de algodón limpia.
15. Cinta para encubrir de 1.27 cm. de ancho.
16. Toallas absorbentes de papel.
17. Rollo de papel higiénico blanco o caja de pañuelos desechables blancos.
18. Rollo de papel aluminio.
19. Marcador indeleble, preferentemente negro.
20. Tijeras rectas.
21. Percolador de 8 cm. de diámetro.
22. Embudo de plástico de 8 cm. de diámetro.

4. Procedimientos ante emergencias:

1. Emergencias médicas

Si ocurre una emergencia tal como: cortes o abrasiones, quemaduras o ingestión accidental de algún producto químico, tóxico o peligroso, se deberá proceder:

- ☐ A los accidentados se les proveerán los primeros auxilios.
- ☐ Simultáneamente se tomará contacto con el Servicio Médico
- ☐ Centros para requerir ayuda médica:
 - ✓ Hospital.
 - ✓ INTOXICACIONES
 - ✓ QUEMADURAS
 - ✓ OFTALMOLOGIA

2. Incendio:

- ☐ **Mantenga la calma.** Lo más importante es ponerse a salvo y dar aviso a los demás.
- ☐ Si hay **alarma, acciónela.** Si no grite para alertar al resto.
- ☐ Si el fuego es pequeño y sabe utilizar un extintor, **úselo.** Si el fuego es de consideración, no se arriesgue y manteniendo la calma ponga en marcha el plan de evacuación.
- ☐ Si debe evacuar el sector apague los equipos eléctricos y cierre las llaves de gas y ventanas.
- ☐ Evacue la zona por la ruta asignada.
- ☐ No corra, camine rápido, cerrando a su paso la mayor cantidad de puertas.
- ☐ No lleve consigo objetos, pueden entorpecer su salida.
- ☐ **Si pudo salir por ninguna causa vuelva a entrar.** Deje que los equipos especializados se encarguen.

3. Derrame de productos químicos

- ☐ Notificar a las personas que se encuentren en las áreas cercanas acerca del derrame.
- ☐ Evacuar a toda persona no esencial del área del derrame.
- ☐ Si el derrame es de material inflamable, apagar las fuentes de ignición, y las fuentes de calor.
- ☐ Evite respirar los vapores del material derramado.
- ☐ Ventilar la zona.
- ☐ Utilizar los elementos de protección personal.
- ☐ Confinar o contener el derrame, evitando que se extienda.
- ☐ Luego absorber con los paños sobre el derrame.
- ☐ Deje actuar y luego recoger con pala y colocar el residuo en la bolsa roja y ciérrela.
- ☐ Si el derrame es de algún elemento muy volátil deje dentro de la campana hasta que lo retire para su disposición.
- ☐ Lave el área del derrame con agua y jabón.
- ☐ Cuidadosamente retire y limpie todos los elementos que puedan haber sido salpicados por el derrame.
- ☐ Lave los guantes, la máscara y ropa.